

# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

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

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

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

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI CALABRIA	CS0659_F0
<i>Tipo di sistema</i>	INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	GENERALE	
<i>Titolo del documento</i>	MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 – RELAZIONE DI CALCOLO	

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	C	L	D	C	S	C	0	0	G	0	0	0	0	0	0	2	6	F	0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	PRO ITER S.r.l.	G.SCIUTO	F.COLLA



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## INDICE

1	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	5
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
2.1	Riferimenti normativi.....	5
2.2	Riferimenti bibliografici .....	6
3	PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA.....	7
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	8
4.1	CALCESTRUZZO PREFABBRICATO PER PANNELLI .....	8
4.2	CALCESTRUZZO GETTI IN OPERA .....	8
4.3	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO.....	9
5	CARATTERISTICHE DI CALCOLO .....	10
5.1	Metodologia di calcolo .....	10
5.2	Ipotesi di calcolo.....	12
6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	14
6.1	Stratigrafia di progetto .....	14
6.2	Parametri di spinta.....	16
6.2.1	Coefficienti di spinta in fase statica .....	16
6.2.2	Coefficienti di spinta in fase sismica .....	17
7	CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' .....	18
8	FASI COSTRUTTIVE.....	21
9	ANALISI MURI DI SOSTEGNO PREFABBRICATI .....	21
9.1	Classificazione delle azioni.....	21
9.2	Combinazioni delle azioni .....	21
9.3	Caratteristiche geometriche del muro .....	23
9.4	Verifiche di stabilità e verifiche strutturali – SLU .....	23
9.4.1	Verifica a capacità portante .....	23
9.5	Verifiche S.L.E.....	25
9.5.1	Verifica a fessurazione .....	25
9.5.2	Verifica delle tensioni di esercizio .....	25
9.6	Verifiche pannello prefabbricato .....	27
9.6.1	Verifica a flessione nel piano verticale .....	27
9.6.2	Verifica a flessione nel piano orizzontale .....	27
9.6.3	Verifica a taglio .....	28

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

9.7	Soletta di fondazione .....	29
9.7.1	Verifica a flessione.....	29
9.8	Verifiche .....	30
10	ANALISI DI STABILITA' .....	37
11	TABULATI DI CALCOLO.....	42
11.1	Input SLIDE rel. 05– Analisi in fase statica .....	42
11.2	Output SLIDE rel. 05– Analisi in fase statica.....	44
11.3	Input SLIDE rel. 05– Analisi in fase sismica.....	48
11.4	Output SLIDE rel. 05– Analisi in fase sismica .....	50

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Nell'ambito del progetto del ponte sullo stretto di Messina, lato Calabria, è prevista la realizzazione di un muro di sostegno del rilevato del ramo C nella tratta tra le progressive pk 1+698 e 1+798, in affiancamento all'adiacente rampa U, ubicata a quota stradale inferiore.

Il muro di sostegno in oggetto è costituito da elementi prefabbricati, rivestiti in pietrame, di altezza in elevazione variabile da un minimo di 4m ad un massimo di 7m circa. Le fondazioni, di dimensioni variabili in funzione dell'altezza del pannello prefabbricato, risultano in c.a. gettate in opera.

A tergo dell'opera di sostegno è previsto materiale drenante e un tubo di drenaggio per lo smaltimento delle eventuali acque di infiltrazioni.

Nell'area in esame i terreni di fondazione sono costituiti principalmente dalla formazione dei Depositi di Versante.

Nella presente relazione sono riportati il dimensionamento e le verifiche dell'opera in oggetto.

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Riferimenti normativi

**Ministero dei LL.PP. - D.M. 14.01.2008:** "Norme tecniche per le Costruzioni".

**Ministero dei LL.PP. - Circ. 617 del 02.02.2009:** Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 Gennaio 2008;

**C.N.R. 10011:** "Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione";

**C.N.R. 10012:** "Istruzioni per la valutazione delle azioni sulle costruzioni";

**C.N.R. 10024:** "Analisi di strutture mediante elaboratore. Impostazione e redazione delle relazioni di calcolo";

**UNI EN 1537 - 2002:** "Esecuzione di lavori geotecnici speciali. Tiranti di ancoraggio.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Tutte le Norme UNI richiamate nei D.M., Istruzioni, Circolari di cui si fa menzione.

## 2.2 Riferimenti bibliografici

**Migliacci – F. Mola:** Progetto agli stati limite delle strutture in c.a. – Masson Italia Editori 1985

**Bowles J.E. (1988):** “Foundations Analysis and Design, 4<sup>th</sup> ed.” – McGraw-Hill, New York

**Nova R. (2002):** “Fondamenti di meccanica delle terre” – McGraw-Hill, Milano

**Raccomandazioni A.I.C.A.P. (1993)** – Ancoraggi nei terreni e nelle rocce

**Terzaghi K. (1943):** “Theoretical Soil Mechanics” – J.Wiley & Sons, New York

C. Cestelli Guidi: **Geotecnica e tecnica delle fondazioni** – Ulrico Hoepli Editore, 1987

**Lancellotta R.:** Geotecnica - *Edizioni Zanichelli* - 1987

**Cestelli Guidi C.:** Geotecnica e tecnica delle fondazioni - *Ulrico Hoepli Editore* - 1987

**Horikoshi K., Randolph M.F.:** Estimation of overall settlement of piled rafts - *Soils and Foundations Vol.39 n° 2 pp.59-68* - 1999

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3 PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA

#### **SLIDE rel 5.0**

Rocscience Inc.

*Programma per l'analisi di stabilità di pendii*

Il programma Slide rel. 5.0 (Rocscience Inc.) consente di eseguire analisi di stabilità all'equilibrio limite suddividendo i piani di scorrimento in un numero variabile di conci e calcolando il fattore di sicurezza globale alla stabilità. E' possibile incrementare il numero di superfici di scorrimento analizzate ed i limiti geometrici di studio. Si possono selezionare diversi metodi di analisi limite tra cui Bishop, Morgenstern-Price, Janbu, Spencer, Fellenius, selezionando superfici circolari, spezzate o miste.

E', inoltre, possibile inserire la presenza della falda, di carichi concentrati o distribuiti, di carichi sismici o di incrementi della pressione dell'acqua interstiziale.

#### **VcaSlu - GELFI versione 7.6**

By Prof. Piero Gelfi

*Programma per le verifiche a presso-flessione SLU per sezioni in C.A. e C.A.P.*

Il programma VcaSlu consente la Verifica di sezioni in Cemento Armato normale e precompresso, soggette a presso-flessione o tenso-flessione retta o deviata sia allo Stato Limite Ultimo che con il Metodo n. Permette inoltre di tracciare il Domino M-N, il diagramma Momento-Curvatura per la verifica di stabilità con il metodo della Colonna-Modello ed il Dominio Mx-My.. I legami s-e dei materiali, adottati per le verifiche allo Stato Limite Ultimo, sono quelli indicati dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14-1-2008) e dall'Eurocodice 2 (parabola rettangolo per il calcestruzzo e legame elastico-perfettamente plastico per l'acciaio).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 CALCESTRUZZO PREFABBRICATO PER PANNELLI

Classe di resistenza	C35/45 -
Rapporto massimo acqua / cemento	0.40 -
Slump	S4 -
Diametro massimo inerte	25 mm
Classe di esposizione	XF4 -

#### **Caratteristiche del calcestruzzo:**

Resistenza caratt. a compressione cubica	$R_{ck} = -$	$= 45.00$	$N/mm^2$
Resistenza caratt. a compressione cilind.	$f_{ck} = -$	$= 35.00$	$N/mm^2$
Resistenza media a compressione cilind.	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	$= 43.00$	$N/mm^2$
Modulo elastico	$E_c = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	$= 34077$	$N/mm^2$
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$	$= 3.21$	$N/mm^2$
Resistenza a trazione caratt. (frattile 5%)	$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}$	$= 2.24$	$N/mm^2$

#### **Resistenze di calcolo a SLU:**

Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_c = -$	$= 1.40$	-
Coeff. riduttivo per resist. di lunga durata	$\alpha_{cc} = -$	$= 0.85$	-
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	$= 21.25$	$N/mm^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	$= 1.60$	$N/mm^2$

#### **Resistenze di calcolo a SLE:**

Massima compressione (Comb. Rara)	$\sigma_c = 0.60 f_{ck}$	$= 21.00$	$N/mm^2$
Massima compressione (Comb. Q.P.)	$\sigma_c = 0.45 f_{ck}$	$= 15.75$	$N/mm^2$

### 4.2 CALCESTRUZZO GETTI IN OPERA

Classe di resistenza	C28/35 -
Rapporto massimo acqua / cemento	0.45 -
Slump	S4 -
Contenuto minimo di cemento	360 $kg/m^3$
Diametro massimo inerte	32 mm
Classe di esposizione	XF4 -

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Resistenza caratteristica a compressione cubica	$R_{ck} =$	<b>35.00</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck}$	= 29.05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	= 37.05	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_c = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	= 32588.11	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3}$	= 2.83	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione caratteristica (frattile 5%)	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm}$	= 1.98	N/mm <sup>2</sup>
<b>Stato Limite Ultimo</b>			
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_C =$	1.50	--
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85	--
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_C$	= 16.46	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C$	= 1.32	N/mm <sup>2</sup>
<b>Stato Limite di Esercizio</b>			
Tensione max di compressione - Comb. rara	$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck}$	= 17.43	N/mm <sup>2</sup>
Tensione max di compressione - Comb. quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck}$	= 13.94	N/mm <sup>2</sup>

### 4.3 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Tipo di acciaio	B450C -
Copriferro min. per muri in elevazione	50 mm
Sovrapposizioni continue	50 $\emptyset$

#### Caratteristiche dell'acciaio:

Tensione caratt. di rottura (fratt. 5%)	$f_{tk} = -$	= 540.00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratt. di snervamento (fratt. 5%)	$f_{yk} = -$	= 450.00	N/mm <sup>2</sup>

#### Resistenze di calcolo a SLU:

Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = -$	= 1.15	-
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	= 391.30	N/mm <sup>2</sup>

#### Resistenze di calcolo a SLE:

Tensione massima di trazione	$\sigma_s < 0.80 f_{yk}$	= 360.00	N/mm <sup>2</sup>
------------------------------	--------------------------	----------	-------------------

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 5 CARATTERISTICHE DI CALCOLO

### 5.1 Metodologia di calcolo

Il dimensionamento delle paratie è stato condotto utilizzando il metodo agli stati limite secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, il D.M. 14/01/2008. Tale normativa impone una doppia verifica, agli Stati Limite d'Esercizio e agli Stati Limite Ultimi. Nelle condizioni di esercizio si verifica che le deformazioni risultino ammissibili per le strutture e per i terreni in sito, considerando valori caratteristici sia dei carichi sia dei parametri del terreno, mentre agli S.L.U., la normativa impone di considerare almeno i seguenti stati limite:

- stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno;
- scorrimento sul piano di posa collasso per carico limite dell'insieme fondazione - terreno;
- ribaltamento;
- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

accertando che sia soddisfatta, per ogni stato limite considerato, la condizione:

$$E_d < R_d$$

dove  $E_d$  e  $R_d$  rappresentano rispettivamente le sollecitazioni e le resistenze di progetto, calcolate tenendo in conto dei coefficienti parziali per le azioni e per i parametri geotecnici riportati nelle seguenti tabelle:

carichi	effetto	coeff. parziale	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)
Permanenti	favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	favorevole	$\gamma_{G2}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	favorevole	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Tabella 6.2.1 delle N.T.C. 2008

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

parametro	simbolo	coeff. parziale	M1	M2
tangente angolo di attrito	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.00	1.25
coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40
peso unità di volume	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1.00	1.00

Tabella 6.2.II delle N.T.C. 2008

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera è effettuata secondo l'approccio 1, combinazione2:

A2+M2+R2

Il coefficiente parziale sulle resistenza, associato al caso 'R2', è pari a 1.1. Nelle verifiche di stabilità globale, quindi, il fattore di sicurezza minimo da raggiungere, dopo aver fattorizzato i carichi ed i parametri secondo 'A2' e 'M2' rispettivamente, è pari a 1.1. In fase sismica, l'analisi viene condotta ponendo pari ad uno tutti i coefficienti A e considerando i valori caratteristici dei parametri geotecnici (coeff. parz. M1), infine la normativa lascia valutare, con giusta motivazione, al progettista il coefficiente di sicurezza.

Per le rimanenti verifiche la normativa permette di adottare *almeno uno* dei seguenti approcci, ognuno con le relative combinazioni riassunte nella seguente tabella, in cui il segno '+', in ossequio alla nuova normativa, ha il significato di 'combinato con'.

<b>APPROCCIO 1</b>	<b>Combinazione</b>
Comb1	A1+M1+R1
Comb2	A2+M2+R2

oppure

<b>APPROCCIO 2</b>	<b>Combinazione</b>
-	A1+M1+R3

I fattori parziali  $\gamma_R$  sono riassunti nel seguito a seconda della verifica e del caso in oggetto:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.4$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.4$

Nel nostro caso le verifiche sono state affrontate seguendo l'approccio 1, quindi eseguendo le verifiche in entrambe le combinazioni 1 e 2, a cui corrispondono i coefficienti parziali dei casi "R1" e "R2" tutti unitari.

Le verifiche sismiche vengono condotte imponendo pari ad uno tutti i coefficienti A delle due combinazioni descritte per il caso statico. La verifica dimensionante è ovviamente quella con i parametri geotecnici ridotti:

	<b>Combinazione</b>
Comb SISM	(A2=1) + M2 + R2

In particolare la normativa sottolinea che per la verifica al ribaltamento si considera lo stato limite di equilibrio di un corpo rigido (EQU). Nella verifica alla traslazione, invece, non deve essere considerata la resistenza passiva del terreno a valle del muro; solo in casi particolari con relative giustificazioni, la normativa permette di considerare al massimo il 50% di tale resistenza.

## 5.2 Ipotesi di calcolo

Di seguito si sintetizzano i valori adottati dei parametri che intervengono nei calcoli, in fase statica e sismica.

In relazione della natura dei depositi sintetizzata nelle pagine seguenti, considerando il numero esiguo di prove per la caratterizzazione sismica disponibili nelle vicinanze dell'opera, cautelativamente alla zona in esame si assegna la categoria di suolo sismico (secondo N.T.C. 2008) di classe **C** (nonostante i sondaggi SG11, C430 in prossimità dell'area indichino categoria di suolo B).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0659_F0	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Rev</b></td> <td style="width: 50%;"><b>Data</b></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<b>Rev</b>	<b>Data</b>	F0	20/06/2011
<b>Rev</b>	<b>Data</b>						
F0	20/06/2011						

			Note	
<b>Spinte terre</b>	$\delta$ (°)	2/3 $\phi$	angolo di attrito terra-muro	
	$q_{k\text{-statico}}$ (kPa)	20	Sovraccarico accidentale in fase statica dovuto al traffico stradale caratteristico	
	$q_{k\text{-sismico}}$ (kPa)	10	Sovraccarico accidentale dovuto al traffico stradale da considerare in fase sismica	
<b>Falda:</b>		non interferente		
<b>fase sismica</b>	Sito Latitudine e Longitudine		38.23017 15.65847	
	Tipo Suolo		C	
	VN (anni)		100	
	cu (-)		2	
	S.L.D.	ag/g	0.171	
		$F_0$	2.357	
		$T_c$ (s)	0.337	
		$S_s$	1.458	
	S.L.V.	ag/g	0.438	
		$F_0$	2.493	
		$T_c$ (s)	0.423	
		$S_s$	1.044	
$S_T$		1		
$\beta$ (-) SLV / SLD		0.24 (SLD) - 0.35 (SLV)	SLV: coefficiente sismico valido per $a_g/g > 0.4$	
teoria spinte in fase sism		Mononobe & Okabe		
<b>Combinazione rara - Urto</b>	$F_{urto}$ (kN)	100		
	$h_{urto}$ (m)	1	altezza punto di applicazione forza d'urto rispetto al piano viabile	
	$L_{urto}$ (m)	7.5	lunghezza di distribuzione della forza	
<b>Geometrie</b>	<b>Altezze muri (m)</b>	4.0 ÷ 7.0	Altezze dei pannelli prefabbricati	

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 6.1 Stratigrafia di progetto

Le litologie prevalenti sono costituite dalle formazioni dei Depositi di versante: si tratta di depositi detritici olocenici alimentati da processi di degradazione e trasporto dovuto sia alle acque di dilavamento che alla gravità ed accumulati, in genere, alla base dei versanti. Affiora come un deposito di sabbie di colore rossastro da medie a grossolane, solo subordinatamente fini, con rare intercalazioni di livelli di ghiaiosi o limosi.

La falda non risulta interferente con le opere, come si evince dagli elaborati di progetto:

Codice	Titolo del documento
CG0800PRBDCSBC8G000000001	Relazione geotecnica generale versante Calabria
CG0800PRGDCSBC6G000000003	Relazione idrogeologica
CG0800PN5DCSBC6G000000003	Carta idrogeologica versante Calabria
CG0800PF6DCSBC6ST000000005 CG0800PF6DCSBC6ST000000026	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo C
CG0800PF6DCSBC6ST000000021	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo C Decelerazione

Localmente non ci sono indagini che indagano nei primi 30m di profondità per la caratterizzazione sismica del suolo. Data l'esiguità dei sondaggi e delle prove localmente presenti (C433, C434, C425, C428), si è scelto di tenere conto anche di altri sondaggi e prove disponibili.

Si considerano i sondaggi della caratterizzazione generale.

- prove SPT (C406, C407, C423BIS, C424, C421, C425, C433, C424)
- 2 prove sismiche (SG11, C423BIS)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici

Per le caratteristiche fisiche l'andamento del fuso conferma che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 12%), sia di materiali intermedi (sabbie 60%). Il contenuto di fino è mediamente del 22%.

Con riferimento al fuso medio si ha:

- Il valore di  $D_{50}$  è pari a 0.25mm
- Il valore di  $D_{60}$  è pari a 0.4 mm

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- Il valore di  $D_{10}$  è pari a 0.005 mm

Il peso di volume dei grani  $\gamma_s$  è risultato pari a circa 26 kN/m<sup>3</sup>;

- **Dr**: la densità relativa media della sola componente sabbiosa è del 40-70%. I valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con un fattore  $C_{sg}=0.95$ .
- $\gamma_d$  : si può stimare un valore medio di  $\gamma_d$  pari a circa 19 -21 KN/m<sup>3</sup>

Per i parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci sulla base delle prove SPT si è ottenuto un valore medio di angolo di attrito di 38°, ai parametri di resistenza operativi al taglio in termini di sforzi efficaci si sono assegnati i seguenti valori operativi:

$c_p' = 0$  kPa = coesione apparente

$\varphi_p' = 36^\circ-38^\circ$  =angolo di resistenza al taglio

Per i valori di stato critico, in assenza di prove specifiche, in base ai dati di letteratura si possono definire i seguenti valori operativi

$c_r' = 0$  kPa = coesione apparente

$\varphi_r' = 33^\circ-35^\circ$  =angolo di resistenza al taglio

Per le caratteristiche di deformabilità dalle prove sismiche in foro si ottengono valori di  $V_s$  che mostrano una tendenza all'aumento con la profondità con valori che arrivano a 200 m/s fino a 10m di profondità. Nella figura in Allegato si mostra anche il confronto delle velocità ottenute con le correlazioni da prove SPT.

Ai valori delle velocità di taglio  $V_s$  corrispondono moduli di taglio iniziali  $G_0$  che mostrano un andamento crescente con la profondità, da 80MPa a 160MPa a 10m di profondità.

Da prove SPT invece valori di  $G_0$  variano da 30 a 130MPa nei primi 10m.

Per  $G$  ed  $E_0$  una stima è data quindi da:

$$G_0 = 20 \cdot (z)^{0.85}$$

$$E_0 = 48 \cdot (z)^{0.85}$$

I moduli di Young "operativi" a medie deformazioni, valutati sulla base dei criteri descritti nei capitoli precedenti risulteranno pari a:

$$E = (6 \div 16) \cdot (z)^{0.85}$$

pari rispettivamente a circa 1/5÷1/10 ed 1/3 di quelli iniziali.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nella progettazione delle opere si adottano i seguenti parametri:

z(m)	Dr(%) sabbie e ghiaie	$\phi'_p$ (°)	$\phi'_{cv}$ (°)	$K_0$
0-30	40-70	36	33	0.45-0.5

## 6.2 Parametri di spinta

### 6.2.1 Coefficienti di spinta in fase statica

I valori dei coefficienti di spinta attiva ( $k_a$ ) sono stati calcolati secondo la relazione di Coulomb: il valore dell'angolo di attrito terreno-muro ( $\delta$ ) è stato assunto pari a  $2/3 \cdot \phi$ .

La relazione di Coulomb per il calcolo del coefficiente di spinta attiva, con le condizioni assunte, è la seguente:

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi)}{\text{sen}^2 \varphi \cdot \text{sen}(\psi - \delta) \left( 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\delta + \varphi) \cdot \text{sen}(\varphi - \varepsilon)}{\text{sen}(\psi - \varphi) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right)^2} \quad (\text{spinta attiva})$$

Dove:  $\varphi$  = angolo d'attrito del terreno;

$\psi$  = inclinazione del paramento di monte del muro ( $90^\circ$ );

$\delta$  = angolo d'attrito lungo la superficie di rottura;

$\varepsilon$  = Inclinazione del pendio a monte ( $0^\circ$  x muri di sos tegno).

I coefficienti di spinta passiva ( $k_p$ ), invece sono stati prudenzialmente assunti nulli.

La tabella seguente riassume i coefficienti di spinta utilizzati nei calcoli effettuati.

Valori	Approccio	$\phi$ [°]	$k_a$
Caratteristici	A1+M1+R1	38	0.22
Progetto	A2+M2+R2	32	0.28

*Coefficienti di spinta caso statico*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 6.2.2 Coefficienti di spinta in fase sismica

I coefficienti di spinta in fase sismica sono stati valutati mediante la relazione di Mononobe – Okabe:

$$K_{a, sism} = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \text{sen}^2 \varphi \cdot \text{sen}(\psi - \vartheta - \delta) \left( 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\delta + \varphi) \cdot \text{sen}(\varphi - \varepsilon - \vartheta)}{\text{sen}(\psi - \vartheta - \varphi) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right)^2} \quad (\text{spinta attiva})$$

Dove, oltre ai termini il cui significato è già stato esposto in precedenza, si assume

$$\vartheta = \arctan\left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right).$$

La seguente tabella riassume i coefficienti di spinta in fase sismica per i terreni in esame:

Valori	Approccio	$\phi$ [°]	$k_{a,sism}$
Caratteristici	A1+M1+R1	38	0.33
Progetto	A2+M2+R2	32	0.40

*Coefficienti di spinta del rilevato a tergo muri nel caso sismico*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 7 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA'

L'azione sismica di progetto, desunta dal D.M. del 14/01/2008, deriva dalla pericolosità sismica di base del sito; in particolare, viene definita a partire dall'accelerazione orizzontale massima attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale ( $a_g$ ). Lo stato limite di servizio indagato è lo Stato Limite di Danno (SLD), lo stato limite ultimo indagato è lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV). Trattandosi di un'opera di sostegno di altezza superiore a 5m si sono considerate le seguenti condizioni vita nominale e classe d'uso:

Vita nominale della costruzione	100 anni
Classe d'uso della costruzione	IV
Coefficiente d'uso della costruzione $c_u$	2

Inserendo questi parametri e le coordinate geografiche dell'opera (riportate di seguito) nel programma Spettri di risposta ver. 1.0.3 distribuito dal Consiglio Superiore LL.PP si ottengono i valori di  $a_g$  da utilizzare nella progettazione:

Lat.	38° 13' 48.62" N
Long.	15° 39' 30.5" E

$a_{g-SLV}$	0.438
$a_{g-SLD}$	0.171

A partire dalle accelerazioni su suolo rigido si ricavano le accelerazioni attese al sito ( $a_{max}$ ), ottenute moltiplicando le  $a_g$  per i coefficienti correttivi che tengono conto delle possibili amplificazioni del moto del suolo dovute a effetti stratigrafici e/o topografici. La categoria di suolo prevista è C ( $V_{s30}$  da sismica a rifrazione SR15 e S441), mentre la categoria topografica è T1 in quanto il rilievo considerato ha altezza inferiore a 30m; si ottengono quindi questi valori di  $a_{max}$ :

$S_{S-SLV}$	1.044
$S_{S-SLD}$	1.458
$S_T$	1
$a_{max-SLV}$	$a_{g-SLV} \cdot S_S \cdot S_T = 0.457$
$a_{max-SLD}$	$a_{g-SLD} \cdot S_S \cdot S_T = 0.249$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

I coefficienti sismici di progetto per le verifiche geotecniche e strutturali dei muri si deducono, in accordo con il D.M. del 14/01/2008, sulla base delle relazioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove  $\beta_m$  è il coefficiente che porta in conto la riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito a causa della deformabilità dell'opera. La normativa specifica di ricavare il valore di tale coefficiente dalla Tabella 7.11.II, dove vengono assegnati range di valori in funzione di  $a_g$ ; poiché però l'accelerazione sismica attesa per quest'opera supera, nello stato indagato SLV, il valore massimo considerato nella suddetta tabella (pari a 0.4g) si è proceduti ad una estrapolazione dei valori della tabella, ottenendo il grafico sottostante:

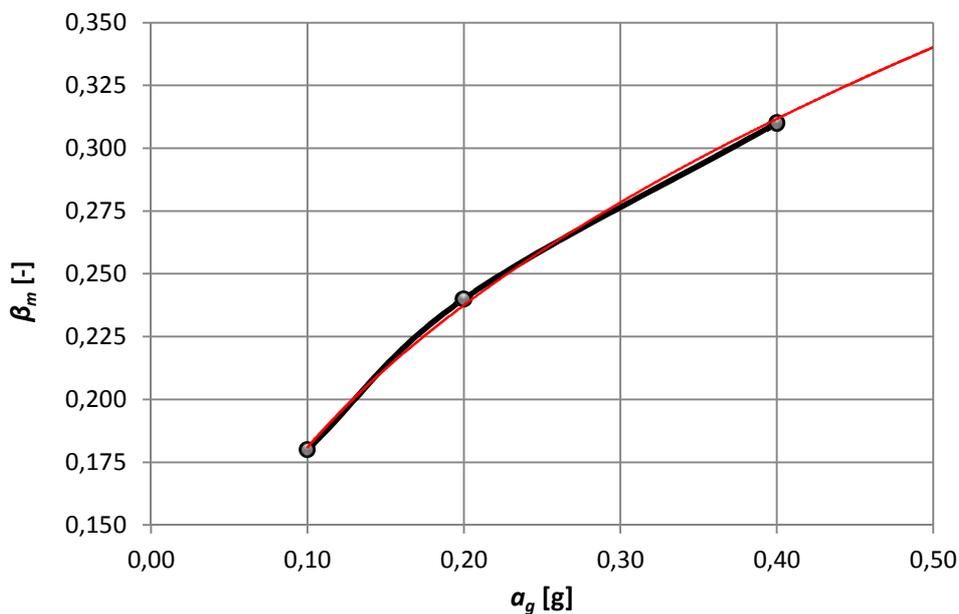


Figura 1: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di  $\beta_m$ .

Cautelativamente si è assunto  $\beta_m = 0.35$  per SLV.

Per SLD risulta:  $\beta_m = 0.24$

Per le verifiche di stabilità globale dell'insieme terreno-opera si presenta lo stesso problema, in

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO	Codice documento CS0659_F0	Rev F0	Data 20/06/2011

quanto anche in questo caso il valore del coefficiente  $\beta_s$  necessario per il calcolo dei coefficienti sismici di progetto (vedi espressioni seguenti) non può essere ottenuto direttamente dalla Tabella 7.11.I del D.M. del 14/01/2008 in quanto l'accelerazione sismica attesa per quest'opera supera il valore massimo considerato nella suddetta tabella (pari a 0.4g). Attraverso l'estrapolazione si è ottenuto il grafico sottostante:

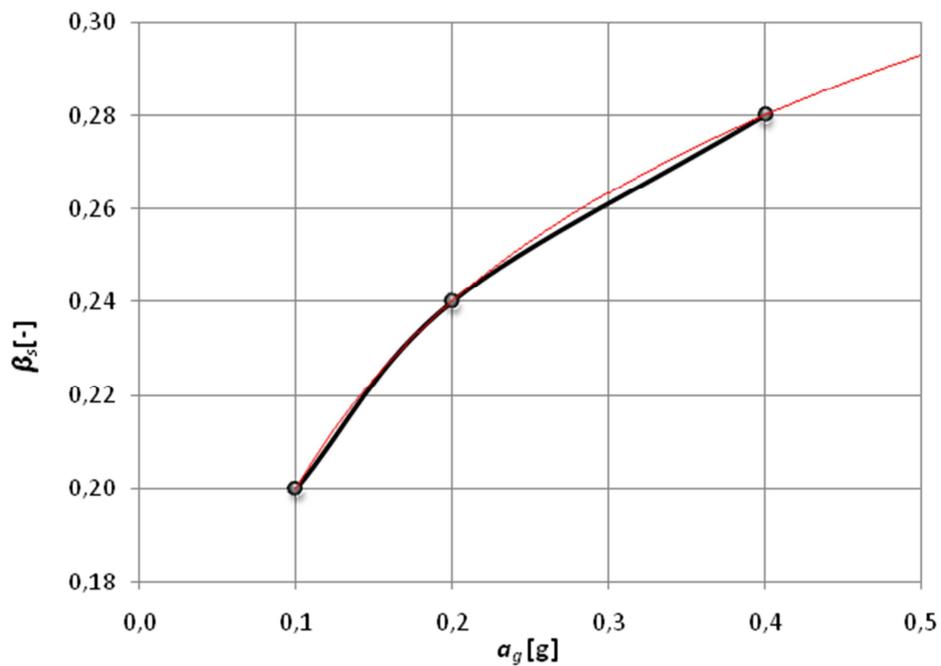


Figura 2: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di  $\beta_s$ .

Cautelativamente nel calcolo dei coefficienti sismici si è assunto  $\beta_s = 0.30$ :

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_s$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 8 FASI COSTRUTTIVE

Nel seguito vengono brevemente descritte le fasi esecutive per la realizzazione dell'opera in oggetto:

- sbancamento per raggiungere la quota di imposta della fondazione;
- getto in c.a. del piano di appoggio (che dovrà essere perfettamente piano);
- getto della suola di stabilizzazione (fondazione) e contemporaneo raccordo dell'elevazione (prefabbricata);
- riempimento orizzontale a tergo del muro.

## 9 ANALISI MURI DI SOSTEGNO PREFABBRICATI

### 9.1 Classificazione delle azioni

#### AZIONI PERMANENTI (G)

- Pesi Propri: prefabbricato, fondazione e terreno sulla fondazione;
- Spinte del terreno: l'interazione terreno-struttura è tale da consentire che si sviluppi un regime di spinta attiva.

#### AZIONI VARIABILI (Q)

- Sovraccarico accidentale dovuto alla presenza di veicoli di 20 kPa in fase statica e 10 kPa in fase sismica.

#### AZIONI SISMICHE (E)

Parametri sismici adottati:

- Tempo di Ritorno: 1898 Anni
- Categoria Sottosuolo: C

### 9.2 Combinazioni delle azioni

Con riferimento al D.M. 14/01/2008, rispettivamente alle tabelle 6.2.I e 2.5.I, si riportano i coefficienti parziali sulle azioni sfavorevoli ( $\gamma$ ) e i coefficienti di combinazione ( $\psi$ ) adottati nei calcoli:

#### COMBINAZIONI SLU

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>			
		MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

COMBINAZIONE	PERMANENTI		ACCIDENTALI		SISMA		URTO	
	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$
Comb A1+M1	1.3	1.0	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Comb A2+M2	1.0	1.0	1.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Comb EQU	1.1	1.0	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sisma	1.0	1.0	1.0 (*)	1.0 (*)	1.0	0.0	0.0	0.0
URTO	1.0	1.0	1.0	0.3	0.0	0.0	1.0	0.0

(\*): Il sovraccarico accidentale di progetto adottato nei calcoli in fase sismica risulta pari a 10 kPa

#### COMBINAZIONI SLE

COMBINAZIONE	PERMANENTI		ACCIDENTALI		SISMA		URTO	
	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$
RARA	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FREQUENTE	1.0	1.0	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Q. PERMANENTE	1.0	1.0	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Sisma	1.0	1.0	1.0 (*)	1.0 (*)	1.0	0.0	0.0	0.0

(\*): Il sovraccarico accidentale di progetto adottato nei calcoli in fase sismica risulta pari a 10 kPa

Le azioni corrispondenti all'urto e alle fasi sismiche sono indicate rispettivamente nel paragrafo 5.2 e nel capitolo 7.

I sovraccarichi permanenti non strutturali risultano compiutamente definiti e quindi, come consentito dalla normativa vigente, sono stati adottati i medesimi coefficienti parziali dei carichi permanenti strutturali.

Nel caso di azioni favorevoli si adottano i coefficienti parziali sulle azioni indicate dalla tabella 6.2.1 del D.M. 14/01/2008 – par. 6.2.3.1.1, riassunte nella tabella seguente.

CARICHI	EFFETTO	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)
Permanenti	Favorevole	0.9	1.0	1.0
Variabili	Favorevole	0.0	0.0	0.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 9.3 Caratteristiche geometriche del muro

L'analisi viene condotta prendendo come riferimento un **elemento modulare prefabbricato di larghezza 2.50 m**, considerando il contributo delle **due nervature di irrigidimento** a tergo del paramento verticale.

Le nervature di irrigidimento di spessore 15/18 cm presentano un primo tratto a sezione costante di altezza  $h=30$  cm ed un secondo ad altezza variabile secondo un'inclinazione del 20% sulla verticale. Il paramento può essere verticale o inclinato fino ad un massimo del 10%, anche se a favore di sicurezza nel dimensionamento si considera sempre verticale. Le due nervature sono collegate fra loro da una soletta di spessore costante  $s=10$  cm.

I bordi presentano un giunto "a sella" maschio-femmina in modo da trattenere i materiali e da permettere il montaggio degli elementi anche seguendo una curva, sia concava che convessa.

Alla base del muro le nervature presentano ciascuna un'apertura trasversale per il passaggio delle armature della trave di collegamento che si realizza fra i pannelli; l'altezza dell'apertura viene determinata in base all'altezza della suola di stabilizzazione, assicurando un adeguato ricoprimento dell'armatura superiore della trave.

I muri in oggetto sono tipo "T" dove il tipo di fondazione è sia a monte che a valle.

### 9.4 Verifiche di stabilità e verifiche strutturali – SLU

#### 9.4.1 Verifica a capacità portante

La valutazione della capacità portante delle fondazioni superficiali viene condotta in accordo all'equazione:

$$q_{lim} = 0.5 \gamma_c B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q N_q s_q d_q i_q b_q g_q$$

Le espressioni che forniscono i valori dei fattori di capacità portante (N) e dei fattori correttivi (s, i, b, g) sono riportate nella tabella seguente:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Fattori di capacità portante	$N_c$	$(Nq-1)\cot\phi$	Hansen
	$N_\gamma$	$1,5^*(Nq-1)\tan\phi$	Hansen
	$N_q$	$e^{\pi\tan\phi}\tan^2(45+\phi/2)$	Hansen
Fattori correttivi	forma		
	$s_c$	1 per fondazioni nastriformi	Hansen
	$s_\gamma$	1 per fondazioni nastriformi	Hansen
	$s_q$	1 per fondazioni nastriformi	Hansen
	approfondimento		
	$d_c$	$1+0,4k$	Hansen e Vesic
	$d_\gamma$	1	Hansen e Vesic
	$d_q$	$1+2\tan\phi(1-\sin\phi)k$	Hansen e Vesic
	Inclinazione carico		
	$i_c$	$i_q - (1-i_q)/(Nq-1)$	Hansen e Vesic
	$i_\gamma$	$(1-(0,7*H)/(N+B'*c*\cot\phi))^5$	Hansen
	$i_q$	$(1-(0,5*H)/(N+B'*c*\cot\phi))^5$	Hansen
	Inclinazione fondazione*		
	$b_c$	$1-\eta/147^\circ$	Hansen
	$b_\gamma$	$\exp(-2,7*\eta\tan\phi)$	Hansen
	$b_q$	$\exp(-2*\eta\tan\phi)$	Hansen
	Inclinazione piano campagna**		
$g_c$	$gq-[(1-gq)/(Nc*\tan\phi)]$	Hansen	
$g_\gamma$	$(1-\tan\beta)^2$	Hansen	
$g_q$	$g_\gamma$	Hansen	

\* $\eta$  = inclinazione base fondazione

\*\* $\beta$  = inclinazione pendio (dipende dall'angolo d'inclinazione del rilevato e dall'altezza del rilevato)

Tabella 1 – Coefficienti per il calcolo della capacità portante in condizioni drenate

Le formule utilizzate si riferiscono alla fondazione efficace equivalente ovvero quella fondazione rispetto alla quale il carico verticale N risulta centrato; la fondazione equivalente è caratterizzata dalle dimensioni B' e L' valutate sulla base dei criteri proposti da Meyerhof.

Il coefficiente di sicurezza a capacità portante è dato da:

$$F_s = \frac{q_{lim}-q}{q_{amm} - q}$$

dove:

$q_{lim}$  = capacità portante limite del terreno

$q$  = pressione verticale efficace agente alla quota di imposta della fondazione

$q_{amm}$  = pressione verticale uniforme sulla fondazione di area ridotta (N/Br)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$F_s$  = coefficiente di sicurezza (R1;R2;R3<kp)

## 9.5 Verifiche S.L.E.

Due sono le verifiche condotte:

1. Verifiche a fessurazione;
2. Verifiche delle tensioni di esercizio

### 9.5.1 Verifica a fessurazione

Secondo le prescrizioni riportate nella norma UNI EN 206-1 il muro prefabbricato tipo "Paver" può essere soggetto alle condizioni ambientali corrispondenti alla classe XF4; le caratteristiche vengono descritte nel precedente capitolo sui materiali utilizzati.

Per la definizione del limite di apertura delle fessure si assumono i seguenti parametri:

- Condizioni ambientali aggressive
- Armature poco sensibili

quindi

- combinazione frequente :  $w_k=1.7 \cdot w_m < w_2=0,3$  mm
- combinazione quasi permanente :  $w_k=1.7 \cdot w_m < w_3=0,2$  mm

### 9.5.2 Verifica delle tensioni di esercizio

Secondo quanto riportato dal D.M. 14/01/2008:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

#### 4.1.2.2.5 *Verifica delle tensioni di esercizio*

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

##### 4.1.2.2.5.1 *Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio*

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica (rara)} \quad (4.1.40)$$

$$\sigma_c < 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.} \quad (4.1.41)$$

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra scritti vanno ridotti del 20%.

##### 4.1.2.2.5.2 *Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio*

Per l'acciaio avente caratteristiche corrispondenti a quanto indicato al Cap. 11, la tensione massima,  $\sigma_s$ , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

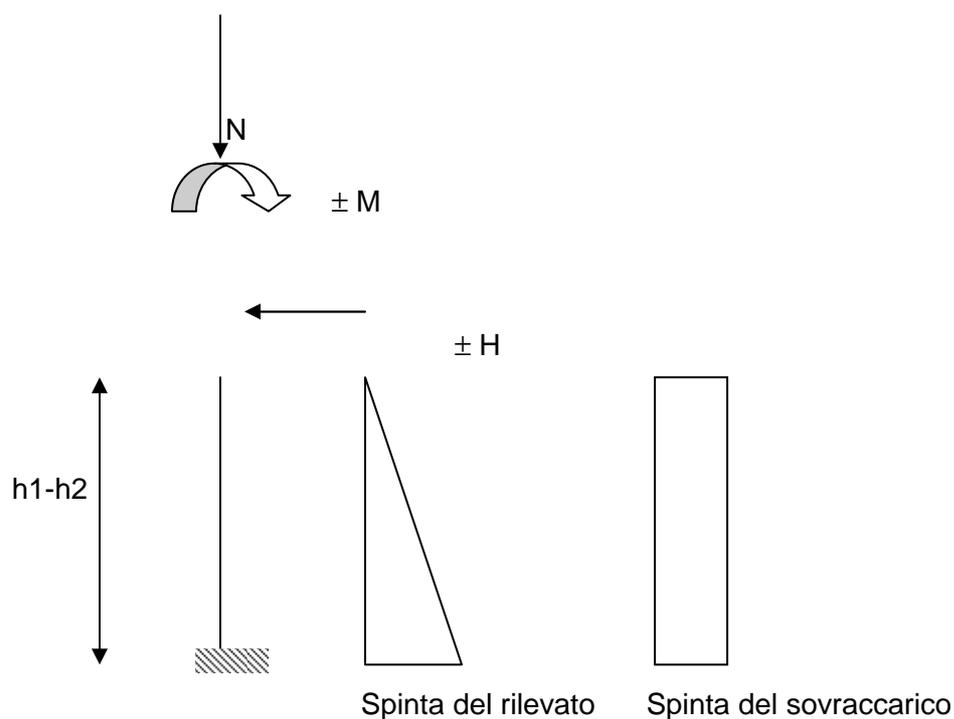
$$\sigma_s < 0,8 f_{yk} \quad (4.1.42)$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 9.6 Verifiche pannello prefabbricato

### 9.6.1 Verifica a flessione nel piano verticale

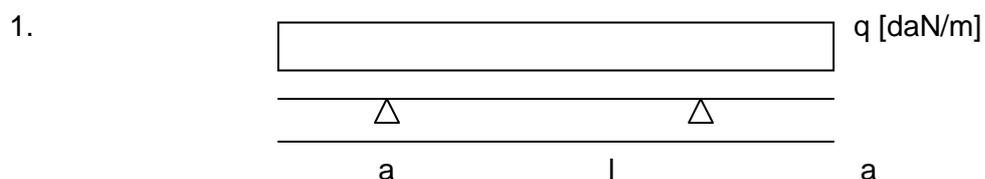
Si adotta lo schema statico di mensola incastrata nella fondazione, secondo lo schema seguente:



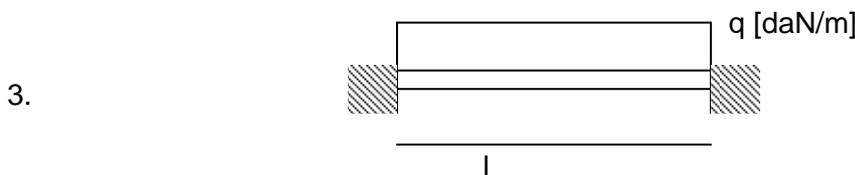
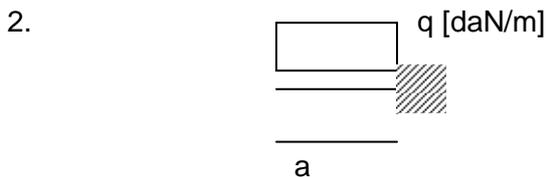
Viene condotta una verifica a presso flessione di un'equivalente sezione a T, con una sola nervatura data dalla somma delle due nervature, a partire dal bordo superiore del paramento prefabbricato, con passo di esplorazione "d"

### 9.6.2 Verifica a flessione nel piano orizzontale

Gli schemi statici adottabili per la verifica della soletta nel piano orizzontale sono i seguenti :



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO	Codice documento CS0659_F0	Rev F0	Data 20/06/2011



In quanto per le caratteristiche geometriche del pannello è sempre  $a > l/2$  lo schema di carico più gravoso si ha per la condizione 2, per cui nel calcolo si adotta lo schema di mensola incastrata nella nervatura.

Viene valutato lo sforzo di flessione a cui sono sottoposti i due sbalzi laterali del pannello, alla sezione d'attacco con le nervature verticali.

### 9.6.3 Verifica a taglio

Secondo quanto riportato dal D.M. 14/01/2008:

#### 4.1.2.1.3.2 Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione  $\theta$  dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2,5 \quad (4.1.16)$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (4.1.17)$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \cdot \sin \alpha \quad (4.1.18)$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta) \quad (4.1.19)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd}) \quad (4.1.20)$$

dove  $d$ ,  $b_w$  e  $\sigma_{cp}$  hanno il significato già visto in § 4.1.2.1.3.1. e inoltre si è posto:

$A_{sw}$	area dell'armatura trasversale;	
$s$	interasse tra due armature trasversali consecutive;	
$\alpha$	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;	
$f'_{cd}$	resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$ );	
$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo pari a	
	1	per membrane non compresse
	$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
	1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
	$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

## 9.7 Soletta di fondazione

### 9.7.1 Verifica a flessione

Si verifica la sezione resistente della soletta di fondazione, sollecitata a momento flettente per effetto del carico del terreno insistente su di essa, del sovraccarico e della reazione scambiata all'interfaccia con il terreno d'appoggio.

Si adotta lo schema statico di mensola incastrata nel cordolo armato passante nei fori delle nervature stesse.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 9.8 Verifiche

Di seguito si riportano i tabulati di calcolo delle diverse sezioni considerate, in cui il simbolo H corrisponde all'altezza totale dei muri comprensiva di fondazione. Per il muro in oggetto sono state considerate 3 geometrie differenti di seguito descritte.

1. Muro  $H=4.40$  m: spessore della fondazione pari a 0.40 m ed altezza del paramento variabile fino al massimo a 4 m
2. Muro  $H=5.50$  m: spessore della fondazione pari a 0.50 m ed altezza del paramento variabile da 4 a 5 m
3. Muro  $H=7.70$  m: spessore della fondazione pari a 0.70 m ed altezza del paramento variabile da 5 a 7 m

**RELAZIONE TECNICA PER MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO** **H = 4,40 m**

Approccio **1** Muro Tipo **T**

**1 DATI DI PROGETTO**

1a)	<b>Dati geotecnici</b>			
	Angolo di attrito interno	gradi	$\phi$	38
	Peso specifico	daN / m3	$\gamma$	2.000
	Angolo di attrito terra - muro (valore prudenziale)	gradi	$\delta$	25
	Angolo di inclinazione piano di campagna	gradi	$\epsilon$	0
	Coesione	daN / cm2	c	0
1b)	<b>Carichi agenti</b>			
	Sovraccarico variabile stradale / ferroviario	daN / m2	qa	2.000
	Sovraccarico permanente	daN / m2	qp	800
	Forza orizzontale in testa variabile (positivo tende lato monte)	daN / elemento	fv	0
	Forza orizzontale in testa eccezionale (positivo tende lato monte)	daN / elemento	fe	3.333
	Sovraccarico sulla fondazione a monte	daN / m2	q1	0
	Momento in testa variabile (positivo tende lato monte)	daNm / elemento	momv	0
	Momento in testa eccezionale (positivo tende lato monte)	daNm / elemento	momc	3.333
	Forza verticale in testa (positivo di compressione)	daN / elemento	N	0
	Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	m	braccio	0,00
1c)	<b>Dati sismici</b>			
	Classe d'Uso		Cu	SLV SLD
	Vita Nominale	anni	Vn	2 2
	Periodo di Riferimento	anni	Vr	100 100
	Tempo di Ritorno	anni	Tr	200 200
	Accelerazione orizzontale massima su un sito rigido	[g]	ag(g)	1.898 201
	fattore di amplificazione spettrale		FO	0,438 0,171
	periodo d'inizio	sec	Tc*	2,493 2,357
	Categoria sottosuolo			0,423 0,337
	Categoria topografica			C C
	Fattore di amplificazione stratigrafica		Ss	T1 T1
	Fattore di amplificazione topografica		St	1,044 1,458
				1,00 1,00
1d)	<b>Morfologia del muro</b>			
	Altezza del muro	m	h1	4,40
	Distanza tra il punto di ribaltamento e il baricentro dell'elemento prefabbricato	m	X <sub>G</sub>	0,77
	Distanza tra il baricentro del pannello e la soletta	m		0,17
	Peso elemento prefabbricato	daN	P	3.825
	Angolo di inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	gradi	b	90
	Larghezza elemento prefabbricato	m	b1	2,50
	Dimensione appoggio muro	m	appoggio	0,88
	Altezza sezione in sommità (tratto a sezione costante)	m		0,30
	Pendenza nervatura	m	pendenza	20%
	Larghezza nervatura / e	m	s	0,30
	Spessore soletta	m	sol	0,10
1e)	<b>Morfologia della fondazione</b>			
	Spessore massimo soletta di fondazione	m	h2	0,40
	Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	m	h3	0,40
	Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	m	h4	0,40
	Larghezza fondazione	m	l	3,10
	Dimensione sbalzo anteriore	m	sbalzo	0,60
	Larghezza suola fondazione a monte	m	l1	2,40
	Larghezza suola fuori nervatura	m	fo	1,70
	Larghezza sottofondazione	m	lf	0,00
	Altezza sottofondazione	m	hf	0,00
	Sbalzo a valle sottofondazione	m	sbv	0,00
1f)	<b>Dati geotecnici terreno di fondazione</b>			
	Angolo di attrito interno	gradi	$\phi$	36
	Peso specifico	daN / m3	$\gamma$	2.000
	Coesione	daN / cm2	c	0
	Ricoprimento fondazione a valle	m	hr	0,40

**2 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE**

2a)	<b>Verifica a traslazione</b>	combinazione dimensionante	A2+M2	$k_T$	1,39	> 1,00
2b)	<b>Verifica a ribaltamento</b>	combinazione dimensionante	EQ	$k_R$	1,71	> 1,00
2c)	<b>Verifica a capacità portante</b>	combinazione dimensionante	A2+M2	$k_p$	1,19	> 1,00
				$\sigma_{max}$	1,91	daN / cm2
				$\sigma_{min}$	0,00	daN / cm2

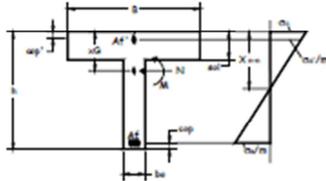
**3 VERIFICHE FONDAZIONE**



3a)	<u>Verifica fondazione di monte SLU (sezione d'incastro).</u> <u>Verifica fondazione di monte SISMICO (sezione d'incastro).</u>	$M_u, M_d$ $M_u, M_d$	1,20 1,57
3b)	<u>Verifica fondazione di valle SLU (sezione d'incastro).</u> <u>Verifica fondazione di valle SISMICO (sezione d'incastro).</u>	$M_u, M_d$ $M_u, M_d$	2,46 2,68
3c)	<u>Verifica fondazione di monte SLE RARA (sezione d'incastro).</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	-1 < $\sigma_c$ lim 150 -39 < $\sigma_s$ lim 3520
	<u>Verifica fondazione di monte SLE FREQUENTE (sezione d'incastro).</u>	Mcr [daNm]	14.415 > Me -1776,8
	<u>Verifica fondazione di monte SLE QUASI PERMANENTE (sezione d'incastro).</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	-5 < $\sigma_c$ lim 112,5 14.415 > Me -2310
	<u>Verifica fondazione di monte SISMICO SLD (sezione d'incastro).</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	42 < $\sigma_c$ lim 150 1.570 < $\sigma_s$ lim 3520

**4 VERIFICHE PREFABBRICATO :**

4a) Verifica prefabbricato



Af'	4	Ø 12		
Af 1	4	Ø 22		
Af 2	4	Ø 22	L 2	3,40 m
Af 3	4	Ø 20	L 3	2,65 m
Af 4	0	Ø 0	L 4	0,00 m
Af 5	0	Ø 0	L 5	0,00 m

SLU								STAFFE		
d	h	A <sub>s</sub>	A	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	K <sub>a</sub>	Mu/M <sub>u</sub>	Vr <sub>sd</sub>	Vr <sub>cd</sub>	V <sub>sd</sub>
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN m	daN	daNm	>1,00	daN	daN	daN
145	30	15,21	4,52	11010	1391	14259	1,30	10942	36290	8099
164	32,7	15,21	4,52	12470	1565	15796	1,27	12124	40208	8887
182	36,4	27,77	4,52	14068	1738	31882	2,27	13696	45424	9716
2	400	80,0	27,77	46701	3825	77220	1,65	32567	108008	22990
3										
4										
5										

SISMICO								STAFFE		
d	h	A <sub>s</sub>	A	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	K <sub>a</sub>	Mu/M <sub>u</sub>	Vr <sub>sd</sub>	Vr <sub>cd</sub>	V <sub>sd</sub>
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN m	daN	daNm	>1,00	daN	daN	daN
145	30	15,21	4,52	12984	1391	14259	1,10	10942	36290	10236
164	32,7	15,21	4,52	14994	1565	15796	1,05	12124	40208	11332
182	36,4	27,77	4,52	17214	1738	31882	1,85	13696	45424	12480
2	400	80,0	27,77	63709	3825	77220	1,21	32567	108008	30289
3										
4										
5										

SLE								FREQUENTE				RARA	
d	h	A <sub>s</sub>	A	Mcr	zsm	Me	zsm	wk	wk	σ <sub>c</sub>	σ <sub>s</sub>		
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN m	mm	daNm	mm	mm	mm	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		
145	30	15,21	4,52	4048	-	1435	-	Mcr>Me	11	499			
164	32,7	15,21	4,52	4642	-	1896	-	Mcr>Me	12	590			
182	36,4	27,77	4,52	8071	0	2438	-	Mcr>Me	10	373			
2	400	80,0	27,77	25173	-	17500	-	Mcr>Me	18	1050			
3													
4													
5													

QUASI PERMANENTE			
Me	zsm-zcm	wk	σ <sub>c</sub>
daNm	mm	mm	daN/cm <sup>2</sup>
1228	-	Mcr>Me	7
1633	-	Mcr>Me	8
2114	-	Mcr>Me	7
15932	-	Mcr>Me	14

4b)	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLU</u>	10	Ø 6	$M_u, M_d$	1,91
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO</u>			$M_u, M_d$	1,45
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE RARA</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	38 1.394	< $\sigma_c$ lim < $\sigma_s$ lim	210 3520
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE FREQUENTE</u>	Mcr [daNm]	78	> Me	43
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE QUASI PERMANENTE</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	33 78	< $\sigma_c$ lim > Me	157,5 41
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO SLD</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	49 1.802	< $\sigma_c$ lim < $\sigma_s$ lim	210 3520

**RELAZIONE TECNICA PER MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO** H = 5,50 m

Approccio 1 Muro Tipo T

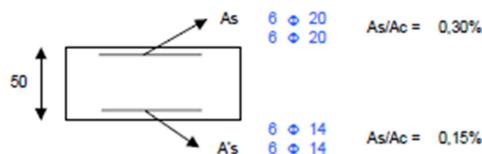
**1 DATI DI PROGETTO**

1a)	<b>Dati geotecnici</b>				
	Angolo di attrito interno	gradi	$\phi$	38	
	Peso specifico	daN / m <sup>3</sup>	$\gamma$	2.000	
	Angolo di attrito terra - muro (valore prudenziale)	gradi	$\delta$	25	
	Angolo di inclinazione piano di campagna	gradi	$\epsilon$	0	
	Coesione	daN / cm <sup>2</sup>	c	0	
1b)	<b>Carichi agenti</b>				
	Sovraccarico variabile stradale / ferroviario	daN / m <sup>2</sup>	qa	2.000	
	Sovraccarico permanente	daN / m <sup>2</sup>	qp	800	
	Forza orizzontale in testa variabile (positivo tende lato monte)	daN / elemento	fv	0	
	Forza orizzontale in testa eccezionale (positivo tende lato monte)	daN / elemento	fe	3.333	
	Sovraccarico sulla fondazione a monte	daN / m <sup>2</sup>	q1	0	
	Momento in testa variabile (positivo tende lato monte)	daNm / elemento	momv	0	
	Momento in testa eccezionale (positivo tende lato monte)	daNm / elemento	momc	3.333	
	Forza verticale in testa (positivo di compressione)	daN / elemento	N	0	
	Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	m	braccio	0,00	
1c)	<b>Dati sismici</b>				
	Classe d'Uso	IV	Cu	SLV	SLD
	Vita Nominale	anni	Vn	2	2
	Periodo di Riferimento	anni	Vr	100	100
	Tempo di Ritorno	anni	Vr	200	200
	Accelerazione orizzontale massima su un sito rigido	[g]	Tr	1,898	201
	fattore di amplificazione spettrale		ag(g)	0,438	0,171
	periodo d'inizio	sec	F0	2,493	2,357
	Categoria sottosuolo		Tc*	0,423	0,337
	Categoria topografica		C	C	C
	Fattore di amplificazione stratigrafica		Ss	T1	T1
	Fattore di amplificazione topografica		St	1,044	1,458
				1,00	1,00
1d)	<b>Morfologia del muro</b>				
	Altezza del muro	m	h1	5,50	
	Distanza tra il punto di ribaltamento e il baricentro dell'elemento prefabbricato	m	X <sub>G</sub>	0,82	
	Distanza tra il baricentro del pannello e la soletta	m		0,22	
	Peso elemento prefabbricato	daN	P	5,100	
	Angolo di inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	gradi	b	90	
	Larghezza elemento prefabbricato	m	b1	2,50	
	Dimensione appoggio muro	m	appoggio	1,10	
	Altezza sezione in sommità (tratto a sezione costante)	m		0,30	
	Pendenza nervatura	m	pendenza	20%	
	Larghezza nervatura / e	m	s	0,30	
	Spessore soletta	m	sol	0,10	
1e)	<b>Morfologia della fondazione</b>				
	Spessore massimo soletta di fondazione	m	h2	0,50	
	Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	m	h3	0,50	
	Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	m	h4	0,50	
	Larghezza fondazione	m	l	3,50	
	Dimensione sbalzo anteriore	m	sbalzo	0,00	
	Larghezza suola fondazione a monte	m	l1	2,80	
	Larghezza suola fuori nervatura	m	fo	1,90	
	Larghezza sottofondazione	m	lf	0,00	
	Altezza sottofondazione	m	hf	0,00	
	Sbalzo a valle sottofondazione	m	sbf	0,00	
1f)	<b>Dati geotecnici terreno di fondazione</b>				
	Angolo di attrito interno	gradi	$\phi$	38	
	Peso specifico	daN / m <sup>3</sup>	$\gamma$	2.000	
	Coesione	daN / cm <sup>2</sup>	c	0	
	Ricoprimento fondazione a valle	m	hr	0,40	

**2 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE**

2a)	<b>Verifica a traslazione</b>	combinazione dimensionante	SISMICA	$k_T$	1,46	> 1,00
2b)	<b>Verifica a ribaltamento</b>	combinazione dimensionante	EQ	$k_R$	1,77	> 1,00
2c)	<b>Verifica a capacità portante</b>	combinazione dimensionante	A2+M2	$k_p$	1,24	> 1,00
				$\sigma_{1max}$	2,34	daN / cm <sup>2</sup>
				$\sigma_{1min}$	0,00	daN / cm <sup>2</sup>

**3 VERIFICHE FONDAZIONE**



MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798  
RELAZIONE DI CALCOLO

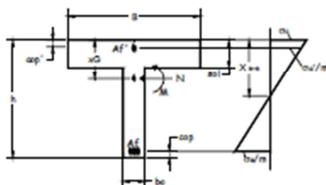
Codice documento  
CS0659\_F0

Rev F0  
Data 20/06/2011

3a)	<u>Verifica fondazione di monte SLU (sezione d'incastro)</u> <u>Verifica fondazione di monte SISMICO (sezione d'incastro)</u>		$M_u/M_s$	1,13
			$M_u/M_s$	1,24
3b)	<u>Verifica fondazione di valle SLU (sezione d'incastro)</u> <u>Verifica fondazione di valle SISMICO (sezione d'incastro)</u>		$M_u/M_s$	3,43
			$M_u/M_s$	3,27
3c)	<u>Verifica fondazione di monte SLE RARA (sezione d'incastro)</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	4	< $\sigma_c$ lim 150
		$\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	178	< $\sigma_s$ lim 3520
	<u>Verifica fondazione di monte SLE FREQUENTE (sezione d'incastro)</u>	Mcr [daNm]	22.457	> Me 589,332
	<u>Verifica fondazione di monte SLE QUASI PERMANENTE (sezione d'incastro)</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	0	< $\sigma_c$ lim 112,5
		Mcr [daNm]	22.457	> Me -315,75
	<u>Verifica fondazione di monte SISMICO SLD (sezione d'incastro)</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	51	< $\sigma_c$ lim 150
		$\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	2.175	< $\sigma_s$ lim 3520

**4 VERIFICHE PREFABBRICATO :**

**4a) Verifica prefabbricato**



Af'	4	∅ 12		
Af 1	4	∅ 22		
Af 2	4	∅ 22	L 2	4,50 m
Af 3	4	∅ 22	L 3	3,38 m
Af 4	0	∅ 0	L 4	0,00 m
Af 5	0	∅ 0	L 5	0,00 m

SLU							Ka		STAFFE		
d	h	A <sub>s</sub>	A	M <sub>sd</sub>	N <sub>sd</sub>	M <sub>u</sub>	M <sub>u</sub> /M <sub>s</sub>	V <sub>rd</sub>	V <sub>rd</sub>	V <sub>sd</sub>	
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN m	daN	daNm	>1.00	daN	daN	daN	
136	30	15.21	4.52	10330	1391	14259	1.38	10942	36290	7723	
159	31.8	15.21	4.52	12095	1623	15284	1.26	11725	38886	8687	
205	40.9	30.41	4.52	16274	2087	39905	2.45	15657	51927	10815	
3	500	100.0	30.41	72249	5100	107479	1.49	41217	136696	31124	

SISMICO							Ka		STAFFE		
d	h	A <sub>s</sub>	A	M <sub>sd</sub>	N <sub>sd</sub>	M <sub>u</sub>	M <sub>u</sub> /M <sub>s</sub>	V <sub>rd</sub>	V <sub>rd</sub>	V <sub>sd</sub>	
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN m	daN	daNm	>1.00	daN	daN	daN	
136	30	15.21	4.52	12333	1391	14259	1.16	10942	36290	10074	
159	31.8	15.21	4.52	14850	1623	15284	1.03	11725	38886	11479	
205	40.9	30.41	4.52	20920	2087	39905	1.91	15657	51927	14530	
3	500	100.0	30.41	103632	5100	107479	1.04	41217	136696	42200	

SLE					Ka		FREQUENTE		RARA	
d	h	A <sub>s</sub>	A	Mcr	esm	Me	esm	wk<0,3	$\sigma_c$ <210	$\sigma_c$ <3520
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN m	mm	daNm	mm	mm	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>
136	30	15.21	4.52	4048	-	1234	-	Mcr>Me	10	426
159	31.8	15.21	4.52	4439	-	1774	-	Mcr>Me	12	569
205	40.9	30.41	4.52	10203	0	3243	-	Mcr>Me	11	414
3	500	100.0	30.41	36412	-	31432	-	Mcr>Me	23	1315

QUASI PERMANENTE			
Me	esm-ecm	wk<0,2	$\sigma_c$ <157,5
daNm	mm	mm	daN/cm <sup>2</sup>
1052	-	Mcr>Me	6
1526	-	Mcr>Me	8
2833	-	Mcr>Me	8
28983	-	Mcr>Me	18

4b)	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLU</u>	10 ∅ 6	$M_u/M_s$	1,64
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO</u>		$M_u/M_s$	1,23
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE RARA</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	44	< $\sigma_c$ lim 210
		$\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	1.646	< $\sigma_s$ lim 3520
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE FREQUENTE</u>	Mcr [daNm]	98	> Me 64
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE QUASI PERMANENTE</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	39	< $\sigma_c$ lim 157,5
		Mcr [daNm]	98	> Me 62
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO SLD</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	57	< $\sigma_c$ lim 210
		$\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	2.129	< $\sigma_s$ lim 3520

**RELAZIONE TECNICA PER MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO** **H = 7,70 m**

Approccio 1 Muro Tipo T

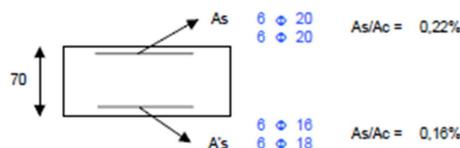
**1 DATI DI PROGETTO**

1a)	<b>Dati geotecnici</b>				
	Angolo di attrito interno	gradi	$\phi$	38	
	Peso specifico	daN / m <sup>3</sup>	$\gamma$	2.000	
	Angolo di attrito terra - muro (valore prudenziale)	gradi	$\delta$	25	
	Angolo di inclinazione piano di campagna	gradi	$\epsilon$	0	
	Coesione	daN / cm <sup>2</sup>	c	0	
1b)	<b>Carichi agenti</b>				
	Sovraccarico variabile stradale / ferroviario	daN / m <sup>2</sup>	qa	2.000	
	Sovraccarico permanente	daN / m <sup>2</sup>	qp	800	
	Forza orizzontale in testa variabile (positivo tende lato monte)	daN / elemento	fv	0	
	Forza orizzontale in testa eccezionale (positivo tende lato monte)	daN / elemento	fe	3.333	
	Sovraccarico sulla fondazione a monte	daN / m <sup>2</sup>	q1	0	
	Momento in testa variabile (positivo tende lato monte)	daNm / elemento	momv	0	
	Momento in testa eccezionale (positivo tende lato monte)	daNm / elemento	mome	3.333	
	Forza verticale in testa (positivo di compressione)	daN / elemento	N	0	
	Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	m	braccio	0,00	
1c)	<b>Dati sismici</b>				
	Classe d'Uso		Cu	SLV	SLD
	Vita Nominale	anni	Vn	2	2
	Periodo di Riferimento	anni	Vr	100	100
	Tempo di Ritorno	anni	Tr	200	200
	Accelerazione orizzontale massima su un sito rigido	[g]	ag(g)	1,898	201
	fattore di amplificazione spettrale		F0	0,438	0,171
	periodo d'inizio	sec	Tc'	2,493	2,357
	Categoria sottosuolo			0,423	0,337
	Categoria topografica			C	C
	Fattore di amplificazione stratigrafica		Ss	T1	T1
	Fattore di amplificazione topografica		St	1,044	1,458
				1,00	1,00
1d)	<b>Morfologia del muro</b>				
	Altezza del muro	m	h1	7,70	
	Distanza tra il punto di ribaltamento e il baricentro dell'elemento prefabbricato	m	$\chi_c$	1,65	
	Distanza tra il baricentro del pannello e la soletta	m		0,35	
	Peso elemento prefabbricato	daN	P	8.850	
	Angolo di inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	gradi	b	90	
	Larghezza elemento prefabbricato	m	b1	2,50	
	Dimensione appoggio muro	m	appoggio	1,54	
	Altezza sezione in sommità (tratto a sezione costante)	m		0,30	
	Pendenza nervatura	m	pendenza	20%	
	Larghezza nervatura / e	m	s	0,36	
	Spessore soletta	m	sol	0,10	
1e)	<b>Morfologia della fondazione</b>				
	Spessore massimo soletta di fondazione	m	h2	0,70	
	Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	m	h3	0,70	
	Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	m	h4	0,70	
	Larghezza fondazione	m	l	4,40	
	Dimensione sbalzo anteriore	m	sbalzo	1,30	
	Larghezza suola fondazione a monte	m	ll	3,00	
	Larghezza suola fuori nervatura	m	fo	1,70	
	Larghezza sottofondazione	m	lf	0,00	
	Altezza sottofondazione	m	hf	0,00	
	Sbalzo a valle sottofondazione	m	sbf	0,00	
1f)	<b>Dati geotecnici terreno di fondazione</b>				
	Angolo di attrito interno	gradi	$\phi$	38	
	Peso specifico	daN / m <sup>3</sup>	$\gamma$	2.000	
	Coesione	daN / cm <sup>2</sup>	c	0	
	Ricoprimento fondazione a valle	m	hr	0,40	

**2 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE**

2a)	<b>Verifica a traslazione</b>	combinazione dimensionante	SISMICA	$k_T$	1,32	> 1,00
2b)	<b>Verifica a ribaltamento</b>	combinazione dimensionante	EQ	$k_R$	1,81	> 1,00
2c)	<b>Verifica a capacità portante</b>	combinazione dimensionante	SISMICAGEO	$k_p$	1,02	> 1,00
				$\sigma_{max}$	2,97	daN / cm <sup>2</sup>
				$\sigma_{min}$	0,16	daN / cm <sup>2</sup>

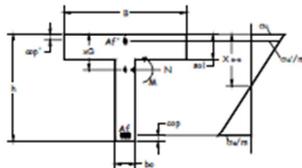
**3 VERIFICHE FONDAZIONE**



3a)	Verifica fondazione di monte SLU (sezione d'incastro) Verifica fondazione di monte SISMICO (sezione d'incastro)	$M_u / M_e$ $M_u / M_e$	1,45 1,13
3b)	Verifica fondazione di valle SLU (sezione d'incastro) Verifica fondazione di valle SISMICO (sezione d'incastro)	$M_u / M_e$ $M_u / M_e$	1,48 1,27
3c)	Verifica fondazione di monte SLE RARA (sezione d'incastro)	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	6 309 < $\sigma_{c,lim}$ 150 < $\sigma_{c,lim}$ 3520
	Verifica fondazione di monte SLE FREQUENTE (sezione d'incastro)	Mcr [daNm]	42.951 > Me 4321,05
	Verifica fondazione di monte SLE QUASI PERMANENTE (sezione d'incastro)	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	3 42.951 > Me 112,5 > Me 3146,79
	Verifica fondazione di monte SISMICO SLD (sezione d'incastro)	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	45 2.359 < $\sigma_{c,lim}$ 150 < $\sigma_{c,lim}$ 3520

**4 VERIFICHE PREFABBRICATO :**

4a) Verifica prefabbricato



Af'	4	φ 12	
Af 1	4	φ 20	
Af 2	4	φ 22	L 2 6,20 m
Af 3	4	φ 22	L 3 5,29 m
Af 4	4	φ 22	L 4 2,38 m
Af 5	0	φ 0	L 5 0,00 m

SLU							Ka		STAFFE		
d	h	A <sub>s</sub>	A	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	M <sub>u</sub> /M <sub>e</sub>	V <sub>rd</sub>	V <sub>rd</sub>	V <sub>rd</sub>	
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN m	daN	daNm	>1,00	daN	daN	daN	
127	30	12,57	4,52	9679	1609	11847	1,22	19299	43203	7358	
159	31,8	15,21	4,52	12095	2011	15230	1,28	20692	46322	8887	
191	38,2	30,41	4,52	14923	2414	36667	2,46	25586	57276	10149	
3	509	101,8	45,62	74978	6437	162723	2,17	74518	166817	31930	
4	700	140,0	45,62	149879	8850	229232	1,53	103877	232541	51247	

SISMICO							Ka		STAFFE		
d	h	A <sub>s</sub>	A	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	M <sub>u</sub> /M <sub>e</sub>	V <sub>rd</sub>	V <sub>rd</sub>	V <sub>rd</sub>	
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN m	daN	daNm	>1,00	daN	daN	daN	
127	30	12,57	4,52	11432	1609	11847	1,04	19299	43203	8547	
159	31,8	15,21	4,52	14872	2011	15230	1,02	20692	46322	11493	
191	38,2	30,41	4,52	18978	2414	36667	1,93	25586	57276	13596	
3	509	101,8	45,62	107762	6437	162723	1,51	74518	166817	43261	
4	700	140,0	45,62	216330	8850	229232	1,06	103877	232541	68592	

SLE				FREQUENTE			RARA		
d	h	A <sub>s</sub>	A	M <sub>e</sub>	esm	wk < 0,3	$\sigma_c$ < 210	$\sigma_c$ < 3520	
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN m	mm	wk	$\sigma_c$	$\sigma_c$	
				daNm	mm	daN/cmq	daN/cmq	daN/cmq	
127	30	12,57	4,52	3795	-	1051	-	9	
159	31,8	15,21	4,52	4643	-	1774	-	12	
191	38,2	30,41	4,52	9470	0	2743	-	10	
3	509	101,8	45,62	49089	0	32975	-	21	
4	700	140,0	45,62	78793	108	77809	0,00	0,04	

QUASI PERMANENTE			
M <sub>e</sub>	esm=cm	wk < 0,2	$\sigma_c$ < 157,5
daNm	mm	daN/cmq	$\sigma_c$
892	-	Mcr > Me	5
1528	-	Mcr > Me	8
2388	-	Mcr > Me	7
30436	-	Mcr > Me	17
72809	-	Mcr > Me	25

4b)	Verifica soletta nel piano orizzontale SLU Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO	$M_u / M_e$ $M_u / M_e$	1,87 1,43
	Verifica soletta nel piano orizzontale SLE RARA	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	50 1.468 < $\sigma_{c,lim}$ 210 < $\sigma_{c,lim}$ 3520
	Verifica soletta nel piano orizzontale SLE FREQUENTE	Mcr [daNm]	145 > Me 121
	Verifica soletta nel piano orizzontale SLE QUASI PERMANENTE	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	46 145 > Me 157,5 > Me 117
	Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO SLD	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	64 1.876 < $\sigma_{c,lim}$ 210 < $\sigma_{c,lim}$ 3520

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 10 ANALISI DI STABILITA'

Secondo quanto indicato dalla nuova normativa vigente, le verifiche di stabilità dei nuovi rilevati autostradali sono state condotte agli S.L.U. secondo l'Approccio 1, Combinazione 2:

$$A2 + M2 + R2$$

I coefficienti parziali da adottare vengono di seguito riassunti.

- Coefficienti parziali da applicare alle azioni esterne (A2)

I sovraccarichi autostradali ( $q=20$  kPa), considerati come dei carichi variabili sfavorevoli, sono stati fattorizzati secondo il coefficiente  $\gamma_{Qi}=1.3$ : si ottiene quindi un sovraccarico di progetto pari a 26 kPa.

- Coefficienti parziali da applicare ai parametri geotecnici del terreno (M2)

I parametri di resistenza del terreno in condizioni drenate sono stati fattorizzati secondo i coefficienti indicati nella tabella seguente

$\gamma_{\phi}$ (fattore da applicare alla tangente dell'angolo di attrito)	1.25
$\gamma_c$ (fattore da applicare alla coesione drenata)	1.25
$\gamma_{cu}$ (fattore da applicare alla coesione non drenata)	1.4

Fattori parziali sui parametri del terreno M2

- Coefficienti parziali sulle resistenze (R2)

Il coefficiente sulle resistenze ( $\gamma_R$ ) per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti è pari a 1.1. Tale condizione è equivalente a verificare che il coefficiente di sicurezza fornito dalle analisi di stabilità globale dei rilevati, avendo fattorizzato i carichi e i parametri geotecnici come sopra indicato, risulti non inferiore a 1.1.

Al fine di valutare le condizioni di stabilità globale del versante in cui si inserisce l'opera in progetto sono state condotte analisi di stabilità all'equilibrio limite con il metodo di Bishop. basato sull'equilibrio dei momenti e delle forze verticali, con risultante delle forze tra i conci contigui assunta orizzontale.

Le analisi di stabilità sono state condotte sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche facendo riferimento alle indicazioni riportate in precedenza; in particolare si assume:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$\gamma_r \geq 1.1$$

Il sisma è stato rappresentato da un'accelerazione orizzontale e una verticale nelle due direzioni possibili.

Sono state affrontate le condizioni in fase statica e sismica assumendo le geometrie di scavo più sfavorevoli, corrispondenti ad un'altezza del muro di 7.5 m. In accordo alle indicazioni di progetto, per la fase sismica è stato applicato un sovraccarico di progetto pari a 10 kPa.

I parametri geotecnici di progetto, indicati con pedice 'd', sono riportati nella tabella seguente. I moduli di deformazione e i pesi di volume non sono stati fattorizzati in accordo alla nuova normativa.

Livello	$\gamma_{nat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi_d$ (°)	$c'_d$ (kPa)
Rilevato	20	32	0
Depositi di versante	20	26.6	0

Parametri geotecnici di progetto

Per quanto concerne le verifiche in condizioni sismiche, utilizzando i parametri sismici sopra indicati, si è operato come segue:

$$\frac{a_g}{g} = 0.438$$

$$\frac{a_{max}}{g} = S_s \cdot \frac{a_g}{g} = S_s \cdot S_T \cdot \frac{a_g}{g}$$

$$S_s = 1.044$$

$$S_T = 1.0$$

$$\beta_s = 0.30$$

$$\frac{a_{max}}{g} = 1.044 \cdot 1.0 \cdot 0.438 = 0.457$$

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} = 0.30 \cdot 0.457 = 0.137$$

$$k_v = \pm \frac{k_h}{2} = \pm 0.0686$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dove:

$a_g$  : accelerazione orizzontale massima di riferimento su suolo rigido

$a_{max}$  : accelerazione orizzontale massima attesa al sito

$g$  : accelerazione di gravità

$S_s$  : coefficiente di amplificazione stratigrafica per suolo di tipo 'C'

$S_t$  : coefficiente di amplificazione topografica, assunto pari a 1

$\beta_s$  = coefficiente di riduzione, assunto in funzione del valore di  $a_g$  pari a 0,30

$k_h$  = coefficiente sismico orizzontale

$k_v$  = coefficiente sismico verticale

I risultati delle analisi eseguite sono riportate nella tabella seguente mentre nei grafici successivi si riportano i casi più gravosi statico e sismico.

<b>Caso</b>	<b>Fattore di sicurezza globale</b>
statico	1.877
sismico	1.468

Risultati analisi di stabilità

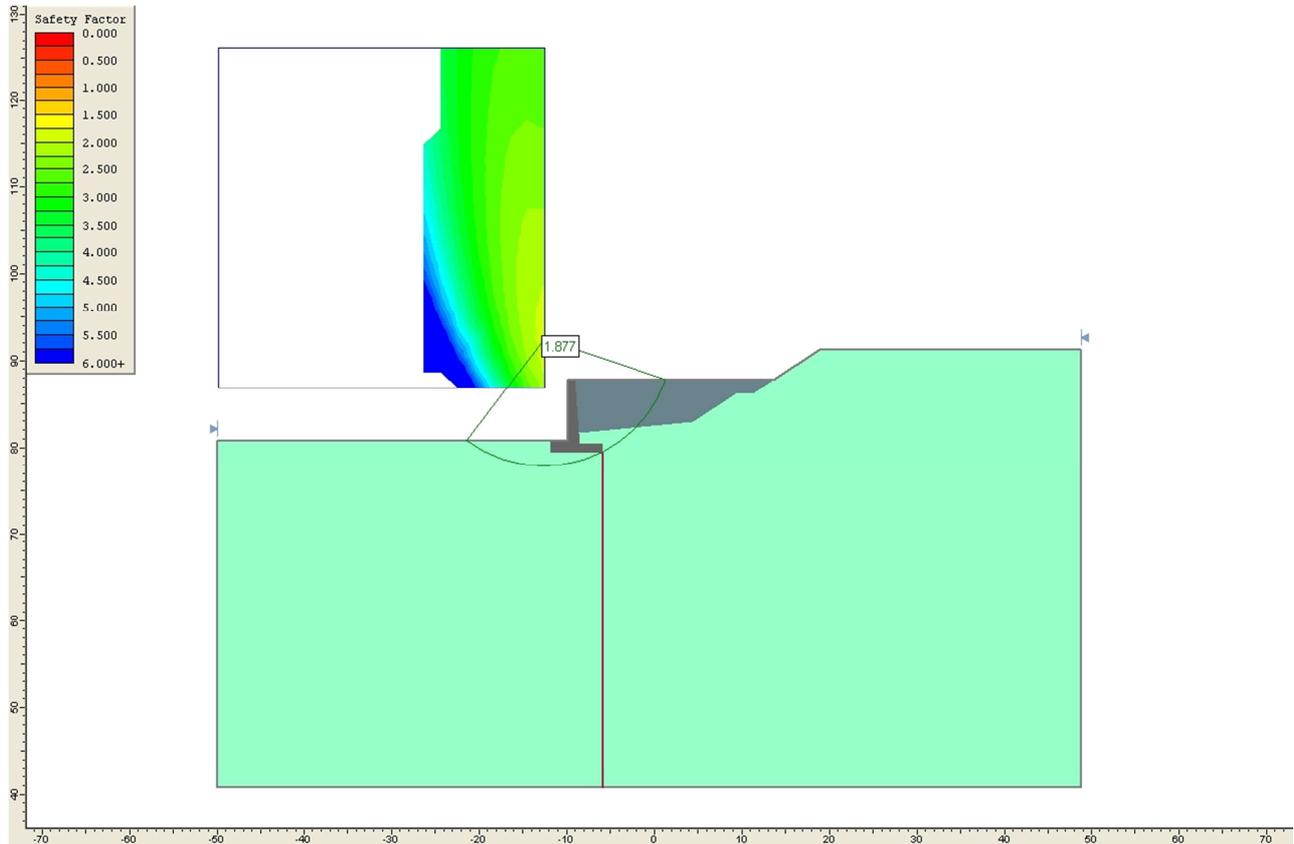
I risultati delle verifiche di stabilità mostrano coefficienti di sicurezza sempre superiori a quelli richiesti dalla normativa (1.1).

MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0659\_F0

Rev  
F0

Data  
20/06/2011



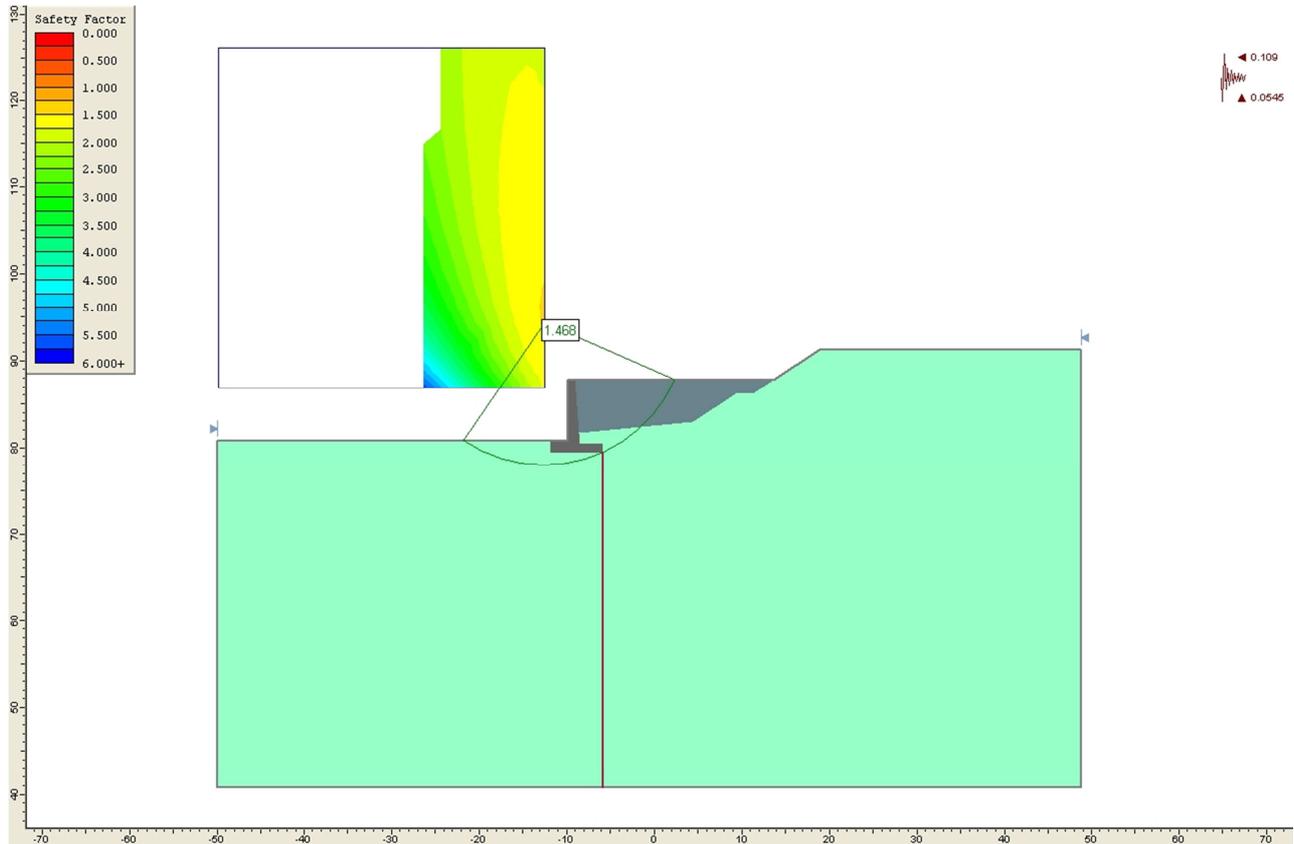
**Analisi di stabilità caso statico:  $F_s=1.877$**

MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0659\_F0

Rev  
F0

Data  
20/06/2011



**Analisi di stabilità caso sismico:Fs=1.468**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
<b>MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11 TABULATI DI CALCOLO

### 11.1 Input SLIDE rel. 05– Analisi in fase statica

#### *Slide Analysis Information*

#### Document Name

File Name: Muro sostegno asse C 1+698 1+798-statica.sli

#### Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Failure Direction: Right to Left  
Units of Measurement: SI Units  
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Groundwater Method: Water Surfaces  
Data Output: Standard  
Calculate Excess Pore Pressure: Off  
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off  
Random Numbers: Pseudo-random Seed  
Random Number Seed: 10116  
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

#### Analysis Methods

Analysis Methods used:  
Bishop simplified  
Janbu simplified  
Ordinary/Fellenius  
Spencer

Number of slices: 25  
Tolerance: 0.005  
Maximum number of iterations: 50

#### Surface Options

Surface Type: Circular  
Search Method: Grid Search  
Radius increment: 10  
Composite Surfaces: Disabled  
Reverse Curvature: Create Tension Crack  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth: Not Defined

#### Material Properties

##### Material: rilevato

Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Friction Angle: 32 degrees  
Water Surface: None

##### Material: c.a.

Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 25 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 50 kPa  
Friction Angle: 40 degrees  
Water Surface: None

##### Material: Dep di Versante

Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Friction Angle: 30 degrees  
Water Surface: None

#### List of All Coordinates

##### Material Boundary

-11.898 79.408  
-11.898 80.808

##### Material Boundary

-9.148 87.808  
-8.614 81.741  
-8.498 80.458  
-5.898 80.408  
-5.898 79.408  
-5.898 79.408

##### Material Boundary

-11.898 79.408  
-5.898 79.408

##### Material Boundary

-8.614 81.741  
4.415 82.998  
9.323 86.271  
11.32386.271  
13.63087.808

##### Material Boundary

4.415 82.998  
48.82382.998

##### External Boundary

48.82391.271  
18.82391.271  
13.63087.808  
5.790 87.808  
-6.308 87.808  
-9.148 87.808  
-9.898 87.808  
-9.898 80.808  
-11.898 80.808  
-49.898 80.808  
-49.898 40.808  
48.82340.808  
48.82382.998

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Focus/Block Search Line

-5.898 40.808

-5.898 79.408

-49.806

86.929

-12.602

86.929

-12.602

126.200

-49.806

126.200

Search Grid

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11.2 Output SLIDE rel. 05– Analisi in fase statica

Raw Data for Minimum Circle Results							
Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety				
-49.806	86.929	44.548	-1000.00000	-45.890	109.370	49.970	-1000.00000
-49.806	88.799	44.901	-1000.00000	-45.890	111.240	51.114	-1000.00000
-49.806	90.669	45.329	-1000.00000	-45.890	113.110	52.299	-1000.00000
-49.806	92.539	45.830	-1000.00000	-45.890	114.980	53.523	-1000.00000
-49.806	94.409	46.400	-1000.00000	-45.890	116.850	54.784	-1000.00000
-49.806	96.279	47.038	-1000.00000	-45.890	118.720	56.078	-1000.00000
-49.806	98.149	47.741	-1000.00000	-45.890	120.590	57.405	-1000.00000
-49.806	100.019	48.505	-1000.00000	-45.890	122.460	58.761	-1000.00000
-49.806	101.889	49.329	-1000.00000	-45.890	124.330	60.144	-1000.00000
-49.806	103.759	50.209	-1000.00000	-45.890	126.200	61.553	-1000.00000
-49.806	105.629	51.142	-1000.00000	-43.932	86.929	38.771	-1000.00000
-49.806	107.500	52.125	-1000.00000	-43.932	88.799	39.176	-1000.00000
-49.806	109.370	53.157	-1000.00000	-43.932	90.669	39.666	-1000.00000
-49.806	111.240	54.233	-1000.00000	-43.932	92.539	40.237	-1000.00000
-49.806	113.110	55.351	-1000.00000	-43.932	94.409	40.885	-1000.00000
-49.806	114.980	56.509	-1000.00000	-43.932	96.279	41.608	-1000.00000
-49.806	116.850	57.704	-1000.00000	-43.932	98.149	42.401	-1000.00000
-49.806	118.720	58.935	-1000.00000	-43.932	100.019	43.260	-1000.00000
-49.806	120.590	60.199	-1000.00000	-43.932	101.889	44.181	-1000.00000
-49.806	122.460	61.493	-1000.00000	-43.932	103.759	45.162	-1000.00000
-49.806	124.330	62.816	-1000.00000	-43.932	105.629	46.197	-1000.00000
-49.806	126.200	64.167	-1000.00000	-43.932	107.500	47.283	-1000.00000
-47.848	86.929	42.619	-1000.00000	-43.932	109.370	48.418	-1000.00000
-47.848	88.799	42.989	-1000.00000	-43.932	111.240	49.597	-1000.00000
-47.848	90.669	43.435	-1000.00000	-43.932	113.110	50.817	-1000.00000
-47.848	92.539	43.957	-1000.00000	-43.932	114.980	52.076	-1000.00000
-47.848	94.409	44.552	-1000.00000	-43.932	116.850	53.371	-1000.00000
-47.848	96.279	45.216	-1000.00000	-43.932	118.720	54.699	-1000.00000
-47.848	98.149	45.946	-1000.00000	-43.932	120.590	56.058	-1000.00000
-47.848	100.019	46.740	-1000.00000	-43.932	122.460	57.446	-1000.00000
-47.848	101.889	47.594	-1000.00000	-43.932	124.330	58.860	-1000.00000
-47.848	103.759	48.506	-1000.00000	-43.932	126.200	60.300	-1000.00000
-47.848	105.629	49.471	-1000.00000	-41.974	86.929	36.852	-1000.00000
-47.848	107.500	50.487	-1000.00000	-41.974	88.799	37.278	-1000.00000
-47.848	109.370	51.551	-1000.00000	-41.974	90.669	37.793	-1000.00000
-47.848	111.240	52.660	-1000.00000	-41.974	92.539	38.391	-1000.00000
-47.848	113.110	53.811	-1000.00000	-41.974	94.409	39.070	-1000.00000
-47.848	114.980	55.001	-1000.00000	-41.974	96.279	39.826	-1000.00000
-47.848	116.850	56.229	-1000.00000	-41.974	98.149	40.653	-1000.00000
-47.848	118.720	57.491	-1000.00000	-41.974	100.019	41.549	-1000.00000
-47.848	120.590	58.786	-1000.00000	-41.974	101.889	42.507	-1000.00000
-47.848	122.460	60.110	-1000.00000	-41.974	103.759	43.525	-1000.00000
-47.848	124.330	61.464	-1000.00000	-41.974	105.629	44.598	-1000.00000
-47.848	126.200	62.843	-1000.00000	-41.974	107.500	45.723	-1000.00000
-45.890	86.929	40.693	-1000.00000	-41.974	109.370	46.895	-1000.00000
-45.890	88.799	41.080	-1000.00000	-41.974	111.240	48.111	-1000.00000
-45.890	90.669	41.547	-1000.00000	-41.974	113.110	49.369	-1000.00000
-45.890	92.539	42.093	-1000.00000	-41.974	114.980	50.664	-1000.00000
-45.890	94.409	42.713	-1000.00000	-41.974	116.850	51.994	-1000.00000
-45.890	96.279	43.405	-1000.00000	-41.974	118.720	53.356	-1000.00000
-45.890	98.149	44.166	-1000.00000	-41.974	120.590	54.748	-1000.00000
-45.890	100.019	44.991	-1000.00000	-41.974	122.460	56.169	-1000.00000
-45.890	101.889	45.878	-1000.00000	-41.974	124.330	57.614	-1000.00000
-45.890	103.759	46.823	-1000.00000	-41.974	126.200	59.084	-1000.00000
-45.890	105.629	47.822	-1000.00000	-40.015	86.929	34.937	-1000.00000
-45.890	107.500	48.872	-1000.00000	-40.015	88.799	35.387	-1000.00000
				-40.015	90.669	35.928	-1000.00000
				-40.015	92.539	36.557	-1000.00000
				-40.015	94.409	37.270	-1000.00000

<b>MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011
---	--------------------------------------	------------------	---------------------------

-40.015	96.279	38.061	-1000.00000	-34.141	88.799	29.764	-1000.00000
-40.015	98.149	38.926	-1000.00000	-34.141	90.669	30.406	-1000.00000
-40.015	100.019	39.860	-1000.00000	-34.141	92.539	31.147	-1000.00000
-40.015	101.889	40.859	-1000.00000	-34.141	94.409	31.980	-1000.00000
-40.015	103.759	41.917	-1000.00000	-34.141	96.279	32.899	-1000.00000
-40.015	105.629	43.030	-1000.00000	-34.141	98.149	33.896	-1000.00000
-40.015	107.500	44.194	-1000.00000	-34.141	100.019	34.964	-1000.00000
-40.015	109.370	45.406	-1000.00000	-34.141	101.889	36.098	-1000.00000
-40.015	111.240	46.661	-1000.00000	-34.141	103.759	37.292	-1000.00000
-40.015	113.110	47.956	-1000.00000	-34.141	105.629	38.539	-1000.00000
-40.015	114.980	49.288	-1000.00000	-34.141	107.500	39.835	-1000.00000
-40.015	116.850	50.655	-1000.00000	-34.141	109.370	41.175	-1000.00000
-40.015	118.720	52.052	-1000.00000	-34.141	111.240	42.555	-1000.00000
-40.015	120.590	53.478	-1000.00000	-34.141	113.110	43.971	-1000.00000
-40.015	122.460	54.931	-1000.00000	-34.141	114.980	45.420	-1000.00000
-40.015	124.330	56.409	-1000.00000	-34.141	116.850	46.899	-1000.00000
-40.015	126.200	57.909	-1000.00000	-34.141	118.720	48.405	-1000.00000
-38.057	86.929	33.027	-1000.00000	-34.141	120.590	49.936	-1000.00000
-38.057	88.799	33.503	-1000.00000	-34.141	122.460	51.489	-1000.00000
-38.057	90.669	34.074	-1000.00000	-34.141	124.330	53.063	-1000.00000
-38.057	92.539	34.737	-1000.00000	-34.141	126.200	54.655	-1000.00000
-38.057	94.409	35.486	-1000.00000	-32.183	86.929	27.340	-1000.00000
-38.057	96.279	36.316	-1000.00000	-32.183	88.799	27.913	-1000.00000
-38.057	98.149	37.222	-1000.00000	-32.183	90.669	28.596	-1000.00000
-38.057	100.019	38.198	-1000.00000	-32.183	92.539	29.383	-1000.00000
-38.057	101.889	39.238	-1000.00000	-32.183	94.409	30.265	-1000.00000
-38.057	103.759	40.339	-1000.00000	-32.183	96.279	31.234	-1000.00000
-38.057	105.629	41.495	-1000.00000	-32.183	98.149	32.282	-1000.00000
-38.057	107.500	42.701	-1000.00000	-32.183	100.019	33.403	-1000.00000
-38.057	109.370	43.954	-1000.00000	-32.183	101.889	34.588	-1000.00000
-38.057	111.240	45.249	-1000.00000	-32.183	103.759	35.832	-1000.00000
-38.057	113.110	46.584	-1000.00000	-32.183	105.629	37.128	-1000.00000
-38.057	114.980	47.954	-1000.00000	-32.183	107.500	38.471	-1000.00000
-38.057	116.850	49.357	-1000.00000	-32.183	109.370	39.857	-1000.00000
-38.057	118.720	50.790	-1000.00000	-32.183	111.240	41.281	-1000.00000
-38.057	120.590	52.251	-1000.00000	-32.183	113.110	42.740	-1000.00000
-38.057	122.460	53.737	-1000.00000	-32.183	114.980	44.229	-1000.00000
-38.057	124.330	55.247	-1000.00000	-32.183	116.850	45.747	-1000.00000
-38.057	126.200	56.778	-1000.00000	-32.183	118.720	47.290	-1000.00000
-36.099	86.929	31.124	-1000.00000	-32.183	120.590	48.855	-1000.00000
-36.099	88.799	31.628	-1000.00000	-32.183	122.460	50.442	-1000.00000
-36.099	90.669	32.233	-1000.00000	-32.183	124.330	52.047	-1000.00000
-36.099	92.539	32.933	-1000.00000	-32.183	126.200	53.669	-1000.00000
-36.099	94.409	33.722	-1000.00000	-30.225	86.929	25.463	-1000.00000
-36.099	96.279	34.594	-1000.00000	-30.225	88.799	26.077	-1000.00000
-36.099	98.149	35.544	-1000.00000	-30.225	90.669	26.807	-1000.00000
-36.099	100.019	36.564	-1000.00000	-30.225	92.539	27.645	-1000.00000
-36.099	101.889	37.650	-1000.00000	-30.225	94.409	28.580	-1000.00000
-36.099	103.759	38.796	-1000.00000	-30.225	96.279	29.605	-1000.00000
-36.099	105.629	39.996	-1000.00000	-30.225	98.149	30.709	-1000.00000
-36.099	107.500	41.246	-1000.00000	-30.225	100.019	31.885	-1000.00000
-36.099	109.370	42.542	-1000.00000	-30.225	101.889	33.124	-1000.00000
-36.099	111.240	43.879	-1000.00000	-30.225	103.759	34.421	-1000.00000
-36.099	113.110	45.254	-1000.00000	-30.225	105.629	35.768	-1000.00000
-36.099	114.980	46.663	-1000.00000	-30.225	107.500	37.161	-1000.00000
-36.099	116.850	48.104	-1000.00000	-30.225	109.370	38.594	-1000.00000
-36.099	118.720	49.573	-1000.00000	-30.225	111.240	40.063	-1000.00000
-36.099	120.590	51.069	-1000.00000	-30.225	113.110	41.564	-1000.00000
-36.099	122.460	52.589	-1000.00000	-30.225	114.980	43.095	-1000.00000
-36.099	124.330	54.130	-1000.00000	-30.225	116.850	44.651	-1000.00000
-36.099	126.200	55.692	-1000.00000	-30.225	118.720	46.230	-1000.00000
-34.141	86.929	29.228	-1000.00000	-30.225	120.590	47.830	-1000.00000

MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0659\_F0

Rev Data  
F0 20/06/2011

-30.225	122.460	49.449	-1000.00000	-24.351	114.980	40.073	3.69742
-30.225	124.330	51.086	-1000.00000	-24.351	116.850	41.742	3.65461
-30.225	126.200	52.738	-1000.00000	-24.351	118.720	43.427	3.61888
-28.267	86.929	23.600	-1000.00000	-24.351	120.590	45.127	3.58927
-28.267	88.799	24.260	-1000.00000	-24.351	122.460	46.840	3.56520
-28.267	90.669	25.044	-1000.00000	-24.351	124.330	48.564	3.54581
-28.267	92.539	25.938	-1000.00000	-24.351	126.200	50.299	3.53273
-28.267	94.409	26.933	-1000.00000	-22.393	86.929	19.023	7.34572
-28.267	96.279	28.018	-1000.00000	-22.393	88.799	18.981	6.35807
-28.267	98.149	29.182	-1000.00000	-22.393	90.669	19.972	5.59065
-28.267	100.019	30.417	-1000.00000	-22.393	92.539	21.083	5.02302
-28.267	101.889	31.714	-1000.00000	-22.393	94.409	22.296	4.55421
-28.267	103.759	33.066	-1000.00000	-22.393	96.279	23.595	4.24164
-28.267	105.629	34.466	-1000.00000	-22.393	98.149	24.966	4.00781
-28.267	107.500	35.910	-1000.00000	-22.393	100.019	26.399	3.82498
-28.267	109.370	37.391	-1000.00000	-22.393	101.889	27.883	3.68071
-28.267	111.240	38.905	-1000.00000	-22.393	103.759	29.412	3.56108
-28.267	113.110	40.449	-1000.00000	-22.393	105.629	30.978	3.47166
-28.267	114.980	42.020	-1000.00000	-22.393	107.500	32.576	3.39983
-28.267	116.850	43.615	-1000.00000	-22.393	109.370	34.202	3.34200
-28.267	118.720	45.230	-1000.00000	-22.393	111.240	35.851	3.29565
-28.267	120.590	46.865	-1000.00000	-22.393	113.110	37.521	3.25917
-28.267	122.460	48.516	-1000.00000	-22.393	114.980	39.210	3.23594
-28.267	124.330	50.183	-1000.00000	-22.393	116.850	40.914	3.22086
-28.267	126.200	51.864	-1000.00000	-22.393	118.720	42.632	3.21090
-26.309	86.929	21.753	-112.00000	-22.393	120.590	44.362	3.20084
-26.309	88.799	24.060	9.57344	-22.393	122.460	46.103	3.20050
-26.309	90.669	24.341	8.55735	-22.393	124.330	47.854	3.20325
-26.309	92.539	24.270	7.69518	-22.393	126.200	49.614	3.20844
-26.309	94.409	25.331	6.99835	-20.434	86.929	16.367	5.76019
-26.309	96.279	26.481	6.44595	-20.434	88.799	17.306	4.99983
-26.309	98.149	27.710	5.94609	-20.434	90.669	18.388	4.42484
-26.309	100.019	29.007	5.59573	-20.434	92.539	19.589	4.16966
-26.309	101.889	30.365	5.30817	-20.434	94.409	20.889	3.67119
-26.309	103.759	31.774	5.06934	-20.434	96.279	22.270	3.45636
-26.309	105.629	33.229	4.86923	-20.434	98.149	23.718	3.29436
-26.309	107.500	34.724	4.70036	-20.434	100.019	25.222	3.17164
-26.309	109.370	36.253	4.55739	-20.434	101.889	26.772	3.07973
-26.309	111.240	37.813	4.43869	-20.434	103.759	28.360	3.01334
-26.309	113.110	39.400	4.33608	-20.434	105.629	29.981	2.96839
-26.309	114.980	41.011	4.24784	-20.434	107.500	31.630	2.93617
-26.309	116.850	42.644	-1000.00000	-20.434	109.370	33.302	2.91393
-26.309	118.720	44.294	-1000.00000	-20.434	111.240	34.994	2.89932
-26.309	120.590	45.962	-1000.00000	-20.434	113.110	36.703	2.89175
-26.309	122.460	47.645	-1000.00000	-20.434	114.980	38.427	2.89039
-26.309	124.330	49.341	-1000.00000	-20.434	116.850	40.164	2.89284
-26.309	126.200	51.050	-1000.00000	-20.434	118.720	41.913	2.89840
-24.351	86.929	19.927	-112.00000	-20.434	120.590	43.672	2.90683
-24.351	88.799	21.730	7.93293	-20.434	122.460	45.440	2.91849
-24.351	90.669	21.618	6.98883	-20.434	124.330	47.215	2.93720
-24.351	92.539	22.648	6.26557	-20.434	126.200	48.998	2.95732
-24.351	94.409	23.781	5.70958	-18.476	86.929	14.656	4.46282
-24.351	96.279	25.003	5.22759	-18.476	88.799	15.697	3.88953
-24.351	98.149	26.301	4.89342	-18.476	90.669	16.883	3.42317
-24.351	100.019	27.665	4.62530	-18.476	92.539	18.184	3.14913
-24.351	101.889	29.085	4.40816	-18.476	94.409	19.577	2.96271
-24.351	103.759	30.553	4.23262	-18.476	96.279	21.044	2.82462
-24.351	105.629	32.063	4.09716	-18.476	98.149	22.571	2.73546
-24.351	107.500	33.610	3.97491	-18.476	100.019	24.146	2.67374
-24.351	109.370	35.188	3.88480	-18.476	101.889	25.761	2.63191
-24.351	111.240	36.793	3.81024	-18.476	103.759	27.408	2.60431
-24.351	113.110	38.423	3.74866	-18.476	105.629	29.082	2.59285

<p>MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>Codice documento CS0659_F0</p>	<p>Rev F0</p>	<p>Data 20/06/2011</p>
---	---------------------------------------	-------------------	----------------------------

-18.476	107.500	30.779	2.58674	-14.560	98.149	20.646	2.07659
-18.476	109.370	32.495	2.59067	-14.560	100.019	22.357	2.09845
-18.476	111.240	34.226	2.60294	-14.560	101.889	24.092	2.12707
-18.476	113.110	35.972	2.61911	-14.560	103.759	25.846	2.16003
-18.476	114.980	37.730	2.63825	-14.560	105.629	27.615	2.20134
-18.476	116.850	39.498	2.65951	-14.560	107.500	29.396	2.24453
-18.476	118.720	41.275	2.68229	-14.560	109.370	31.188	2.28514
-18.476	120.590	43.060	2.70623	-14.560	111.240	32.989	2.33209
-18.476	122.460	44.851	2.73133	-14.560	113.110	34.797	2.37939
-18.476	124.330	46.649	2.75886	-14.560	114.980	36.611	2.42678
-18.476	126.200	48.453	2.79082	-14.560	116.850	38.430	2.47404
-16.518	86.929	13.014	3.40889	-14.560	118.720	40.255	2.51659
-16.518	88.799	14.177	2.96607	-14.560	120.590	42.083	2.54599
-16.518	90.669	15.479	2.70085	-14.560	122.460	43.914	2.59206
-16.518	92.539	16.888	2.53490	-14.560	124.330	45.749	2.63822
-16.518	94.409	18.380	2.42451	-14.560	126.200	47.587	2.67990
-16.518	96.279	19.935	2.36505	-12.602	86.929	10.075	2.05497
-16.518	98.149	21.541	2.33129	-12.602	88.799	11.538	1.93850
-16.518	100.019	23.186	2.31448	-12.602	90.669	13.105	1.88246
-16.518	101.889	24.863	2.31380	-12.602	92.539	14.743	1.87727
-16.518	103.759	26.566	2.32239	-12.602	94.409	16.431	1.89710
-16.518	105.629	28.290	2.33725	-12.602	96.279	18.154	1.93023
-16.518	107.500	30.032	2.35646	-12.602	98.149	19.904	1.97604
-16.518	109.370	31.788	2.38474	-12.602	100.019	21.674	2.02664
-16.518	111.240	33.556	2.41611	-12.602	101.889	23.459	2.07612
-16.518	113.110	35.335	2.44939	-12.602	103.759	25.257	2.13241
-16.518	114.980	37.123	2.48406	-12.602	105.629	27.065	2.18895
-16.518	116.850	38.919	2.51925	-12.602	107.500	28.880	2.24545
-16.518	118.720	40.721	2.55479	-12.602	109.370	30.702	2.30172
-16.518	120.590	42.529	2.59062	-12.602	111.240	32.530	2.35742
-16.518	122.460	44.342	2.62673	-12.602	113.110	34.362	2.41222
-16.518	124.330	46.160	2.65490	-12.602	114.980	36.198	2.44661
-16.518	126.200	47.982	2.68618	-12.602	116.850	38.037	2.50005
-14.560	86.929	11.472	2.60898	-12.602	118.720	39.879	2.55261
-14.560	88.799	12.776	2.32888	-12.602	120.590	41.724	2.60427
-14.560	90.669	14.207	2.17779	-12.602	122.460	43.570	2.65507
-14.560	92.539	15.731	2.10492	-12.602	124.330	45.419	2.66746
-14.560	94.409	17.322	2.07384	-12.602	126.200	47.269	2.65799
-14.560	96.279	18.965	2.06498				

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
<b>MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<b>Codice documento</b> CS0659_F0	<b>Rev</b> F0	<b>Data</b> 20/06/2011

### 11.3 Input SLIDE rel. 05– Analisi in fase sismica

#### Slide Analysis Information

##### Document Name

File Name: Muro sostegno asse C 1+698 1+798-sismica.sli

##### Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Failure Direction: Right to Left  
Units of Measurement: SI Units  
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Groundwater Method: Water Surfaces  
Data Output: Standard  
Calculate Excess Pore Pressure: Off  
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off  
Random Numbers: Pseudo-random Seed  
Random Number Seed: 10116  
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

##### Analysis Methods

Analysis Methods used:  
Bishop simplified  
Janbu simplified  
Ordinary/Fellenius  
Spencer

Number of slices: 25  
Tolerance: 0.005  
Maximum number of iterations: 50

##### Surface Options

Surface Type: Circular  
Search Method: Grid Search  
Radius increment: 10  
Composite Surfaces: Disabled  
Reverse Curvature: Create Tension Crack  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth: Not Defined

##### Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.109  
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0545

##### Material Properties

**Material: rilevato**  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Friction Angle: 32 degrees  
Water Surface: None

##### Material: c.a.

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 25 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 50 kPa  
Friction Angle: 40 degrees  
Water Surface: None

**Material: Dep di Versante**  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Friction Angle: 30 degrees  
Water Surface: None

##### List of All Coordinates

##### Material Boundary

-11.898 79.408  
-11.898 80.808

##### Material Boundary

-9.148 87.808  
-8.614 81.741  
-8.498 80.458  
-5.898 80.408  
-5.898 79.408  
-5.898 79.408

##### Material Boundary

-11.898 79.408  
-5.898 79.408

##### Material Boundary

-8.614 81.741  
4.415 82.998  
9.323 86.271  
11.32386.271  
13.63087.808

##### Material Boundary

4.415 82.998  
48.82382.998

##### External Boundary

48.82391.271  
18.82391.271  
13.63087.808  
5.790 87.808  
-6.308 87.808  
-9.148 87.808  
-9.898 87.808  
-9.898 80.808  
-11.898 80.808  
-49.898 80.808  
-49.898 40.808  
48.82340.808  
48.82382.998

##### Focus/Block Search Line

-5.898 40.808  
-5.898 79.408

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<u>Search Grid</u>	86.929	-12.602	86.929
-49.806		-12.602	126.200
		-49.806	126.200

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11.4 Output SLIDE rel. 05– Analisi in fase sismica

Raw Data for Minimum Circle Results							
Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety				
-49.806	86.929	44.548	-1000.00000	-45.890	109.370	49.970	-1000.00000
-49.806	88.799	44.901	-1000.00000	-45.890	111.240	51.114	-1000.00000
-49.806	90.669	45.329	-1000.00000	-45.890	113.110	52.299	-1000.00000
-49.806	92.539	45.830	-1000.00000	-45.890	114.980	53.523	-1000.00000
-49.806	94.409	46.400	-1000.00000	-45.890	116.850	54.784	-1000.00000
-49.806	96.279	47.038	-1000.00000	-45.890	118.720	56.078	-1000.00000
-49.806	98.149	47.741	-1000.00000	-45.890	120.590	57.405	-1000.00000
-49.806	100.019	48.505	-1000.00000	-45.890	122.460	58.761	-1000.00000
-49.806	101.889	49.329	-1000.00000	-45.890	124.330	60.144	-1000.00000
-49.806	103.759	50.209	-1000.00000	-45.890	126.200	61.553	-1000.00000
-49.806	105.629	51.142	-1000.00000	-43.932	86.929	38.771	-1000.00000
-49.806	107.500	52.125	-1000.00000	-43.932	88.799	39.176	-1000.00000
-49.806	109.370	53.157	-1000.00000	-43.932	90.669	39.666	-1000.00000
-49.806	111.240	54.233	-1000.00000	-43.932	92.539	40.237	-1000.00000
-49.806	113.110	55.351	-1000.00000	-43.932	94.409	40.885	-1000.00000
-49.806	114.980	56.509	-1000.00000	-43.932	96.279	41.608	-1000.00000
-49.806	116.850	57.704	-1000.00000	-43.932	98.149	42.401	-1000.00000
-49.806	118.720	58.935	-1000.00000	-43.932	100.019	43.260	-1000.00000
-49.806	120.590	60.199	-1000.00000	-43.932	101.889	44.181	-1000.00000
-49.806	122.460	61.493	-1000.00000	-43.932	103.759	45.162	-1000.00000
-49.806	124.330	62.816	-1000.00000	-43.932	105.629	46.197	-1000.00000
-49.806	126.200	64.167	-1000.00000	-43.932	107.500	47.283	-1000.00000
-47.848	86.929	42.619	-1000.00000	-43.932	109.370	48.418	-1000.00000
-47.848	88.799	42.989	-1000.00000	-43.932	111.240	49.597	-1000.00000
-47.848	90.669	43.435	-1000.00000	-43.932	113.110	50.817	-1000.00000
-47.848	92.539	43.957	-1000.00000	-43.932	114.980	52.076	-1000.00000
-47.848	94.409	44.552	-1000.00000	-43.932	116.850	53.371	-1000.00000
-47.848	96.279	45.216	-1000.00000	-43.932	118.720	54.699	-1000.00000
-47.848	98.149	45.946	-1000.00000	-43.932	120.590	56.058	-1000.00000
-47.848	100.019	46.740	-1000.00000	-43.932	122.460	57.446	-1000.00000
-47.848	101.889	47.594	-1000.00000	-43.932	124.330	58.860	-1000.00000
-47.848	103.759	48.506	-1000.00000	-43.932	126.200	60.300	-1000.00000
-47.848	105.629	49.471	-1000.00000	-41.974	86.929	36.852	-1000.00000
-47.848	107.500	50.487	-1000.00000	-41.974	88.799	37.278	-1000.00000
-47.848	109.370	51.551	-1000.00000	-41.974	90.669	37.793	-1000.00000
-47.848	111.240	52.660	-1000.00000	-41.974	92.539	38.391	-1000.00000
-47.848	113.110	53.811	-1000.00000	-41.974	94.409	39.070	-1000.00000
-47.848	114.980	55.001	-1000.00000	-41.974	96.279	39.826	-1000.00000
-47.848	116.850	56.229	-1000.00000	-41.974	98.149	40.653	-1000.00000
-47.848	118.720	57.491	-1000.00000	-41.974	100.019	41.549	-1000.00000
-47.848	120.590	58.786	-1000.00000	-41.974	101.889	42.507	-1000.00000
-47.848	122.460	60.110	-1000.00000	-41.974	103.759	43.525	-1000.00000
-47.848	124.330	61.464	-1000.00000	-41.974	105.629	44.598	-1000.00000
-47.848	126.200	62.843	-1000.00000	-41.974	107.500	45.723	-1000.00000
-45.890	86.929	40.693	-1000.00000	-41.974	109.370	46.895	-1000.00000
-45.890	88.799	41.080	-1000.00000	-41.974	111.240	48.111	-1000.00000
-45.890	90.669	41.547	-1000.00000	-41.974	113.110	49.369	-1000.00000
-45.890	92.539	42.093	-1000.00000	-41.974	114.980	50.664	-1000.00000
-45.890	94.409	42.713	-1000.00000	-41.974	116.850	51.994	-1000.00000
-45.890	96.279	43.405	-1000.00000	-41.974	118.720	53.356	-1000.00000
-45.890	98.149	44.166	-1000.00000	-41.974	120.590	54.748	-1000.00000
-45.890	100.019	44.991	-1000.00000	-41.974	122.460	56.169	-1000.00000
-45.890	101.889	45.878	-1000.00000	-41.974	124.330	57.614	-1000.00000
-45.890	103.759	46.823	-1000.00000	-41.974	126.200	59.084	-1000.00000
-45.890	105.629	47.822	-1000.00000	-40.015	86.929	34.937	-1000.00000
-45.890	107.500	48.872	-1000.00000	-40.015	88.799	35.387	-1000.00000
				-40.015	90.669	35.928	-1000.00000
				-40.015	92.539	36.557	-1000.00000
				-40.015	94.409	37.270	-1000.00000

MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798 RELAZIONE DI CALCOLO	Codice documento CS0659_F0	Rev F0	Data 20/06/2011
---	-------------------------------	-----------	--------------------

-40.015	96.279	38.061	-1000.00000	-34.141	88.799	29.764	-1000.00000
-40.015	98.149	38.926	-1000.00000	-34.141	90.669	30.406	-1000.00000
-40.015	100.019	39.860	-1000.00000	-34.141	92.539	31.147	-1000.00000
-40.015	101.889	40.859	-1000.00000	-34.141	94.409	31.980	-1000.00000
-40.015	103.759	41.917	-1000.00000	-34.141	96.279	32.899	-1000.00000
-40.015	105.629	43.030	-1000.00000	-34.141	98.149	33.896	-1000.00000
-40.015	107.500	44.194	-1000.00000	-34.141	100.019	34.964	-1000.00000
-40.015	109.370	45.406	-1000.00000	-34.141	101.889	36.098	-1000.00000
-40.015	111.240	46.661	-1000.00000	-34.141	103.759	37.292	-1000.00000
-40.015	113.110	47.956	-1000.00000	-34.141	105.629	38.539	-1000.00000
-40.015	114.980	49.288	-1000.00000	-34.141	107.500	39.835	-1000.00000
-40.015	116.850	50.655	-1000.00000	-34.141	109.370	41.175	-1000.00000
-40.015	118.720	52.052	-1000.00000	-34.141	111.240	42.555	-1000.00000
-40.015	120.590	53.478	-1000.00000	-34.141	113.110	43.971	-1000.00000
-40.015	122.460	54.931	-1000.00000	-34.141	114.980	45.420	-1000.00000
-40.015	124.330	56.409	-1000.00000	-34.141	116.850	46.899	-1000.00000
-40.015	126.200	57.909	-1000.00000	-34.141	118.720	48.405	-1000.00000
-38.057	86.929	33.027	-1000.00000	-34.141	120.590	49.936	-1000.00000
-38.057	88.799	33.503	-1000.00000	-34.141	122.460	51.489	-1000.00000
-38.057	90.669	34.074	-1000.00000	-34.141	124.330	53.063	-1000.00000
-38.057	92.539	34.737	-1000.00000	-34.141	126.200	54.655	-1000.00000
-38.057	94.409	35.486	-1000.00000	-32.183	86.929	27.340	-1000.00000
-38.057	96.279	36.316	-1000.00000	-32.183	88.799	27.913	-1000.00000
-38.057	98.149	37.222	-1000.00000	-32.183	90.669	28.596	-1000.00000
-38.057	100.019	38.198	-1000.00000	-32.183	92.539	29.383	-1000.00000
-38.057	101.889	39.238	-1000.00000	-32.183	94.409	30.265	-1000.00000
-38.057	103.759	40.339	-1000.00000	-32.183	96.279	31.234	-1000.00000
-38.057	105.629	41.495	-1000.00000	-32.183	98.149	32.282	-1000.00000
-38.057	107.500	42.701	-1000.00000	-32.183	100.019	33.403	-1000.00000
-38.057	109.370	43.954	-1000.00000	-32.183	101.889	34.588	-1000.00000
-38.057	111.240	45.249	-1000.00000	-32.183	103.759	35.832	-1000.00000
-38.057	113.110	46.584	-1000.00000	-32.183	105.629	37.128	-1000.00000
-38.057	114.980	47.954	-1000.00000	-32.183	107.500	38.471	-1000.00000
-38.057	116.850	49.357	-1000.00000	-32.183	109.370	39.857	-1000.00000
-38.057	118.720	50.790	-1000.00000	-32.183	111.240	41.281	-1000.00000
-38.057	120.590	52.251	-1000.00000	-32.183	113.110	42.740	-1000.00000
-38.057	122.460	53.737	-1000.00000	-32.183	114.980	44.229	-1000.00000
-38.057	124.330	55.247	-1000.00000	-32.183	116.850	45.747	-1000.00000
-38.057	126.200	56.778	-1000.00000	-32.183	118.720	47.290	-1000.00000
-36.099	86.929	31.124	-1000.00000	-32.183	120.590	48.855	-1000.00000
-36.099	88.799	31.628	-1000.00000	-32.183	122.460	50.442	-1000.00000
-36.099	90.669	32.233	-1000.00000	-32.183	124.330	52.047	-1000.00000
-36.099	92.539	32.933	-1000.00000	-32.183	126.200	53.669	-1000.00000
-36.099	94.409	33.722	-1000.00000	-30.225	86.929	25.463	-1000.00000
-36.099	96.279	34.594	-1000.00000	-30.225	88.799	26.077	-1000.00000
-36.099	98.149	35.544	-1000.00000	-30.225	90.669	26.807	-1000.00000
-36.099	100.019	36.564	-1000.00000	-30.225	92.539	27.645	-1000.00000
-36.099	101.889	37.650	-1000.00000	-30.225	94.409	28.580	-1000.00000
-36.099	103.759	38.796	-1000.00000	-30.225	96.279	29.605	-1000.00000
-36.099	105.629	39.996	-1000.00000	-30.225	98.149	30.709	-1000.00000
-36.099	107.500	41.246	-1000.00000	-30.225	100.019	31.885	-1000.00000
-36.099	109.370	42.542	-1000.00000	-30.225	101.889	33.124	-1000.00000
-36.099	111.240	43.879	-1000.00000	-30.225	103.759	34.421	-1000.00000
-36.099	113.110	45.254	-1000.00000	-30.225	105.629	35.768	-1000.00000
-36.099	114.980	46.663	-1000.00000	-30.225	107.500	37.161	-1000.00000
-36.099	116.850	48.104	-1000.00000	-30.225	109.370	38.594	-1000.00000
-36.099	118.720	49.573	-1000.00000	-30.225	111.240	40.063	-1000.00000
-36.099	120.590	51.069	-1000.00000	-30.225	113.110	41.564	-1000.00000
-36.099	122.460	52.589	-1000.00000	-30.225	114.980	43.095	-1000.00000
-36.099	124.330	54.130	-1000.00000	-30.225	116.850	44.651	-1000.00000
-36.099	126.200	55.692	-1000.00000	-30.225	118.720	46.230	-1000.00000
-34.141	86.929	29.228	-1000.00000	-30.225	120.590	47.830	-1000.00000

MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0659\_F0

Rev  
F0

Data  
20/06/2011

-30.225	122.460	49.449	-1000.00000	-24.351	114.980	40.073	2.26633
-30.225	124.330	51.086	-1000.00000	-24.351	116.850	41.742	2.23922
-30.225	126.200	52.738	-1000.00000	-24.351	118.720	43.427	2.21600
-28.267	86.929	23.600	-1000.00000	-24.351	120.590	45.127	2.19614
-28.267	88.799	24.260	-1000.00000	-24.351	122.460	46.840	2.17926
-28.267	90.669	25.044	-1000.00000	-24.351	124.330	48.564	2.16493
-28.267	92.539	25.938	-1000.00000	-24.351	126.200	50.299	2.15372
-28.267	94.409	26.933	-1000.00000	-22.393	86.929	18.129	4.39216
-28.267	96.279	28.018	-1000.00000	-22.393	88.799	18.981	3.86232
-28.267	98.149	29.182	-1000.00000	-22.393	90.669	19.972	3.44970
-28.267	100.019	30.417	-1000.00000	-22.393	92.539	21.083	3.13715
-28.267	101.889	31.714	-1000.00000	-22.393	94.409	22.296	2.88134
-28.267	103.759	33.066	-1000.00000	-22.393	96.279	23.595	2.70012
-28.267	105.629	34.466	-1000.00000	-22.393	98.149	24.966	2.56114
-28.267	107.500	35.910	-1000.00000	-22.393	100.019	26.399	2.45076
-28.267	109.370	37.391	-1000.00000	-22.393	101.889	27.883	2.36225
-28.267	111.240	38.905	-1000.00000	-22.393	103.759	29.412	2.28865
-28.267	113.110	40.449	-1000.00000	-22.393	105.629	30.978	2.23131
-28.267	114.980	42.020	-1000.00000	-22.393	107.500	32.576	2.18426
-28.267	116.850	43.615	-1000.00000	-22.393	109.370	34.202	2.14545
-28.267	118.720	45.230	-1000.00000	-22.393	111.240	35.851	2.11339
-28.267	120.590	46.865	-1000.00000	-22.393	113.110	37.521	2.08708
-28.267	122.460	48.516	-1000.00000	-22.393	114.980	39.210	2.06784
-28.267	124.330	50.183	-1000.00000	-22.393	116.850	40.914	2.05316
-28.267	126.200	51.864	-1000.00000	-22.393	118.720	42.632	2.04154
-26.309	86.929	23.116	5.59759	-22.393	120.590	44.362	2.03058
-26.309	88.799	22.786	5.00794	-22.393	122.460	46.103	2.02443
-26.309	90.669	23.311	4.51055	-22.393	124.330	47.854	2.02010
-26.309	92.539	24.270	4.11356	-22.393	126.200	49.614	2.01724
-26.309	94.409	25.331	3.79883	-20.434	86.929	16.367	3.74639
-26.309	96.279	26.481	3.54479	-20.434	88.799	17.306	3.28615
-26.309	98.149	27.710	3.32059	-20.434	90.669	18.388	2.93777
-26.309	100.019	29.007	3.15282	-20.434	92.539	19.589	2.79091
-26.309	101.889	30.365	3.01351	-20.434	94.409	20.889	2.47395
-26.309	103.759	31.774	2.89666	-20.434	96.279	22.270	2.33349
-26.309	105.629	33.229	2.79786	-20.434	98.149	23.718	2.22559
-26.309	107.500	34.724	2.71374	-20.434	100.019	25.222	2.14235
-26.309	109.370	36.253	2.64185	-20.434	101.889	26.772	2.07781
-26.309	111.240	37.813	2.58137	-20.434	103.759	28.360	2.02890
-26.309	113.110	39.400	2.52854	-20.434	105.629	29.981	1.99296
-26.309	114.980	41.011	2.48268	-20.434	107.500	31.630	1.96516
-26.309	116.850	42.644	-1000.00000	-20.434	109.370	33.302	1.94376
-26.309	118.720	44.294	-1000.00000	-20.434	111.240	34.994	1.92732
-26.309	120.590	45.962	-1000.00000	-20.434	113.110	36.703	1.91540
-26.309	122.460	47.645	-1000.00000	-20.434	114.980	38.427	1.90721
-26.309	124.330	49.341	-1000.00000	-20.434	116.850	40.164	1.90153
-26.309	126.200	51.050	-1000.00000	-20.434	118.720	41.913	1.89790
-24.351	86.929	19.927	5.02070	-20.434	120.590	43.672	1.89610
-24.351	88.799	20.705	4.44232	-20.434	122.460	45.440	1.89623
-24.351	90.669	21.618	3.98220	-20.434	124.330	47.215	1.90002
-24.351	92.539	22.648	3.62568	-20.434	126.200	48.998	1.90471
-24.351	94.409	23.781	3.34593	-18.476	86.929	14.656	3.13261
-24.351	96.279	25.003	3.10741	-18.476	88.799	15.697	2.74390
-24.351	98.149	26.301	2.93189	-18.476	90.669	16.883	2.43673
-24.351	100.019	27.665	2.78927	-18.476	92.539	18.184	2.24324
-24.351	101.889	29.085	2.67233	-18.476	94.409	19.577	2.10735
-24.351	103.759	30.553	2.57639	-18.476	96.279	21.044	2.00530
-24.351	105.629	32.063	2.50010	-18.476	98.149	22.571	1.93479
-24.351	107.500	33.610	2.43233	-18.476	100.019	24.146	1.88312
-24.351	109.370	35.188	2.37972	-18.476	101.889	25.761	1.84521
-24.351	111.240	36.793	2.33543	-18.476	103.759	27.408	1.81758
-24.351	113.110	38.423	2.29805	-18.476	105.629	29.082	1.80020

<b>MURO SOSTEGNO ASSE C DA PK 1+698 A PK 1+798</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0659_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011
---	--------------------------------------	------------------	---------------------------

-18.476	107.500	30.779	1.78689	-12.602	100.019	21.674	1.50485
-18.476	109.370	32.495	1.78001	-12.602	101.889	23.459	1.52358
-18.476	111.240	34.226	1.77837	-12.602	103.759	25.257	1.54698
-18.476	113.110	35.972	1.77941	-12.602	105.629	27.065	1.57079
-18.476	114.980	37.730	1.78250	-12.602	107.500	28.880	1.59470
-18.476	116.850	39.498	1.78708	-12.602	109.370	30.702	1.61854
-18.476	118.720	41.275	1.79278	-12.602	111.240	32.530	1.64206
-18.476	120.590	43.060	1.79933	-12.602	113.110	34.362	1.66504
-18.476	122.460	44.851	1.80669	-12.602	114.980	36.198	1.67503
-18.476	124.330	46.649	1.81542	-12.602	116.850	38.037	1.69697
-18.476	126.200	48.453	1.82644	-12.602	118.720	39.879	1.71854
-16.518	86.929	13.014	2.56137	-12.602	120.590	41.724	1.73954
-16.518	88.799	14.177	2.23287	-12.602	122.460	43.570	1.76282
-16.518	90.669	15.479	2.02713	-12.602	124.330	45.419	1.76282
-16.518	92.539	16.888	1.89268	-12.602	126.200	47.269	1.75660
-16.518	94.409	18.380	1.80040				
-16.518	96.279	19.935	1.74346				
-16.518	98.149	21.541	1.70573				
-16.518	100.019	23.186	1.68099				
-16.518	101.889	24.863	1.66769				
-16.518	103.759	26.566	1.66131				
-16.518	105.629	28.290	1.65969				
-16.518	107.500	30.032	1.66145				
-16.518	109.370	31.788	1.66898				
-16.518	111.240	33.556	1.67869				
-16.518	113.110	35.335	1.68979				
-16.518	114.980	37.123	1.70189				
-16.518	116.850	38.919	1.71447				
-16.518	118.720	40.721	1.72737				
-16.518	120.590	42.529	1.74054				
-16.518	122.460	44.342	1.75392				
-16.518	124.330	46.160	1.76194				
-16.518	126.200	47.982	1.77193				
-14.560	86.929	11.472	2.07322				
-14.560	88.799	12.776	1.83752				
-14.560	90.669	14.207	1.70166				
-14.560	92.539	15.731	1.62592				
-14.560	94.409	17.322	1.58349				
-14.560	96.279	18.965	1.55953				
-14.560	98.149	20.646	1.55122				
-14.560	100.019	22.357	1.55123				
-14.560	101.889	24.092	1.55674				
-14.560	103.759	25.846	1.56587				
-14.560	105.629	27.615	1.58068				
-14.560	107.500	29.396	1.59700				
-14.560	109.370	31.188	1.61218				
-14.560	111.240	32.989	1.63116				
-14.560	113.110	34.797	1.65041				
-14.560	114.980	36.611	1.66975				
-14.560	116.850	38.430	1.68901				
-14.560	118.720	40.255	1.70536				
-14.560	120.590	42.083	1.71344				
-14.560	122.460	43.914	1.73181				
-14.560	124.330	45.749	1.75032				
-14.560	126.200	47.587	1.76667				
-12.602	86.929	10.075	1.70463				
-12.602	88.799	11.538	1.57588				
-12.602	90.669	13.105	1.50428				
-12.602	92.539	14.743	1.47523				
-12.602	94.409	16.431	1.46762				
-12.602	96.279	18.154	1.47182				
-12.602	98.149	19.904	1.48623				