

# 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></p> <p>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 SICILIA	SS0537_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 P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226	
	RELAZIONE DI CALCOLO	

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	C	L	D	S	S	C	0	0	G	0	0	0	0	0	0	0	1	8	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

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 P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## INDICE

INDICE .....	3
1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	5
2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	6
2.1 Riferimenti normativi.....	6
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 .....	16
7 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' .....	18
8 FASI COSTRUTTIVE.....	21
9 ANALISI MURI DI SOSTEGNO PREFABBRICATI .....	22
9.1 Classificazione delle azioni.....	22
9.2 Combinazioni delle azioni .....	22
9.3 Caratteristiche geometriche del muro .....	23
9.4 Verifiche di stabilità e verifiche strutturali – SLU .....	24
9.4.1 Verifica a capacità portante .....	24
9.5 Verifiche S.L.E.....	25
9.5.1 Verifica a fessurazione .....	25
9.5.2 Verifica delle tensioni di esercizio .....	26
9.6 Verifiche pannello prefabbricato .....	27
9.6.1 Verifica a flessione nel piano verticale .....	27

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

9.6.2	Verifica a flessione nel piano orizzontale .....	27
9.6.3	Verifica a taglio .....	28
9.7	Soletta di fondazione .....	29
9.7.1	Verifica a flessione.....	29
9.8	Verifiche .....	29
10	ANALISI DI STABILITA' .....	36
11	TABULATI DI CALCOLO.....	40
11.1	Input SLIDE rel. 05– Analisi in fase statica .....	40
11.2	Output SLIDE rel. 05– Analisi in fase statica.....	41
11.3	Input SLIDE rel. 05– Analisi in fase sismica.....	45
11.4	Output SLIDE rel. 05– Analisi in fase sismica .....	46

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<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 Sicilia, è prevista la realizzazione di un muro a sostegno della viabilità della Rampa 1, in area Piazzale di esazione, ubicato tra le progressive pk 0+100 e 0+226, in adiacenza alla cabina elettrica a servizio dell'infrastruttura autostradale.

L'opera in oggetto è costituita muri prefabbricati, rivestiti in pietrame, di altezza in elevazione variabile tra 3m e 8,5m 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 infiltrazione.

Nell'area in esame i terreni di fondazione sono costituiti principalmente dalla formazione delle sabbie e ghiaie di Messina.

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 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.

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 P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<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 P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<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>	
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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

#### Resistenze di calcolo a SLU:

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

#### Resistenze di calcolo a SLE:

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<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 P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<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 P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<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 viene considerata la resistenza passiva del terreno a valle del muro.

## 5.2 Ipotesi di calcolo

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> SS0537_F0.doc	<b>Rev</b> F0	<b>Data</b> 20/06/2011

		<b>Note</b>		
<b>Spinte terre</b>	$\delta$ (°)	2/3 $\phi$	angolo di attrito terra-muro (per muri prefabbricati e gettati in opera)	
	$q_{k\text{-statico}}$ (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		38.268	
			15.614	
	Tipo Suolo		C	
	VN (anni)		100	
	cu (-)		2	
	S.L.D.	ag/g	0.157	
		$F_0$	2.372	
		$T_e$ (s)	0.341	
		$S_s$	1.477	
	S.L.V.	ag/g	0.405	
		$F_0$	2.487	
$T_e$ (s)		0.421		
$S_s$		1.096		
$S_T$		1		
$\beta$ (-) SLV / SLD		0.24 (SLD) - 0.35 (SLV)		
teoria spinte in fase sismica		Mononobe & Okabe		
		SLV: coefficiente sismico valido per ag/g > 0.4		
<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>	3-4-5-6-7-8-8,5	Altezze dei pannelli prefabbricati	

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 6.1 Stratigrafia di progetto

La **litologia** prevalente è costituita dalla formazione delle Depositi Terrazzati Marini. I Depositi sono rappresentati da depositi marini sabbiosi e sabbioso ghiaiosi fortemente pedogenizzati in prossimità della superficie. I depositi dei terrazzi marini rappresentano terre da sciolte a debolmente coesive con cementazione da debole ad assente. L'età attribuibile ai terrazzi cartografati nell'area di intervento copre l'intervallo Pleistocene medio-superiore.

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

<b>Codice</b>	<b>Titolo del documento</b>
CG0800PRBDSSBC8G000000001	Relazione geotecnica generale versante Sicilia
CG0800PRGDSSBC6G000000003	Relazione idrogeologica
CG0800PN5DSSBC6G000000009 -10-11-12	Carta idrogeologica versante Sicilia
CG0800PF6DSSBC6ST000000001- 02-03-04-05-21-22-23-24	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Direzione Reggio Calabria
CG0800PF6DSSBC6ST000000011- 12-13-14-15-25-26-27-28	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Direzione Messina

Data l'esiguità delle prove, si è scelto di tenere conto anche delle prove effettuate nei sondaggi utilizzati per caratterizzare la zona dell'ancoraggio della tratta stradale e ferroviaria da 0 ad 1+0 km. I **sondaggi di riferimento** per la presente tratta sono S9 (campagna del 1984), S13 (campagna del 1987), AS-BH4, SPT8-AS, DMT1-AS, DMT2-AS (campagna del 1988), S102pz, S103pz e S104pz (campagna del 1992), SPPS00 e SPPS09 (campagna del 2002), S407, S408, S408bis, S409, S409bis, S411, ASLPT2508, ASCH1501, ASLPT3503, ASLPT3506, ASCH1504 (campagna del 2010).

Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

- Prove granulometriche (sondaggio S411, da PE101 a PE109) ;
- SPT (sondaggio S409) ;
- 1 prova Down Hole (sondaggio ASCH1504) ;
- 1 prova dilatometrica (DMT2-AS).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

In presenza di un esiguo numero di indagini locali per le caratteristiche granulometriche si fa riferimento alla caratterizzazione generale:

- Il valore di  $D_{50}$  è pari a 0.8 mm
- Il valore di  $D_{60}$  è pari a 2 mm
- Il valore di  $D_{10}$  è pari a 0.01 mm

Le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo e argilla sono rispettivamente di 39%, 45%, 12% e 8%. Il peso di volume dei grani medio  $\gamma_s$  è risultato pari a circa 26 kN/m<sup>3</sup>.

Per quanto concerne stato iniziale e parametri di resistenza si ha:

- **Dr:** I valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con il fattore correttivo  $C_{sg}=0.75$  corrispondente al  $d_{50}=0.8$ mm,
- **$e_o$ :** a partire dal  $d_{50}$  stimato si ottiene di  $e_{max}-e_{min}$  pari a 0.36 stimando per  $e_{max}$  un valore pari a 0.8 a partire dai valori di  $Dr$  è stato possibile determinare i valori di  $e_o$  in sito. Si ottiene il valore di  $e_o$  pari a 0.5-0.7.
- **$\gamma_d$ :** si ottiene un pari a 17-19 KN/m<sup>3</sup>.
- **$K_0$ :** si considera la relazione di Jaky.

<b>z(m)</b>	<b>Dr(%) Sabbie</b>	<b><math>\phi'_p</math> (pff=0-272kPa) (°)</b>	<b><math>\phi'_{cv}</math> (°)</b>	<b><math>K_0</math></b>
0-10	60-80	38-40	35-37	0.4-0.35

Come parametri operativi per l'angolo d'attrito si utilizzerà  $\phi' = 38$ .

Per i parametri di deformabilità non si hanno localmente a disposizione prove sismiche dalle quali ricavare leVs, e di conseguenza i parametri di deformabilità. Il range di variazione ottenuto in base alle correlazioni dalle prove SPT della tratta per il modulo  $G_0$ , per z che varia da 2 a 10 metri, è :

$$G_0 \approx 20 \div 100 \text{ MPa}$$

$$E_0 \approx 50 \div 250 \text{ MPa}$$

$$E' \approx 10 \div 20 / 40 \div 80 \text{ MPa (da 2 a 10 metri)}$$

Quest'ultimo range è relativo rispettivamente ad  $1/10 \div 1/5 E_0$  ed ad  $1/3 E_0$  corrispondenti rispettivamente a medie-grandi deformazioni ed a piccole deformazioni.

La tabella seguente riassume i parametri adottati nei calcoli in esame.

<b>livello</b>	<b><math>\gamma</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b><math>\phi_k</math> (°)</b>	<b><math>c'_k</math> (kPa)</b>	<b><math>c_{u-k}</math> (kPa)</b>	<b>E (MPa)</b>
----------------	---	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	----------------

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Rilevato	20	38	0	-	-
Depositi Terrazzati Marini	18	38	0	-	15

Data l'esiguità di indagini che raggiungano i primi 30 m di profondità per la caratterizzazione sismica del suolo, alla zona in esame si assegna cautelativamente la categoria di suolo sismico (secondo N.T.C. 2008) di classe **C**.

## 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  $2/3 \cdot \varphi$ .

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 sostegno).

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*

### 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:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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	0.32
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 P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<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° 16' 3.85" N
Long.	15° 36' 49.37" E

$a_{g-SLV}$	0.405
$a_{g-SLD}$	0.157

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, mentre la categoria topografica è T1 in quanto il rilievo considerato ha altezza inferiore a 30m; si ottengono quindi questi valori di  $a_{max}$ :

$S_{S-SLV}$	1.095
$S_{S-SLD}$	1.477
$S_T$	1
$a_{max-SLV}$	$a_{g-SLV} \cdot S_S \cdot S_T = 0.443$
$a_{max-SLD}$	$a_{g-SLD} \cdot S_S \cdot S_T = 0.232$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<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:

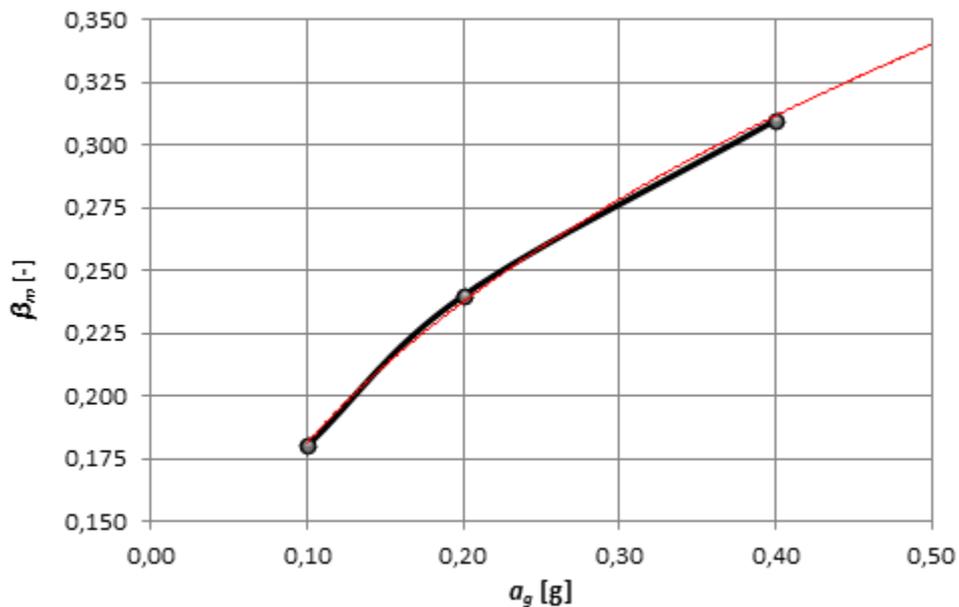


Figura 1: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di  $\beta_m$ .

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

Per SLD risulta:  $\beta_m = 0.24$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per le verifiche di stabilità globale dell'insieme terreno-opera si presenta lo stesso problema, in quanto anche in questo caso il valore del coefficiente  $\beta_m$  non può essere ottenuto direttamente dalla Tabella 7.11.I 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:

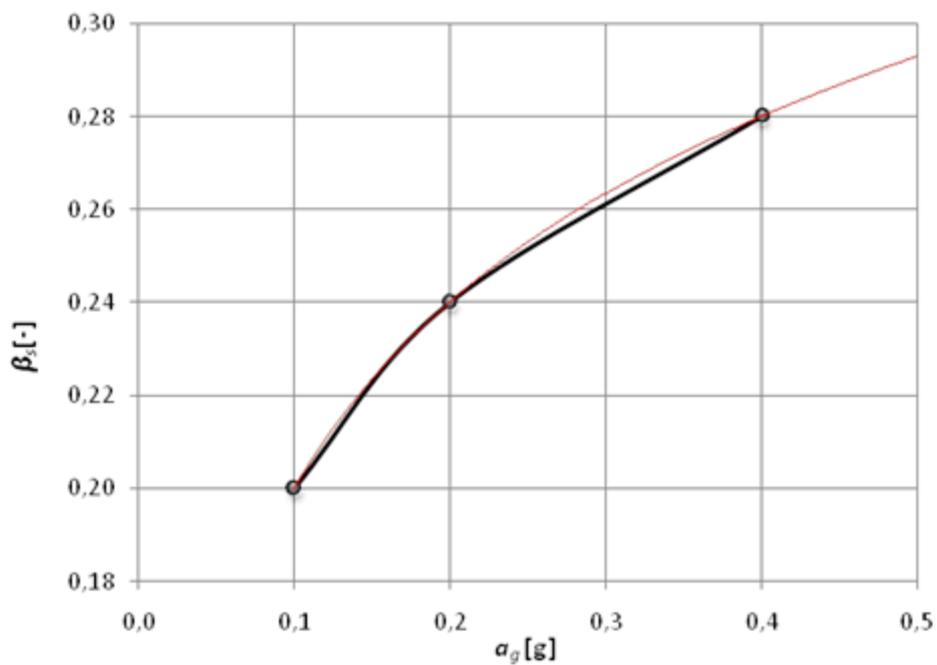


Figura 2: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di  $\beta_s$ .

Cautelativamente si è assunto  $\beta_s = 0.30$ .

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<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.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 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.I 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

### 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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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:

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		
	$i_c$	$iq -(1-iq)/(Nq-1)$	Hansen e Vesic
$i_\gamma$	$(1-(0,7*H)/(N+B'*c*\cotg\phi))^5$	Hansen	
$i_q$	$(1-(0,5*H)/(N+B'*c*\cotgf))^5$	Hansen	

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	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)

$F_s$  = 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 di esposizione XF4; le caratteristiche vengono descritte nel precedente capitolo sui materiali utilizzati.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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

- Condizioni ambientali aggressive
- Armature poco sensibili

quindi

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

## 9.5.2 Verifica delle tensioni di esercizio

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

### 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:

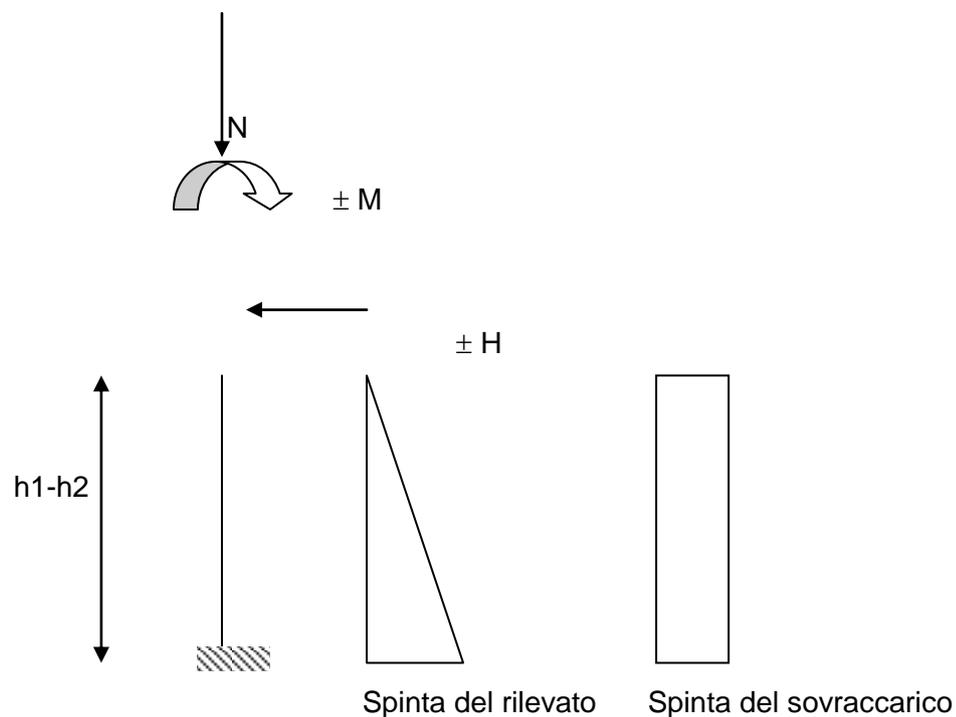
$$\sigma_s < 0,8 f_{yk} \quad (4.1.42)$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 9.6 Verifiche pannello prefabbricato

### 9.6.1 Verifica a flessione nel piano verticale

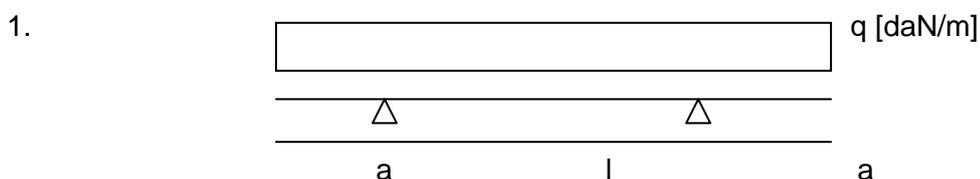
Si adotta lo schema statico di mensola incastrata nella fondazione, secondo lo schema seguente:



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"

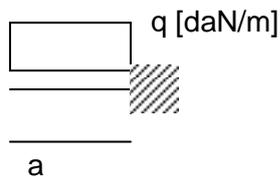
### 9.6.2 Verifica a flessione nel piano orizzontale

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

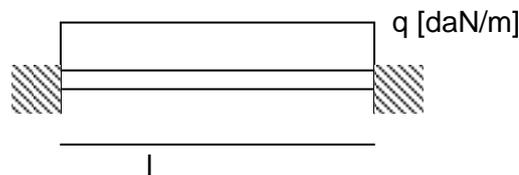


		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.



3.



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 P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^3\theta) \quad (4.1.19)$$

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.

## 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.

**RELAZIONE TECNICA PER MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO** H = 3,30 m

Approccio 1 Muro Tipo T

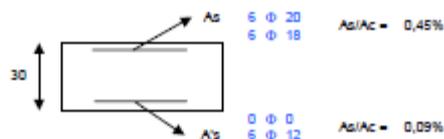
**1 DATI DI PROGETTO**

1a)	<b>Dati geotecnici</b>				
	Angolo di attrito interno	grad	φ	38	
	Peso specifico	daN / m <sup>3</sup>	γ	2.000	
	Angolo di attrito terra - muro (valore prudenziale)	grad	δ	25	
	Angolo di inclinazione piano di campagna	grad	ε	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	500	
	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		Cu	2	SLD
	Vita Nominale	anni	Vn	100	100
	Periodo di Riferimento	anni	Vr	200	200
	Tempo di Ritorno	anni	Tr	1.898	201
	Accelerazione orizzontale massima su un sito rigido	[g]	ag(g)	0,405	0,157
	fattore di amplificazione spettrale		F0	2,487	2,372
	periodo d'inizio	sec	Tc*	0,421	0,341
	Categoria sottosuolo			C	C
	Categoria topografica			T1	T1
	Fattore di amplificazione stratigrafica		Ss	1,096	1,477
	Fattore di amplificazione topografica		St	1,00	1,00
1d)	<b>Morfologia del muro</b>				
	Altezza del muro	m	h1	3,30	
	Distanza tra il punto di ribaltamento e il baricentro dell'elemento prefabbricato	m	X <sub>G</sub>	0,53	
	Distanza tra il baricentro del pannello e la soletta	m		0,13	
	Peso elemento prefabbricato	daN	P	2.675	
	Angolo di inclinazione parete prefabbricato rispetto orizzontale	grad	β	90	
	Larghezza elemento prefabbricato	m	b1	2,50	
	Dimensione appoggio muro	m	appoggio	0,66	
	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	0,30	
	Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	m	h3	0,30	
	Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	m	h4	0,30	
	Larghezza fondazione	m	l	2,70	
	Dimensione sbalzo anteriore	m	sbalzo	0,40	
	Larghezza soletta fondazione a monte	m	l1	2,20	
	Larghezza soletta fuori nervatura	m	fo	1,70	
	Larghezza sottofondazione	m	lf	0,00	
	Altezza sottofondazione	m	hf	0,00	
	Sbalzo a valle sottofondazione	m	slbf	0,00	
1f)	<b>Dati geotecnici terreno di fondazione</b>				
	Angolo di attrito interno	grad	φ	38	
	Peso specifico	daN / m <sup>3</sup>	γ	1.800	
	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	A2+M2	$K_T$	1,45	> 1,00
2b)	<b>Verifica a ribaltamento</b>	combinazione dimensionante	EQ	$K_R$	1,60	> 1,00
2c)	<b>Verifica a capacità portante</b>	combinazione dimensionante	A2+M2	$K_p$	1,21	> 1,00
				$\sigma_{max}$	1,72	daN / cm <sup>2</sup>
				$\sigma_{min}$	0,00	daN / cm <sup>2</sup>

**3 VERIFICHE FONDAZIONE**



MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
SS0537\_F0.doc

Rev F0  
Data 20/06/2011

3a)	<u>Verifica fondazione di monte 3LU (sezione d'inoastro)</u> <u>Verifica fondazione di monte 3ISMICO (sezione d'inoastro)</u>	$M_u/M_d$ $M_u/M_d$	1,11 2,01
3b)	<u>Verifica fondazione di valle 3LU (sezione d'inoastro)</u> <u>Verifica fondazione di valle 3ISMICO (sezione d'inoastro)</u>	$M_u/M_d$ $M_u/M_d$	2,28 3,07
3c)	<u>Verifica fondazione di monte 3LE RARA (sezione d'inoastro)</u>	$\sigma_1$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_4$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	-10 < $\sigma_1$ lim 150 -312 < $\sigma_4$ lim 3520
	<u>Verifica fondazione di monte 3LE FREQUENTE (sezione d'inoastro)</u>	Mcr [daNm]	8.211 > Me -3281,8
	<u>Verifica fondazione di monte 3LE QUASI PERMANENTE (sezione d'inoastro)</u>	$\sigma_1$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	-14 < $\sigma_1$ lim 112,5 8.211 > Me -3568,1
	<u>Verifica fondazione di monte 3ISMICO 3LD (sezione d'inoastro)</u>	$\sigma_1$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_4$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	42 < $\sigma_1$ lim 150 1.254 < $\sigma_4$ lim 3520

**4 VERIFICHE PREFABBRICATO :**

4a) Verifica prefabbricato



AF'	4	Ø 12		
AF 1	4	Ø 22		
AF 2	4	Ø 22	L 2	2,30 m
AF 3	4	Ø 12	L 3	1,48 m
AF 4	0	Ø 0	L 4	0,00 m
AF 5	0	Ø 0	L 5	0,00 m

3LU										STAFFE		diam. [mm]		passo [cm]	
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>s</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	K <sub>a</sub>	M <sub>u</sub>	M <sub>u</sub> /M <sub>d</sub>	V <sub>red</sub>						
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN/m	daN	daN/m	daN/m	>1.00	daN						
150	30	15.21	4.52	11449	1338	14256	1.25	10942	36290	8420					
164	32,7	15.21	4.52	12574	1459	15782	1,25	12119	40191	9026					
177	35,5	19.73	4.52	13777	1581	22253	1,62	13299	44104	9656					
300	60,0	19.73	4.52	28652	2675	40357	1,41	23917	79321	16399					

3ISMICO										STAFFE		diam. [mm]		passo [cm]	
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>s</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	K <sub>a</sub>	M <sub>u</sub>	M <sub>u</sub> /M <sub>d</sub>	V <sub>red</sub>						
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN/m	daN	daN/m	daN/m	>1.00	daN						
150	30	15.21	4.52	13394	1338	14256	1,05	10942	36290	10425					
164	32,7	15.21	4.52	14905	1459	15782	1,05	12119	40191	11244					
177	35,5	19.73	4.52	16536	1581	22253	1,35	13299	44104	12092					
300	60,0	19.73	4.52	37110	2675	40357	1,09	23917	79321	21026					

3LE										FREQUENTE			RARA		
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>s</sub>	K <sub>a</sub>	Mcr	am	Me	am	wk<0,3	σ <sub>c</sub> <210	σ <sub>c</sub> <3520				
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN/m	daN	mm	daN/m	mm	mm	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>				
150	30	15.21	4.52	4048	-	1599	-	-	Mcr>Me	12	556				
164	32,7	15.21	4.52	4640	-	1963	-	-	Mcr>Me	13	610				
177	35,5	19.73	4.52	6184	0	2374	-	-	Mcr>Me	12	519				
300	60,0	19.73	4.52	13663	-	8597	-	-	Mcr>Me	17	1025				

QUASI PERMANENTE				
Me	am=cm	wk	σ <sub>c</sub> <157,5	σ <sub>c</sub>
daN/m	mm	mm	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>
1379	-	Mcr>Me	8	
1700	-	Mcr>Me	8	
2066	-	Mcr>Me	8	
7715	-	Mcr>Me	12	

4b)	<u>Verifica coelettta nel piano orizzontale 3LU</u> <u>Verifica coelettta nel piano orizzontale 3ISMICO</u>	10 Ø 6 $M_u/M_d$ $M_u/M_d$	2,29 1,74
	<u>Verifica coelettta nel piano orizzontale 3LE RARA</u>	$\sigma_1$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_4$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	31 < $\sigma_1$ lim 210 1.144 < $\sigma_4$ lim 3520
	<u>Verifica coelettta nel piano orizzontale 3LE FREQUENTE</u>	Mcr [daNm]	59 > Me 26
	<u>Verifica coelettta nel piano orizzontale 3LE QUASI PERMANENTE</u>	$\sigma_1$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	26 < $\sigma_1$ lim 157,5 59 > Me 24
	<u>Verifica coelettta nel piano orizzontale 3ISMICO 3LD</u>	$\sigma_1$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_4$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	40 < $\sigma_1$ lim 210 1.479 < $\sigma_4$ lim 3520

**RELAZIONE TECNICA PER MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO** H = 6,60 m

Approccio 1 Muro Tipo T

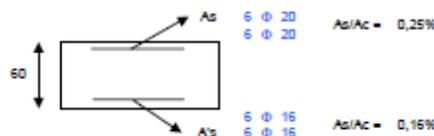
**1 DATI DI PROGETTO**

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	900	
	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		Cu	BLV	BLD
	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	0,405	0,157
	periodo d'inizio	sec	Tc'	2,487	2,372
	Categoria sottosuolo			0,421	0,341
	Categoria topografica			C	C
	Fattore di amplificazione stratigrafica		Ss	T1	T1
	Fattore di amplificazione topografica		St	1,096	1,477
				1,00	1,00
1d)	<b>Morfologia del muro</b>				
	Altezza del muro	m	h1	6,60	
	Distanza tra il punto di ribaltamento e il baricentro dell'elemento prefabbricato	m	X <sub>G</sub>	0,52	
	Distanza tra il baricentro del pannello e la soletta	m		0,22	
	Peso elemento prefabbricato	daN	P	6.550	
	Angolo di inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	gradi	b	90	
	Larghezza elemento prefabbricato	m	b1	2,50	
	Dimensione appoggio muro	m	appoggio	1,32	
	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	0,60	
	Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	m	h3	0,60	
	Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	m	h4	0,60	
	Larghezza fondazione	m	l	3,70	
	Dimensione sbalzo anteriore	m	sbalzo	0,70	
	Larghezza suola fondazione a monte	m	l1	2,90	
	Larghezza suola fuori nervatura	m	fo	1,80	
	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	$\phi$	38	
	Peso specifico	daN / m <sup>3</sup>	$\gamma$	1.800	
	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 trazione</b>	combinazione dimensionante	SISMICA	$k_T$	1,48	> 1,00
2b)	<b>Verifica a ribaltamento</b>	combinazione dimensionante	EQ	$k_R$	1,60	> 1,00
2c)	<b>Verifica a capacità portante</b>	combinazione dimensionante	SISMICAGEO	$k_p$	1,10	> 1,00
				$\sigma_{Tmax}$	3,21	daN / cm <sup>2</sup>
				$\sigma_{Tmin}$	0,00	daN / cm <sup>2</sup>

**3 VERIFICHE FONDAZIONE**



MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO

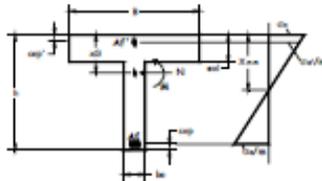
Codice documento  
SS0537\_F0.doc

Rev F0  
Data 20/06/2011

3a)	Verifica fondazione di monte 8LU (sezione d'Inoastro) Verifica fondazione di monte 8ISMICO (sezione d'Inoastro)	$M_u/M_d$ $M_u/M_d$	1,17 1,06
3b)	Verifica fondazione di valle 8LU (sezione d'Inoastro) Verifica fondazione di valle 8ISMICO (sezione d'Inoastro)	$M_u/M_d$ $M_u/M_d$	3,12 2,82
3c)	Verifica fondazione di monte 8LE RARA (sezione d'Inoastro)	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	9 < $\sigma_c$ lim 150 443 < $\sigma_c$ lim 3520
	Verifica fondazione di monte 8LE FREQUENTE (sezione d'Inoastro)	Mcr [daNm]	31.956 > Me 5702,49
	Verifica fondazione di monte 8LE QUASI PERMANENTE (sezione d'Inoastro)	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	5 < $\sigma_c$ lim 112,5 31.956 > Me 4466,58
	Verifica fondazione di monte 8ISMICO 8LD (sezione d'Inoastro)	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	53 < $\sigma_c$ lim 150 2.560 < $\sigma_c$ lim 3520

**4 VERIFICHE PREFABBRICATO :**

4a) Verifica prefabbricato



AF 1	4 $\phi$ 12	
AF 1	4 $\phi$ 22	
AF 2	4 $\phi$ 22	L 2 5,10 m
AF 3	4 $\phi$ 20	L 3 4,46 m
AF 4	4 $\phi$ 20	L 4 1,83 m
AF 5	0 $\phi$ 0	L 5 0,00 m

8LU							STAFFE			diam. [mm]	passo [cm]
d	h	$A_s$	$A_s$	$M_u$	$N_u$	$K_a$	$M_u/M_d$	Vred	Vhad	Vred	Vhad
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daNm	daN	daNm	>1.00	daN	daN	daN	daN
136	30	15,21	4,52	10396	1488	14183	1,36	19299	43203	7836	7836
164	32,7	15,21	4,52	12669	1786	15731	1,25	21403	47913	9023	9023
191	38,2	27,77	4,52	15054	2084	33592	2,23	25596	57300	10307	10307
464	92,7	40,34	4,52	62831	5061	130302	2,07	67532	151177	28402	28402
600	120,0	40,34	4,52	107513	5549	172070	1,50	88499	198116	41038	41038

8ISMICO							STAFFE			diam. [mm]	passo [cm]
d	h	$A_s$	$A_s$	$M_u$	$N_u$	$K_a$	$M_u/M_d$	Vred	Vhad	Vred	Vhad
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daNm	daN	daNm	>1.00	daN	daN	daN	daN
136	30	15,21	4,52	12408	1488	14183	1,14	19299	43203	10184	10184
164	32,7	15,21	4,52	15499	1786	15731	1,02	21403	47913	11896	11896
191	38,2	27,77	4,52	19087	2084	33592	1,76	25596	57300	13722	13722
464	92,7	40,34	4,52	89237	5061	130302	1,46	67532	151177	38248	38248
600	120,0	40,34	4,52	153933	5549	172070	1,12	88499	198116	54784	54784

8LE				FREQUENTE			RARA			
d	h	$A_s$	$A_s$	Mcr	mm	Me	mm	wk < 0,3	$\sigma_c$ < 210	$\sigma_c$ < 3520
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daNm	mm	daNm	mm	mm	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>
136	30	15,21	4,52	4234	-	1279	-	Mcr>Me	10	438
164	32,7	15,21	4,52	4861	-	1981	-	Mcr>Me	13	603
191	38,2	27,77	4,52	8930	0	2832	-	Mcr>Me	11	403
464	92,7	40,34	4,52	40186	0	26270	-	Mcr>Me	20	906
600	120,0	40,34	4,52	57924	-	52009	-	Mcr>Me	26	1322

QUASI PERMANENTE			
Me	mm-cm	wk < 0,2	$\sigma_c$ < 157,5
daNm	mm	mm	daN/cm <sup>2</sup>
1097	-	Mcr>Me	6
1699	-	Mcr>Me	8
2475	-	Mcr>Me	7
24154	-	Mcr>Me	15
48482	-	Mcr>Me	21

4b)	Verifica soletta nel piano orizzontale 8LU Verifica soletta nel piano orizzontale 8ISMICO	10 $\phi$ 6	$M_u/M_d$ $M_u/M_d$	1,41 1,09
	Verifica soletta nel piano orizzontale 8LE RARA	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	52 < $\sigma_c$ lim 210 1.920 < $\sigma_c$ lim 3520	
	Verifica soletta nel piano orizzontale 8LE FREQUENTE	Mcr [daNm]	117 > Me 91	
	Verifica soletta nel piano orizzontale 8LE QUASI PERMANENTE	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	47 < $\sigma_c$ lim 157,5 117 > Me 88	
	Verifica soletta nel piano orizzontale 8ISMICO 8LD	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	65 < $\sigma_c$ lim 210 2.433 < $\sigma_c$ lim 3520	

**RELAZIONE TECNICA PER MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO** **H = 10,10 m**

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

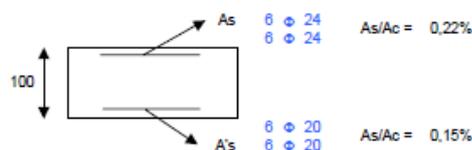
**1 DATI DI PROGETTO**

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>				
	Sovraaccarico variabile stradale / ferroviario	daN / m2	qa	2.000	
	Sovraaccarico permanente	daN / m2	qp	900	
	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	
	Sovraaccarico 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		F0	0,405	0,157
	periodo d'inizio	sec	Tc*	2,487	2,372
	Categoria sottosuolo			0,421	0,341
	Categoria topografica			C	C
	Fattore di amplificazione stratigrafica		Ss	T1	T1
	Fattore di amplificazione topografica		St	1,096	1,477
				1,00	1,00
1d)	<b>Morfologia del muro</b>				
	Altezza del muro	m	h1	10,10	
	Distanza tra il punto di ribaltamento e il baricentro dell'elemento prefabbricato	m	X <sub>G</sub>	1,97	
	Distanza tra il baricentro del pannello e la soletta	m		0,47	
	Peso elemento prefabbricato	daN	P	12.925	
	Angolo di inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	gradi	b	90	
	Larghezza elemento prefabbricato	m	b1	2,50	
	Dimensione appoggio muro	m	appoggio	2,02	
	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	1,00	
	Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	m	h3	1,00	
	Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	m	h4	1,00	
	Larghezza fondazione	m	l	5,60	
	Dimensione sbalzo anteriore	m	sbalzo	1,50	
	Larghezza suola fondazione a monte	m	l1	4,00	
	Larghezza suola fuori nervatura	m	fo	2,28	
	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 / m3	$\gamma$	1.800	
	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	SISMICA	$k_T$	1,44	> 1,00
2b)	<b>Verifica a ribaltamento</b>	combinazione dimensionante	SISMICA	$k_R$	1,84	> 1,00
2c)	<b>Verifica a capacità portante</b>	combinazione dimensionante	SISMICAGEO	$k_P$	1,15	> 1,00
				$\sigma_{max}$	4,13	daN / cm2
				$\sigma_{min}$	0,10	daN / cm2

**3 VERIFICHE FONDAZIONE**



MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
SS0537\_F0.doc

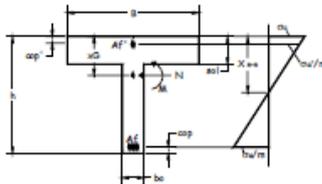
Rev  
F0

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>	$M_u, M_d$ $M_u, M_d$	1,47 1,04
3b)	<u>Verifica fondazione di valle SLU (sezione d'incastro)</u> <u>Verifica fondazione di valle SISMICO (sezione d'incastro)</u>	$M_u, M_d$ $M_u, M_d$	1,80 1,40
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> ]	7 < $\sigma_c$ lim 150 371 < $\sigma_s$ lim 3520
	<u>Verifica fondazione di monte SLE FREQUENTE (sezione d'incastro)</u>	Mcr [daNm]	88.252 > Me 12574,5
	<u>Verifica fondazione di monte SLE QUASI PERMANENTE (sezione d'incastro)</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	4 < $\sigma_c$ lim 112,5 88.252 > Me 10338,8
	<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> ]	48 < $\sigma_c$ lim 150 2.546 < $\sigma_s$ lim 3520

**4 VERIFICHE PREFABBRICATO :**

4a) Verifica prefabbricato



Af'	4 $\phi$ 12		
Af 1	4 $\phi$ 20		
Af 2	4 $\phi$ 24	L 2	8,60 m
Af 3	4 $\phi$ 22	L 3	7,03 m
Af 4	4 $\phi$ 22	L 4	4,46 m
Af 5	4 $\phi$ 24	L 5	2,40 m

SLU							Ka		STAFFE		
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>c</sub>	M <sub>sd</sub>	N <sub>sd</sub>	M <sub>u</sub>	M <sub>u</sub> /M <sub>sd</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	
124	30	12,57	4,52	8614	1762	11881	1,25	19222	43031	7333	
185	33,1	18,10	4,52	12724	2350	18883	1,48	21609	48374	9108	
207	41,4	33,30	4,52	16659	2937	43986	2,64	27969	62612	11100	
3	455	91,0	48,51	60540	6462	153094	2,53	66131	148041	27683	
4	703	140,6	66,60	153227	9987	333420	2,18	104292	233470	52189	
5	910	182,0	66,60	281792	12924	439495	1,56	136094	304661	78664	

SISMICO							Ka		STAFFE		
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>c</sub>	M <sub>sd</sub>	N <sub>sd</sub>	M <sub>u</sub>	M <sub>u</sub> /M <sub>sd</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	
124	30	12,57	4,52	11774	1762	11881	1,01	19222	43031	10301	
185	33,1	18,10	4,52	16791	2350	18883	1,12	21609	48374	13146	
207	41,4	33,30	4,52	23090	2937	43986	1,91	27969	62612	16251	
3	455	91,0	48,51	93891	6462	153094	1,63	66131	148041	40361	
4	703	140,6	66,60	238210	9987	333420	1,40	104292	233470	73862	
5	910	182,0	66,60	431547	12924	439495	1,02	136094	304661	108953	

SLE					Ka		FREQUENTE			RARA		
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>c</sub>	Mcr	zsm	Me	zsm	wk<0,3	$\sigma_c$ <210	$\sigma_s$ <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>		
124	30	12,57	4,52	3788	-	1028	-	Mcr>Me	9	405		
185	33,1	18,10	4,52	5470	-	2013	-	Mcr>Me	12	503		
207	41,4	33,30	4,52	11309	0	3434	-	Mcr>Me	11	390		
3	455	91,0	48,51	43507	0	25009	-	Mcr>Me	19	728		
4	703	140,6	66,60	94619	0	79785	-	Mcr>Me	29	1023		
5	910	182,0	66,60	134715	101	161544	0,00	0,07	40	1549		

QUASI PERMANENTE				
Me	zsm-zcm	wk	$\sigma_c$ <157,5	$\sigma_s$
daNm	mm	mm	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>
878	-	Mcr>Me	5	
1745	-	Mcr>Me	8	
3015	-	Mcr>Me	8	
22981	-	Mcr>Me	15	
74922	-	Mcr>Me	24	
153432	0,00	0,06	34	

4b)	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLU</u> <u>Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO</u>	15 $\phi$ 6	$M_u, M_d$ $M_u, M_d$	1,50 1,14
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE RARA</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	63 < $\sigma_c$ lim 210 1.845 < $\sigma_s$ lim 3520	
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE FREQUENTE</u>	wk [mm]	0 < 0,3	
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE QUASI PERMANENTE</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] wk [mm]	59 < $\sigma_c$ lim 157,5 0 < 0,3	
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO SLD</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	80 < $\sigma_c$ lim 210 2.330 < $\sigma_s$ lim 3520	

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<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.

Le verifiche sono state condotte applicando progressivamente fattori di sicurezza crescenti ai parametri di resistenza del terreno (coesione e angolo d'attrito); in ogni step di calcolo viene applicato il medesimo fattore di sicurezza sia alla coesione sia all'angolo d'attrito. Il procedimento iterativo viene eseguito in modo automatico dal programma di calcolo. Attraverso tale procedura è possibile rilevare il massimo valore del coefficiente che garantisce la stabilità del sistema. Il

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

coefficiente così trovato dovrà essere confrontato con il minimo richiesto dalla normativa, pari a 1.1.

Sono state affrontate le condizioni in fase statica e sismica assumendo le geometrie di scavo più sfavorevoli, corrispondenti ad un'altezza del muro di 8.5 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
Sabbie e ghiaie di Messina	19	32	0

Parametri geotecnici di progetto

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

$$\frac{a_g}{g} = 0.405$$

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

$$S_S = 1.096$$

$$S_T = 1.0$$

$$\beta_s = 0.30$$

$$\frac{a_{max}}{g} = 1.096 \cdot 1.0 \cdot 0.405 = 0.444$$

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} = 0.30 \cdot 0.444 = 0.133$$

$$k_v = \pm \frac{k_h}{2} = \pm 0.0666$$

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

$k_h$  = coefficiente sismico orizzontale

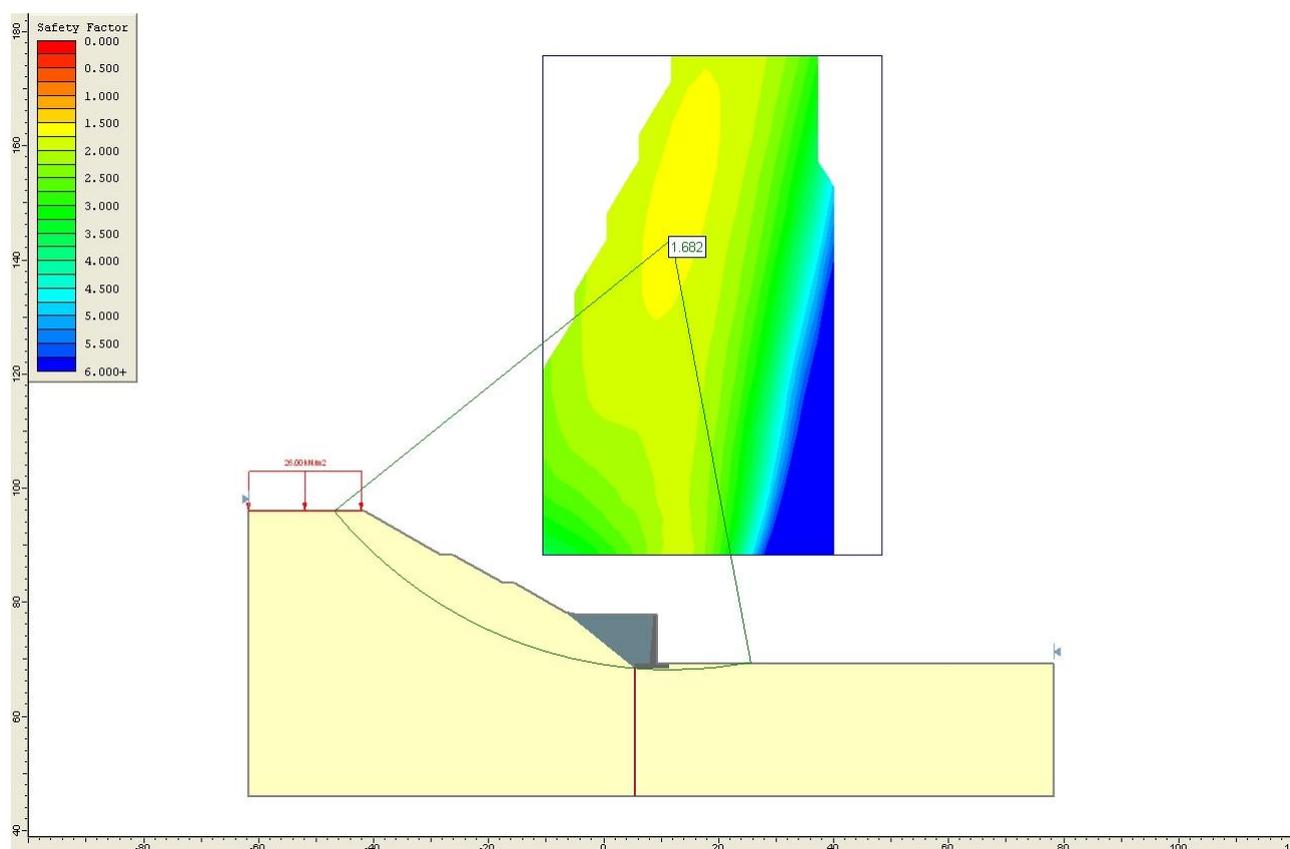
$k_v$  = coefficiente sismico verticale

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

Caso	Fattore di sicurezza globale
statico	1.682
sismico	1.204

Risultati analisi di stabilità

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



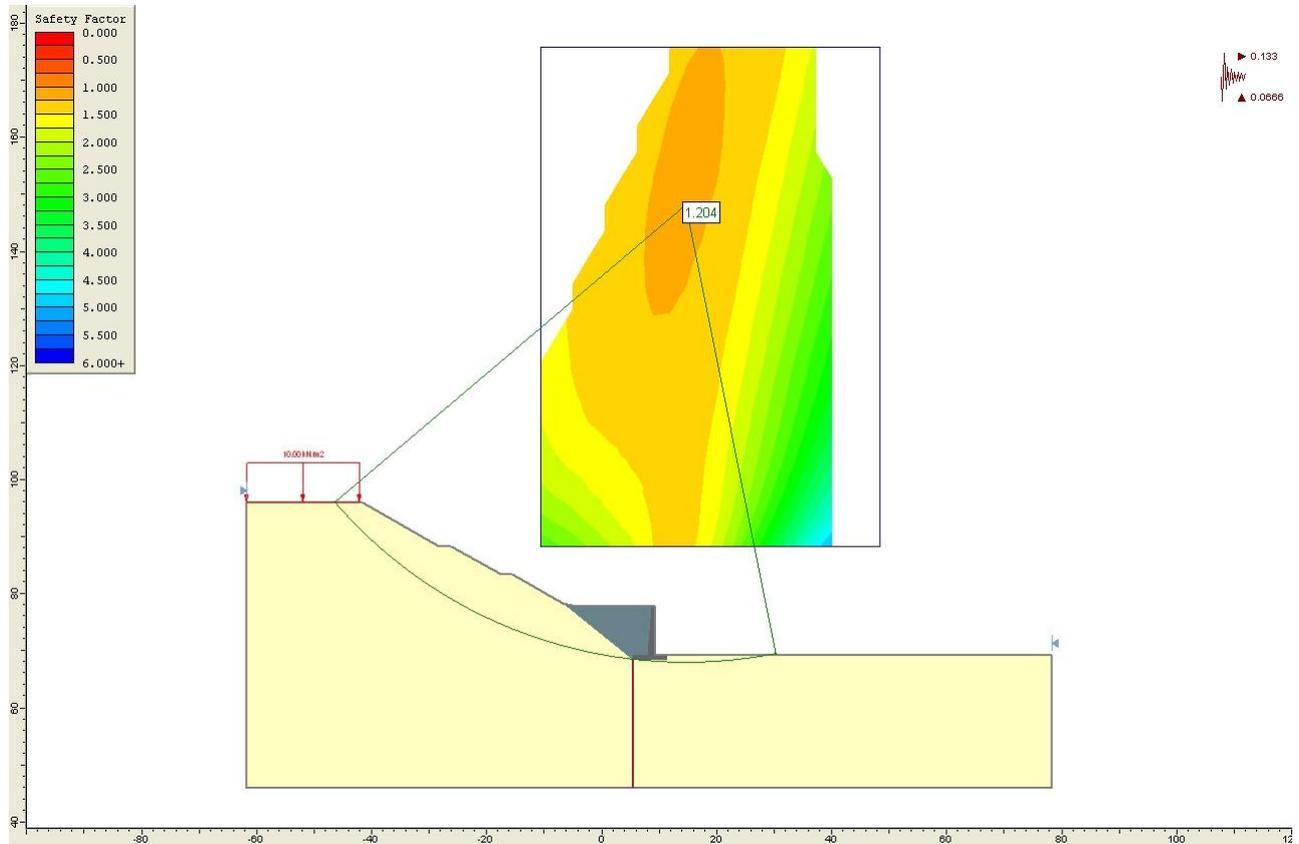
**Analisi di stabilità caso statico**

MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK  
0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
SS0537\_F0.doc

Rev  
F0

Data  
20/06/2011



**Analisi di stabilità caso sismico**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<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 P. Esazione 0+100 0+226-statica.sli

##### Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Failure Direction: Left to Right  
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

1 Distributed Load present:  
Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 26 kN/m<sup>2</sup>

##### Material Properties

Material: sabbEghiME  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Friction Angle: 32 degrees  
Water Surface: None

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

##### List of All Coordinates

##### Material Boundary

8.673	77.762
7.891	69.245
5.423	69.245
5.423	68.245
11.423	68.245
11.423	69.262

##### Material Boundary

-6.750	78.351
5.423	68.245

##### External Boundary

-41.635	96.000
-61.635	96.000
-61.635	56.000
-61.635	46.000
18.365	46.000
78.365	46.000
78.365	69.262
11.423	69.262
9.423	69.262
9.423	77.762
8.673	77.762
7.423	77.762
-4.500	77.762
-6.750	78.351
-15.500	83.351
-17.500	83.351
-26.250	88.351
-28.250	88.351

##### Focus/Block Search Line

5.441	46.008
5.441	68.266

##### Search Grid

-10.629	88.272
48.446	88.272
48.446	175.892
-10.629	175.892

##### Distributed Load

-42.076      96.000

-61.635      96.000

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

Raw Data for Minimum Circle Results								
Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety					
-10.629	88.272	33.483	3.62600	-5.002	166.669	98.956	-1000.00000	
-10.629	92.884	35.304	3.17138	-5.002	171.280	103.543	-1000.00000	
-10.629	97.495	36.530	2.83403	-5.002	175.892	108.132	-1000.00000	
-10.629	102.107		41.155 2.60616	-2.189	88.272	25.719	3.12309	
-10.629	106.719		44.383 2.46050	-2.189	92.884	30.117	2.74696	
-10.629	111.330		48.372 2.38032	-2.189	97.495	32.393	2.48527	
-10.629	115.942		52.623 2.33518	-2.189	102.107		36.883 2.29849	
-10.629	120.553		55.568 2.32731	-2.189	106.719		41.155 2.15693	
-10.629	125.165		59.125 -1000.00000	-2.189	111.330		45.349 2.04164	
-10.629	129.776		63.575 -1000.00000	-2.189	115.942		49.587 1.97587	
-10.629	134.388		68.047 -1000.00000	-2.189	120.553		53.865 1.95178	
-10.629	138.999		72.536 -1000.00000	-2.189	125.165		58.946 1.94342	
-10.629	143.611		77.040 -1000.00000	-2.189	129.776		63.055 1.93539	
-10.629	148.223		81.556 -1000.00000	-2.189	134.388		67.539 1.94724	
-10.629	152.834		86.082 -1000.00000	-2.189	138.999		72.095 1.96761	
-10.629	157.446		90.616 -1000.00000	-2.189	143.611		75.731 -1000.00000	
-10.629	162.057		95.158 -1000.00000	-2.189	148.223		80.320 -1000.00000	
-10.629	166.669		99.707 -1000.00000	-2.189	152.834		84.912 -1000.00000	
-10.629	171.280		104.261 -1000.00000	-2.189	157.446		89.506 -1000.00000	
-10.629	175.892		108.819 -1000.00000	-2.189	162.057		94.102 -1000.00000	
-7.816	88.272	30.088	3.50730	-2.189	166.669		98.699 -1000.00000	
-7.816	92.884	32.111	3.05494	-2.189	171.280		103.297 -1000.00000	
-7.816	97.495	36.067	2.70469	-2.189	175.892		107.897 -1000.00000	
-7.816	102.107		39.570 2.46233	0.624	88.272	24.970	2.91045	
-7.816	106.719		43.212 2.31870	0.624	92.884	27.289	2.56334	
-7.816	111.330		46.969 2.23774	0.624	97.495	31.833	2.35791	
-7.816	115.942		51.493 2.18887	0.624	102.107		36.395 2.21849	
-7.816	120.553		55.586 2.16806	0.624	106.719		40.968 2.10631	
-7.816	125.165		60.033 2.16092	0.624	111.330		45.252 2.00923	
-7.816	129.776		62.923 -1000.00000	0.624	115.942		49.519 1.92454	
-7.816	134.388		67.438 -1000.00000	0.624	120.553		53.819 1.87676	
-7.816	138.999		71.965 -1000.00000	0.624	125.165		58.148 1.85445	
-7.816	143.611		76.503 -1000.00000	0.624	129.776		62.504 1.84794	
-7.816	148.223		81.048 -1000.00000	0.624	134.388		66.883 1.86458	
-7.816	152.834		85.601 -1000.00000	0.624	138.999		71.668 1.87523	
-7.816	157.446		90.160 -1000.00000	0.624	143.611		76.109 1.89656	
-7.816	162.057		94.724 -1000.00000	0.624	148.223		80.479 1.93533	
-7.816	166.669		99.292 -1000.00000	0.624	152.834		84.706 -1000.00000	
-7.816	171.280		103.864 -1000.00000	0.624	157.446		89.310 -1000.00000	
-7.816	175.892		108.440 -1000.00000	0.624	162.057		93.915 -1000.00000	
-5.002	88.272	28.858	3.33802	0.624	166.669		98.521 -1000.00000	
-5.002	92.884	30.998	2.91244	0.624	171.280		103.127 -1000.00000	
-5.002	97.495	35.339	2.60526	0.624	175.892		107.734 -1000.00000	
-5.002	102.107		39.370 2.38101	3.437	88.272	22.327	2.64179	
-5.002	106.719		43.084 2.22900	3.437	92.884	26.922	2.41264	
-5.002	111.330		46.896 2.13308	3.437	97.495	31.521	2.24253	
-5.002	115.942		50.795 2.07305	3.437	102.107		36.124 2.14265	
-5.002	120.553		54.769 2.04441	3.437	106.719		40.729 2.06218	
-5.002	125.165		59.287 2.03653	3.437	111.330		45.319 1.98882	
-5.002	129.776		63.681 2.04163	3.437	115.942		49.600 1.91477	
-5.002	134.388		67.531 2.08186	3.437	120.553		53.909 1.84742	
-5.002	138.999		71.501 -1000.00000	3.437	125.165		58.245 1.81055	
-5.002	143.611		76.066 -1000.00000	3.437	129.776		62.605 1.79478	
-5.002	148.223		80.636 -1000.00000	3.437	134.388		66.987 1.79174	
-5.002	152.834		85.211 -1000.00000	3.437	138.999		71.389 1.79787	
-5.002	157.446		89.790 -1000.00000	3.437	143.611		75.808 1.81067	
-5.002	162.057		94.371 -1000.00000	3.437	148.223		80.507 1.83905	
				3.437	152.834		85.006 1.86276	
				3.437	157.446		89.203 -1000.00000	
				3.437	162.057		93.813 -1000.00000	

MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK  
0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento

SS0537\_F0.doc

Rev

F0

Data

20/06/2011

3.437	166.669		98.424	-1000.00000	14.689	97.495	30.658	1.98311		
3.437	171.280		103.034	-1000.00000	14.689	102.107		35.082	1.96539	
3.437	175.892		107.645	-1000.00000	14.689	106.719		39.549	1.93842	
6.250	88.272	22.248	2.39629		14.689	111.330		44.046	1.92754	
6.250	92.884	26.857	2.27053		14.689	115.942		48.565	1.89586	
6.250	97.495	31.466	2.17286		14.689	120.553		53.099	1.85789	
6.250	102.107		36.076	2.08124	14.689	125.165		57.646	1.83788	
6.250	106.719		40.687	2.02775	14.689	129.776		62.202	1.80834	
6.250	111.330		45.298	1.97674	14.689	134.388		66.766	1.77252	
6.250	115.942		49.827	1.92177	14.689	138.999		71.336	1.73399	
6.250	120.553		54.136	1.86010	14.689	143.611		75.911	1.69954	
6.250	125.165		58.469	1.80164	14.689	148.223		80.490	1.68510	
6.250	129.776		62.824	1.76940	14.689	152.834		85.073	1.68729	
6.250	134.388		67.201	1.75622	14.689	157.446		89.658	1.69552	
6.250	138.999		71.597	1.75433	14.689	162.057		94.247	1.71116	
6.250	143.611		76.012	1.76042	14.689	166.669		98.837	1.73134	
6.250	148.223		80.442	1.77293	14.689	171.280		103.429	1.75485	
6.250	152.834		84.887	1.79234	14.689	175.892		108.023	1.78068	
6.250	157.446		89.346	1.81589	17.502	88.272	23.361	2.20854		
6.250	162.057		93.969	1.84528	17.502	92.884	27.414	2.17349		
6.250	166.669		98.407	-1000.00000	17.502	97.495	31.621	2.17440		
6.250	171.280		103.018	-1000.00000	17.502	102.107		35.927	2.14817	
6.250	175.892		107.629	-1000.00000	17.502	106.719		40.300	2.09695	
9.063	88.272	20.332	2.05976		17.502	111.330		44.722	2.05336	
9.063	92.884	24.883	2.04716		17.502	115.942		49.178	2.02403	
9.063	97.495	29.453	2.00083		17.502	120.553		53.661	1.97554	
9.063	102.107		34.035	1.97749	17.502	125.165		58.164	1.92486	
9.063	106.719		38.623	1.93178	17.502	129.776		62.682	1.89539	
9.063	111.330		43.217	1.88255	17.502	134.388		67.213	1.85832	
9.063	115.942		47.813	1.86088	17.502	138.999		71.755	1.81492	
9.063	120.553		52.413	1.82697	17.502	143.611		76.305	1.77100	
9.063	125.165		57.014	1.78750	17.502	148.223		80.862	1.73059	
9.063	129.776		61.617	1.74482	17.502	152.834		85.424	1.71029	
9.063	134.388		66.221	1.71160	17.502	157.446		89.992	1.70802	
9.063	138.999		70.827	1.70094	17.502	162.057		94.564	1.71162	
9.063	143.611		75.432	1.70536	17.502	166.669		99.140	1.72346	
9.063	148.223		80.039	1.71857	17.502	171.280		103.719	1.74019	
9.063	152.834		84.646	1.73804	17.502	175.892		108.300	1.76042	
9.063	157.446		89.254	1.76207	20.315	88.272	24.930	2.78749		
9.063	162.057		94.076	1.78727	20.315	92.884	28.763	2.60827		
9.063	166.669		98.549	1.81004	20.315	97.495	32.797	2.52469		
9.063	171.280		103.079	-1000.00000	20.315	102.107		36.966	2.47388	
9.063	175.892		107.687	-1000.00000	20.315	106.719		41.230	2.40282	
11.876	88.272	21.016	1.84566		20.315	111.330		45.561	2.31120	
11.876	92.884	25.445	1.92325		20.315	115.942		49.943	2.24164	
11.876	97.495	29.930	1.93453		20.315	120.553		54.362	2.18329	
11.876	102.107		34.448	1.91425	20.315	125.165		58.811	2.11106	
11.876	106.719		38.988	1.90616	20.315	129.776		63.284	2.04172	
11.876	111.330		43.543	1.87634	20.315	134.388		67.775	1.99652	
11.876	115.942		48.108	1.84202	20.315	138.999		72.281	1.94647	
11.876	120.553		52.682	1.82475	20.315	143.611		76.800	1.89116	
11.876	125.165		57.262	1.79766	20.315	148.223		81.329	1.83785	
11.876	129.776		61.846	1.76312	20.315	152.834		85.867	1.78583	
11.876	134.388		66.435	1.72524	20.315	157.446		90.412	1.75912	
11.876	138.999		71.026	1.69234	20.315	162.057		94.964	1.74964	
11.876	143.611		75.620	1.68177	20.315	166.669		99.521	1.74755	
11.876	148.223		80.216	1.68658	20.315	171.280		104.083	1.75389	
11.876	152.834		84.813	1.69761	20.315	175.892		108.649	1.76586	
11.876	157.446		89.412	1.71581	23.128	88.272	26.704	3.63539		
11.876	162.057		94.012	1.73831	23.128	92.884	30.314	3.27586		
11.876	166.669		98.613	1.76398	23.128	97.495	34.165	3.07782		
11.876	171.280		103.216	1.79197	23.128	102.107		38.185	2.95793	
11.876	175.892		107.837	1.81586	23.128	106.719		42.326	2.85351	
14.689	88.272	22.041	1.89157		23.128	111.330		46.555	2.72885	
14.689	92.884	26.298	1.95394		23.128	115.942		50.851	2.59121	

MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK  
0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento

SS0537\_F0.doc

Rev

F0

Data

20/06/2011

23.128	120.553		55.198	2.49005	31.568	143.611		79.747	3.16310	
23.128	125.165		59.585	2.40056	31.568	148.223		84.117	2.97412	
23.128	129.776		64.003	2.29944	31.568	152.834		88.512	2.83350	
23.128	134.388		68.447	2.20496	31.568	157.446		92.929	2.69516	
23.128	138.999		72.912	2.14120	31.568	162.057		97.363	2.55819	
23.128	143.611		77.394	2.07198	31.568	166.669		101.813		2.42719
23.128	148.223		81.890	2.00296	31.568	171.280		106.276		2.30649
23.128	152.834		86.398	1.93340	31.568	175.892		110.752		2.21941
23.128	157.446		90.917	1.87097	34.381	88.272	38.569	9.77666		
23.128	162.057		95.445	1.83315	34.381	92.884	40.118	8.54408		
23.128	166.669		99.980	1.81325	34.381	97.495	41.133	7.59711		
23.128	171.280		104.522		34.381	102.107		44.528	6.85954	
23.128	175.892		109.070	1.80418	34.381	106.719		48.126	6.31475	
25.941	88.272	28.645	4.76937		34.381	111.330		51.885	5.89707	
25.941	92.884	32.037	4.19403		34.381	115.942		55.772	5.56749	
25.941	97.495	35.702	3.84325		34.381	120.553		59.762	5.25502	
25.941	102.107		39.567	3.61458	34.381	125.165		65.761	4.91551	
25.941	106.719		43.576	3.45135	34.381	129.776		68.576	4.58314	
25.941	111.330		47.695	3.29086	34.381	134.388		72.178	4.28158	
25.941	115.942		51.897	3.11332	34.381	138.999		76.425	4.03359	
25.941	120.553		56.163	2.93045	34.381	143.611		80.712	3.79474	
25.941	125.165		60.480	2.79650	34.381	148.223		85.033	3.54662	
25.941	129.776		64.837	2.67104	34.381	152.834		89.383	3.32594	
25.941	134.388		69.227	2.53876	34.381	157.446		93.758	3.15481	
25.941	138.999		73.645	2.41600	34.381	162.057		98.155	2.98640	
25.941	143.611		78.085	2.32962	34.381	166.669		102.571		2.82010
25.941	148.223		82.543	2.23917	34.381	171.280		107.003		2.66182
25.941	152.834		87.018	2.15035	34.381	175.892		111.449		2.51500
25.941	157.446		91.506	2.06387	37.194	88.272	42.081	11.67190		
25.941	162.057		96.006	1.98550	37.194	92.884	43.836	10.26950		
25.941	166.669		100.516		37.194	97.495	45.998	9.19838		
25.941	171.280		105.035	1.93362	37.194	102.107		47.987	8.36624	
25.941	175.892		109.562	1.90212	37.194	106.719		50.357	7.68985	
28.754	88.272	30.721	6.22271	1.88314	37.194	111.330		53.957	7.13667	
28.754	92.884	33.906	5.38738		37.194	115.942		61.464	6.67400	
28.754	97.495	37.389	4.83685		37.194	120.553		65.034	6.17425	
28.754	102.107		41.095	4.46954	37.194	125.165		68.703	5.76904	
28.754	106.719		44.968	4.20796	37.194	129.776		72.481	5.43350	
28.754	111.330		48.970	4.00093	37.194	134.388		76.350	5.09419	
28.754	115.942		53.071	3.78404	37.194	138.999		80.297	4.78290	
28.754	120.553		57.250	3.55236	37.194	143.611		84.312	4.47573	
28.754	125.165		61.490	3.32718	37.194	148.223		88.149	4.20625	
28.754	129.776		65.781	3.15831	37.194	152.834		91.203	3.96261	
28.754	134.388		70.112	2.99526	37.194	157.446		94.664	3.72441	
28.754	138.999		74.477	2.82496	37.194	162.057		99.021	3.52000	
28.754	143.611		78.870	2.67401	37.194	166.669		103.400		3.31930
28.754	148.223		83.287	2.55824	37.194	171.280		107.798		3.12169
28.754	152.834		87.723	2.44622	37.194	175.892		112.213		2.93255
28.754	157.446		92.177	2.33461	40.007	88.272	41.621	14.50990		
28.754	162.057		96.646	2.22829	40.007	92.884	43.977	12.56040		
28.754	166.669		101.127		40.007	97.495	46.659	11.11570		
28.754	171.280		105.620	2.13028	40.007	102.107		49.616	10.00910	
28.754	175.892		110.123	2.06178	40.007	106.719		52.585	9.19875	
31.568	88.272	34.510	7.99345	2.01624	40.007	111.330		56.187	8.54678	
31.568	92.884	35.898	6.85875		40.007	115.942		59.394	7.98920	
31.568	97.495	39.205	6.08795		40.007	120.553		63.264	7.53659	
31.568	102.107		42.753	5.54838	40.007	125.165		67.203	7.11578	
31.568	106.719		46.489	5.16222	40.007	129.776		71.082	6.64729	
31.568	111.330		50.370	4.85776	40.007	134.388		75.022	6.23156	
31.568	115.942		54.366	4.60231	40.007	138.999		79.034	5.79259	
31.568	120.553		58.452	4.33362	40.007	143.611		83.108	5.42970	
31.568	125.165		62.611	4.04788	40.007	148.223		87.122	5.12061	
31.568	129.776		66.830	3.77521	40.007	152.834		91.385	4.79171	
31.568	134.388		71.097	3.57072	40.007	157.446		95.645	-1000.00000	
31.568	138.999		75.405	3.36739	40.007	162.057		99.959	-1000.00000	

MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK  
0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO

*Codice documento*

SS0537\_F0.doc

*Rev*

F0

*Data*

20/06/2011

40.007	166.669	104.298	-1000.00000	45.633	134.388	77.379	-1000.00000
40.007	171.280	108.659	-1000.00000	45.633	138.999	81.355	-1000.00000
40.007	175.892	113.041	-1000.00000	45.633	143.611	85.395	-1000.00000
42.820	88.272	42.397	-1000.00000	45.633	148.223	89.490	-1000.00000
42.820	92.884	44.758	-1000.00000	45.633	152.834	93.634	-1000.00000
42.820	97.495	47.451	-1000.00000	45.633	157.446	97.819	-1000.00000
42.820	102.107	50.423	-1000.00000	45.633	162.057	102.041	-1000.00000
42.820	106.719	53.627	-1000.00000	45.633	166.669	106.295	-1000.00000
42.820	111.330	57.024	-1000.00000	45.633	171.280	110.578	-1000.00000
42.820	115.942	60.582	-1000.00000	45.633	175.892	114.886	-1000.00000
42.820	120.553	64.274	-1000.00000	48.446	88.272	47.431	-1000.00000
42.820	125.165	68.079	-1000.00000	48.446	92.884	49.553	-1000.00000
42.820	129.776	71.978	-1000.00000	48.446	97.495	51.999	-1000.00000
42.820	134.388	75.956	-1000.00000	48.446	102.107	54.724	-1000.00000
42.820	138.999	80.003	-1000.00000	48.446	106.719	57.690	-1000.00000
42.820	143.611	84.108	-1000.00000	48.446	111.330	60.861	-1000.00000
42.820	148.223	88.263	-1000.00000	48.446	115.942	64.206	-1000.00000
42.820	152.834	92.461	-1000.00000	48.446	120.553	67.701	-1000.00000
42.820	157.446	96.697	-1000.00000	48.446	125.165	71.323	-1000.00000
42.820	162.057	100.966	-1000.00000	48.446	129.776	75.054	-1000.00000
42.820	166.669	105.264	-1000.00000	48.446	134.388	78.877	-1000.00000
42.820	171.280	109.587	-1000.00000	48.446	138.999	82.781	-1000.00000
42.820	175.892	113.933	-1000.00000	48.446	143.611	86.755	-1000.00000
45.633	88.272	44.896	-1000.00000	48.446	148.223	90.789	-1000.00000
45.633	92.884	47.133	-1000.00000	48.446	152.834	94.875	-1000.00000
45.633	97.495	49.697	-1000.00000	48.446	157.446	99.008	-1000.00000
45.633	102.107	52.542	-1000.00000	48.446	162.057	103.181	-1000.00000
45.633	106.719	55.624	-1000.00000	48.446	166.669	107.390	-1000.00000
45.633	111.330	58.906	-1000.00000	48.446	171.280	111.631	-1000.00000
45.633	115.942	62.357	-1000.00000	48.446	175.892	115.900	-1000.00000
45.633	120.553	65.950	-1000.00000				
45.633	125.165	69.663	-1000.00000				
45.633	129.776	73.478	-1000.00000				

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

#### Slide Analysis Information

##### Document Name

File Name: Muro sostegno P. Esazione 0+100 0+226-sismica.sli

##### Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Failure Direction: Left to Right  
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): 0.133  
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0666  
1 Distributed Load present:  
Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 10 kN/m<sup>2</sup>

##### Material Properties

Material: sabbEghiME  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Friction Angle: 32 degrees  
Water Surface: None

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

##### List of All Coordinates

##### Material Boundary

8.673	77.762
7.891	69.245
5.423	69.245
5.423	68.245
11.423	68.245
11.423	69.262

##### Material Boundary

-6.750	78.351
5.423	68.245

##### External Boundary

-41.635	96.000
-61.635	96.000
-61.635	56.000
-61.635	46.000
18.365	46.000
78.365	46.000
78.365	69.262
11.423	69.262
9.423	69.262
9.423	77.762
8.673	77.762
7.423	77.762
-4.500	77.762
-6.750	78.351
-15.500	83.351
-17.500	83.351
-26.250	88.351
-28.250	88.351

##### Focus/Block Search Line

5.441	46.008
5.441	68.266

##### Search Grid

-10.629	88.272
48.446	88.272
48.446	175.892
-10.629	175.892

##### Distributed Load

-42.076	96.000
-61.635	96.000

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> SS0537_F0.doc	<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				-5.002	175.892	108.132	-1000.00000
Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety	-2.189	88.272	25.719	2.22029
-10.629	88.272	33.483	2.66038	-2.189	92.884	27.945	1.95871
-10.629	92.884	33.335	2.31320	-2.189	97.495	32.393	1.76791
-10.629	97.495	36.530	2.06695	-2.189	102.107		36.883 1.64409
-10.629	102.107		39.924 1.90750	-2.189	106.719		41.155 1.54896
-10.629	106.719		44.383 1.79544	-2.189	111.330		45.349 1.47760
-10.629	111.330		48.372 1.72825	-2.189	115.942		49.587 1.43439
-10.629	115.942		52.623 1.68479	-2.189	120.553		53.865 1.41797
-10.629	120.553		55.568 1.67464	-2.189	125.165		58.946 1.40710
-10.629	125.165		59.125 -1000.00000	-2.189	129.776		63.055 1.39572
-10.629	129.776		63.575 -1000.00000	-2.189	134.388		67.539 1.39746
-10.629	134.388		68.047 -1000.00000	-2.189	138.999		72.095 1.40435
-10.629	138.999		72.536 -1000.00000	-2.189	143.611		75.731 -1000.00000
-10.629	143.611		77.040 -1000.00000	-2.189	148.223		80.320 -1000.00000
-10.629	148.223		81.556 -1000.00000	-2.189	152.834		84.912 -1000.00000
-10.629	152.834		86.082 -1000.00000	-2.189	157.446		89.506 -1000.00000
-10.629	157.446		90.616 -1000.00000	-2.189	162.057		94.102 -1000.00000
-10.629	162.057		95.158 -1000.00000	-2.189	166.669		98.699 -1000.00000
-10.629	166.669		99.707 -1000.00000	-2.189	171.280		103.297 -1000.00000
-10.629	171.280		104.261 -1000.00000	-2.189	175.892		107.897 -1000.00000
-10.629	175.892		108.819 -1000.00000	0.624	88.272	22.774	2.06114
-7.816	88.272	30.088	2.53123	0.624	92.884	27.289	1.81431
-7.816	92.884	32.111	2.19683	0.624	97.495	31.833	1.67552
-7.816	97.495	36.067	1.96200	0.624	102.107		36.395 1.58078
-7.816	102.107		39.570 1.79712	0.624	106.719		40.968 1.50622
-7.816	106.719		43.212 1.69318	0.624	111.330		45.252 1.44098
-7.816	111.330		46.969 1.63119	0.624	115.942		49.519 1.39031
-7.816	115.942		51.493 1.58818	0.624	120.553		53.819 1.35984
-7.816	120.553		55.586 1.56524	0.624	125.165		58.148 1.34362
-7.816	125.165		60.033 1.54981	0.624	129.776		62.504 1.33627
-7.816	129.776		62.923 -1000.00000	0.624	134.388		66.883 1.34567
-7.816	134.388		67.438 -1000.00000	0.624	138.999		71.668 1.34573
-7.816	138.999		71.965 -1000.00000	0.624	143.611		76.109 1.35492
-7.816	143.611		76.503 -1000.00000	0.624	148.223		80.479 1.37853
-7.816	148.223		81.048 -1000.00000	0.624	152.834		84.706 -1000.00000
-7.816	152.834		85.601 -1000.00000	0.624	157.446		89.310 -1000.00000
-7.816	157.446		90.160 -1000.00000	0.624	162.057		93.915 -1000.00000
-7.816	162.057		94.724 -1000.00000	0.624	166.669		98.521 -1000.00000
-7.816	166.669		99.292 -1000.00000	0.624	171.280		103.127 -1000.00000
-7.816	171.280		103.864 -1000.00000	0.624	175.892		107.734 -1000.00000
-7.816	175.892		108.440 -1000.00000	3.437	88.272	22.327	1.86686
-5.002	88.272	26.762	2.39036	3.437	92.884	26.922	1.70730
-5.002	92.884	30.998	2.08327	3.437	97.495	31.521	1.59363
-5.002	97.495	35.339	1.87675	3.437	102.107		36.124 1.52314
-5.002	102.107		37.393 1.72242	3.437	106.719		40.729 1.46783
-5.002	106.719		41.465 1.61971	3.437	111.330		45.319 1.41926
-5.002	111.330		46.896 1.55515	3.437	115.942		49.600 1.37001
-5.002	115.942		50.795 1.50823	3.437	120.553		53.909 1.33122
-5.002	120.553		54.769 1.48221	3.437	125.165		58.245 1.30878
-5.002	125.165		59.287 1.46924	3.437	129.776		62.605 1.29783
-5.002	129.776		63.681 1.46476	3.437	134.388		66.987 1.29377
-5.002	134.388		67.531 1.49097	3.437	138.999		71.389 1.29474
-5.002	138.999		71.501 -1000.00000	3.437	143.611		75.808 1.29944
-5.002	143.611		76.066 -1000.00000	3.437	148.223		80.507 1.31378
-5.002	148.223		80.636 -1000.00000	3.437	152.834		85.006 1.32458
-5.002	152.834		85.211 -1000.00000	3.437	157.446		89.203 -1000.00000
-5.002	157.446		89.790 -1000.00000	3.437	162.057		93.813 -1000.00000
-5.002	162.057		94.371 -1000.00000	3.437	166.669		98.424 -1000.00000
-5.002	166.669		98.956 -1000.00000	3.437	171.280		103.034 -1000.00000
-5.002	171.280		103.543 -1000.00000	3.437	175.892		107.645 -1000.00000
				6.250	88.272	22.248	1.71027

MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK  
0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento

SS0537\_F0.doc

Rev

F0

Data

20/06/2011

6.250	92.884	26.857	1.61136		14.689	115.942		48.565	1.32146	
6.250	97.495	31.466	1.53915		14.689	120.553		53.099	1.29850	
6.250	102.107		36.076	1.47679	14.689	125.165		57.646	1.28512	
6.250	106.719		40.687	1.43747	14.689	129.776		62.202	1.26733	
6.250	111.330		45.298	1.40238	14.689	134.388		66.766	1.24654	
6.250	115.942		49.827	1.36638	14.689	138.999		71.336	1.22490	
6.250	120.553		54.136	1.32628	14.689	143.611		75.911	1.21005	
6.250	125.165		58.469	1.29387	14.689	148.223		80.490	1.20441	
6.250	129.776		62.824	1.27514	14.689	152.834		85.073	1.20739	
6.250	134.388		67.201	1.26667	14.689	157.446		89.658	1.21275	
6.250	138.999		71.597	1.26416	14.689	162.057		94.247	1.22186	
6.250	143.611		76.012	1.26594	14.689	166.669		98.837	1.23318	
6.250	148.223		80.442	1.27121	14.689	171.280		103.429		1.24606
6.250	152.834		84.887	1.28049	14.689	175.892		108.023		1.25997
6.250	157.446		89.346	1.29222	17.502	88.272	23.361	1.57587		
6.250	162.057		93.969	1.30679	17.502	92.884	27.414	1.52376		
6.250	166.669		98.407	-1000.00000	17.502	97.495	31.621	1.50158		
6.250	171.280		103.018	-1000.00000	17.502	102.107		35.927	1.47313	
6.250	175.892		107.629	-1000.00000	17.502	106.719		40.300	1.43739	
9.063	88.272	20.332	1.48476		17.502	111.330		44.722	1.40804	
9.063	92.884	24.883	1.45460		17.502	115.942		49.178	1.38767	
9.063	97.495	29.453	1.41593		17.502	120.553		53.661	1.35905	
9.063	102.107		34.035	1.39290	17.502	125.165		58.164	1.32991	
9.063	106.719		38.623	1.36139	17.502	129.776		62.682	1.31194	
9.063	111.330		43.217	1.32990	17.502	134.388		67.213	1.29050	
9.063	115.942		47.813	1.31415	17.502	138.999		71.755	1.26604	
9.063	120.553		52.413	1.29254	17.502	143.611		76.305	1.24157	
9.063	125.165		57.014	1.26857	17.502	148.223		80.862	1.22378	
9.063	129.776		61.617	1.24428	17.502	152.834		85.424	1.21505	
9.063	134.388		66.221	1.22942	17.502	157.446		89.992	1.21569	
9.063	138.999		70.827	1.22537	17.502	162.057		94.564	1.21852	
9.063	143.611		75.432	1.22895	17.502	166.669		99.140	1.22559	
9.063	148.223		80.039	1.23664	17.502	171.280		103.719		1.23505
9.063	152.834		84.646	1.24740	17.502	175.892		108.300		1.24617
9.063	157.446		89.254	1.26037	20.315	88.272	24.930	1.88731		
9.063	162.057		94.076	1.27103	20.315	92.884	28.763	1.75589		
9.063	166.669		98.549	1.28230	20.315	97.495	32.797	1.68529		
9.063	171.280		103.079	-1000.00000	20.315	102.107		36.966	1.64019	
9.063	175.892		107.687	-1000.00000	20.315	106.719		41.230	1.59266	
11.876	88.272	21.016	1.35585		20.315	111.330		45.561	1.53970	
11.876	92.884	25.445	1.37773		20.315	115.942		49.943	1.49900	
11.876	97.495	29.930	1.37070		20.315	120.553		54.362	1.46493	
11.876	102.107		34.448	1.35065	20.315	125.165		58.811	1.42551	
11.876	106.719		38.988	1.33909	20.315	129.776		63.284	1.38786	
11.876	111.330		43.543	1.31837	20.315	134.388		67.775	1.36225	
11.876	115.942		48.108	1.29671	20.315	138.999		72.281	1.33462	
11.876	120.553		52.682	1.28423	20.315	143.611		76.800	1.30446	
11.876	125.165		57.262	1.26734	20.315	148.223		81.329	1.27539	
11.876	129.776		61.846	1.24678	20.315	152.834		85.867	1.25159	
11.876	134.388		66.435	1.22539	20.315	157.446		90.412	1.23968	
11.876	138.999		71.026	1.21104	20.315	162.057		94.964	1.23644	
11.876	143.611		75.620	1.20741	20.315	166.669		99.521	1.23619	
11.876	148.223		80.216	1.21165	20.315	171.280		104.083		1.24021
11.876	152.834		84.813	1.21838	20.315	175.892		108.649		1.24700
11.876	157.446		89.412	1.22877	23.128	88.272	26.704	2.28529		
11.876	162.057		94.012	1.24119	23.128	92.884	30.314	2.07260		
11.876	166.669		98.613	1.25509	23.128	97.495	34.165	1.94738		
11.876	171.280		103.346	1.26892	23.128	102.107		38.185	1.86774	
11.876	175.892		107.847	1.28058	23.128	106.719		42.326	1.80345	
14.689	88.272	22.041	1.38689		23.128	111.330		46.555	1.73607	
14.689	92.884	26.298	1.39636		23.128	115.942		50.851	1.66613	
14.689	97.495	30.658	1.39552		23.128	120.553		55.198	1.61325	
14.689	102.107		35.082	1.37529	23.128	125.165		59.585	1.56655	
14.689	106.719		39.549	1.35343	23.128	129.776		64.003	1.51543	
14.689	111.330		44.046	1.34194	23.128	134.388		68.447	1.46733	

MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK  
0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento

SS0537\_F0.doc

Rev

F0

Data

20/06/2011

23.128	138.999		72.912	1.43350	31.568	162.057		97.363	1.62116	
23.128	143.611		77.394	1.39721	31.568	166.669		101.813		1.56216
23.128	148.223		81.890	1.36109	31.568	171.280		106.276		1.51044
23.128	152.834		86.398	1.32440	31.568	175.892		110.752		1.47260
23.128	157.446		90.917	1.29577	34.381	88.272	35.182	4.18550		
23.128	162.057		95.445	1.27834	34.381	92.884	37.994	3.71638		
23.128	166.669		99.980	1.26958	34.381	97.495	41.133	3.37466		
23.128	171.280		104.522		34.381	102.107		44.528	3.12865	
23.128	175.892		109.070	1.26598	34.381	106.719		48.126	2.94273	
25.941	88.272	28.645	2.73679		34.381	111.330		51.885	2.79803	
25.941	92.884	32.037	2.44942		34.381	115.942		55.772	2.68262	
25.941	97.495	35.702	2.26603		34.381	120.553		59.762	2.57781	
25.941	102.107		39.567	2.14262	34.381	125.165		63.836	2.47424	
25.941	106.719		43.576	2.05339	34.381	129.776		67.979	2.36681	
25.941	111.330		47.695	1.97275	34.381	134.388		72.178	2.26686	
25.941	115.942		51.897	1.89015	34.381	138.999		76.425	2.18263	
25.941	120.553		56.163	1.80772	34.381	143.611		80.712	2.10001	
25.941	125.165		60.480	1.74458	34.381	148.223		85.033	2.01251	
25.941	129.776		64.837	1.68553	34.381	152.834		89.383	1.93133	
25.941	134.388		69.227	1.62377	34.381	157.446		93.758	1.86535	
25.941	138.999		73.645	1.56553	34.381	162.057		98.155	1.79868	
25.941	143.611		78.085	1.52282	34.381	166.669		102.571		1.73100
25.941	148.223		82.543	1.47808	34.381	171.280		107.003		1.66432
25.941	152.834		87.018	1.43383	34.381	175.892		111.449		1.60449
25.941	157.446		91.506	1.39020	37.194	88.272	39.481	4.62067		
25.941	162.057		96.006	1.35449	37.194	92.884	40.788	4.11101		
25.941	166.669		100.516		37.194	97.495	43.726	3.74995		
25.941	171.280		105.035	1.31603	37.194	102.107		46.406	3.46908	
25.941	175.892		109.562	1.30702	37.194	106.719		49.869	3.25581	
28.754	88.272	30.721	3.21838		37.194	111.330		53.505	3.08793	
28.754	92.884	33.906	2.86245		37.194	115.942		57.282	2.95240	
28.754	97.495	37.389	2.62050		37.194	120.553		61.174	2.84113	
28.754	102.107		41.095	2.45317	37.194	125.165		65.160	2.73644	
28.754	106.719		44.968	2.33161	37.194	129.776		70.200	2.62533	
28.754	111.330		48.970	2.23606	37.194	134.388		73.351	2.51806	
28.754	115.942		53.071	2.14364	37.194	138.999		77.534	2.41750	
28.754	120.553		57.250	2.04946	37.194	143.611		81.763	2.33238	
28.754	125.165		61.490	1.95817	37.194	148.223		86.031	2.24486	
28.754	129.776		65.781	1.88654	37.194	152.834		90.551	2.15180	
28.754	134.388		70.112	1.81744	37.194	157.446		94.664	2.06708	
28.754	138.999		74.477	1.74466	37.194	162.057		99.021	1.99501	
28.754	143.611		78.870	1.67837	37.194	166.669		103.400		1.92218
28.754	148.223		83.287	1.62533	37.194	171.280		107.798		1.84820
28.754	152.834		87.723	1.57343	37.194	175.892		112.213		1.77446
28.754	157.446		92.177	1.52107	40.007	88.272	41.621	5.02719		
28.754	162.057		96.646	1.47011	40.007	92.884	43.977	4.50704		
28.754	166.669		101.127		40.007	97.495	45.824	4.10193		
28.754	171.280		105.620	1.42648	40.007	102.107		48.747	3.79907	
28.754	175.892		110.123	1.39550	40.007	106.719		51.925	3.56127	
				1.37450	40.007	111.330		55.318	3.37532	
31.568	88.272	32.907	3.71230		40.007	115.942		58.888	3.22469	
31.568	92.884	35.898	3.28679		40.007	120.553		62.680	3.09558	
31.568	97.495	39.205	2.99614		40.007	125.165		66.576	2.98768	
31.568	102.107		42.753	2.78677	40.007	129.776		71.082	2.87801	
31.568	106.719		46.489	2.63287	40.007	134.388		75.022	2.77182	
31.568	111.330		50.370	2.51179	40.007	138.999		79.034	2.66050	
31.568	115.942		54.366	2.41141	40.007	143.611		83.045	2.56379	
31.568	120.553		58.452	2.31223	40.007	148.223		87.122	2.47637	
31.568	125.165		62.611	2.21019	40.007	152.834		91.385	2.38569	
31.568	129.776		66.830	2.11170	40.007	157.446		95.645	-1000.00000	
31.568	134.388		71.097	2.03383	40.007	162.057		99.959	-1000.00000	
31.568	138.999		75.405	1.95572	40.007	166.669		104.298		-1000.00000
31.568	143.611		79.747	1.87603	40.007	171.280		108.659		-1000.00000
31.568	148.223		84.117	1.80021	40.007	175.892		113.041		-1000.00000
31.568	152.834		88.512	1.74075	42.820	88.272	42.397	-1000.00000		
31.568	157.446		92.929	1.68135						

MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK  
0+100 A PK 0+226 – RELAZIONE DI CALCOLO

*Codice documento*

SS0537\_F0.doc

*Rev*

F0

*Data*

20/06/2011

42.820	92.884	44.758	-1000.00000
42.820	97.495	47.451	-1000.00000
42.820	102.107	50.423	-1000.00000
42.820	106.719	53.627	-1000.00000
42.820	111.330	57.024	-1000.00000
42.820	115.942	60.582	-1000.00000
42.820	120.553	64.274	-1000.00000
42.820	125.165	68.079	-1000.00000
42.820	129.776	71.978	-1000.00000
42.820	134.388	75.956	-1000.00000
42.820	138.999	80.003	-1000.00000
42.820	143.611	84.108	-1000.00000
42.820	148.223	88.263	-1000.00000
42.820	152.834	92.461	-1000.00000
42.820	157.446	96.697	-1000.00000
42.820	162.057	100.966	-1000.00000
42.820	166.669	105.264	-1000.00000
42.820	171.280	109.587	-1000.00000
42.820	175.892	113.933	-1000.00000
45.633	88.272	44.896	-1000.00000
45.633	92.884	47.133	-1000.00000
45.633	97.495	49.697	-1000.00000
45.633	102.107	52.542	-1000.00000
45.633	106.719	55.624	-1000.00000
45.633	111.330	58.906	-1000.00000
45.633	115.942	62.357	-1000.00000
45.633	120.553	65.950	-1000.00000
45.633	125.165	69.663	-1000.00000
45.633	129.776	73.478	-1000.00000
45.633	134.388	77.379	-1000.00000
45.633	138.999	81.355	-1000.00000
45.633	143.611	85.395	-1000.00000
45.633	148.223	89.490	-1000.00000
45.633	152.834	93.634	-1000.00000
45.633	157.446	97.819	-1000.00000
45.633	162.057	102.041	-1000.00000
45.633	166.669	106.295	-1000.00000
45.633	171.280	110.578	-1000.00000
45.633	175.892	114.886	-1000.00000
48.446	88.272	47.431	-1000.00000
48.446	92.884	49.553	-1000.00000
48.446	97.495	51.999	-1000.00000
48.446	102.107	54.724	-1000.00000
48.446	106.719	57.690	-1000.00000
48.446	111.330	60.861	-1000.00000
48.446	115.942	64.206	-1000.00000
48.446	120.553	67.701	-1000.00000
48.446	125.165	71.323	-1000.00000
48.446	129.776	75.054	-1000.00000
48.446	134.388	78.877	-1000.00000
48.446	138.999	82.781	-1000.00000
48.446	143.611	86.755	-1000.00000
48.446	148.223	90.789	-1000.00000
48.446	152.834	94.875	-1000.00000
48.446	157.446	99.008	-1000.00000
48.446	162.057	103.181	-1000.00000
48.446	166.669	107.390	-1000.00000
48.446	171.280	111.631	-1000.00000
48.446	175.892	115.900	-1000.00000