

# 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	SS0531_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+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	C	L	D	S	S	C	0	0	G	0	0	0	0	0	0	1	7	2
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## INDICE

INDICE .....	3
1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	5
2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
2.1 Riferimenti normativi.....	5
2.2 Riferimenti bibliografici .....	6
3 PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA.....	7
4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	8
4.1 Calcestruzzo prefabbricato per pannelli.....	8
4.2 Calcestruzzo getti in opera .....	8
4.3 Acciaio per cemento armato .....	9
5 CARATTERISTICHE DI CALCOLO .....	10
5.1 Metodologia di calcolo .....	10
5.2 Ipotesi di calcolo.....	12
6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	14
6.1 Stratigrafia di progetto .....	14
6.2 Coefficienti di spinta .....	16
6.2.1 Coefficienti di spinta in fase statica .....	16
6.2.2 Coefficienti di spinta in fase sismica .....	17
7 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITÀ .....	19
8 FASI COSTRUTTIVE.....	22
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 .....	24
9.4 Verifiche di stabilità e verifiche strutturali – SLU .....	24
9.4.1 Verifica a capacità portante .....	24
9.5 Verifiche S.L.E.....	26
9.5.1 Verifica a fessurazione .....	26
9.5.2 Verifica delle tensioni di esercizio .....	26
9.6 Verifiche pannello prefabbricato .....	28
9.6.1 Verifica a flessione nel piano verticale .....	28

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

9.6.2	Verifica a flessione nel piano orizzontale .....	29
9.6.3	Verifica a taglio .....	30
9.7	Soletta di fondazione .....	31
9.7.1	Verifica a flessione.....	31
9.8	Verifiche .....	31
10	ANALISI DI STABILITA' .....	42
11	TABULATI DI CALCOLO.....	46
11.1	Input SLIDE rel. 05– Analisi in fase statica .....	46
11.2	Output SLIDE rel. 05– Analisi in fase statica.....	47
11.3	Input SLIDE rel. 05– Analisi in fase sismica.....	51
11.4	Output SLIDE rel. 05– Analisi in fase sismica .....	52

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> SS0531_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+314 km e 0+356.

L'opera in oggetto è costituita muri prefabbricati, rivestiti in pietrame, di altezza in elevazione variabile tra 5m e 9.5m 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 dalle sabbie e ghiaie di Messina e dal materiale di riporto del rilevato costituente la rampa.

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

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Riferimenti normativi

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

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

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

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

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

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 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>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0531_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>	
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0531_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+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> SS0531_F0.doc	<b>Rev</b> F0	<b>Data</b> 20/06/2011

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

### 4.3 Acciaio per cemento armato

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

#### Caratteristiche dell'acciaio:

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

#### Resistenze di calcolo a SLU:

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

#### Resistenze di calcolo a SLE:

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> SS0531_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+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0531_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>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> SS0531_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.

Il programma di calcolo utilizzato, Paratie Plus 2010, è in grado di distinguere i contributi dei vari carichi e, conseguentemente, di amplificare le sollecitazioni ad essi associate per i coefficienti A corrispondenti.

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 dev'essere considerata la resistenza passiva del terreno a valle del muro; solo in casi particolari con relative giustificazioni, la normativa permette di considerare al massimo il 50% di tale resistenza.

## 5.2 Ipotesi di calcolo

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

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** (S409bis, S411 e S409).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> SS0531_F0.doc	<b>Rev</b> F0	<b>Data</b> 20/06/2011

			Note
<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		38.269 15.613
	Tipo Suolo		C
	VN (anni)		100
	cu (-)		2
	S.L.D.	ag/g	0.156
		$F_0$	2.372
		$T_c$ (s)	0.341
		$S_s$	1.478
	S.L.V.	ag/g	0.403
		$F_0$	2.488
		$T_c$ (s)	0.421
		$S_s$	1.1
	$S_T$		1
$\beta$ (-) SLV / SLD		0.24 (SLD) - 0.35 (SLV)	coefficiente sismico valido per ag/g > 0.4
teoria spinte in fase sism		Mononobe & Okabe	
<b>Combinazione rara - Urto</b>	$F_{urto}$ (kN)	100	
	$h_{urto}$ (m)	1	altezza punto di applicazione forza d'urto rispetto al piano viabile
	$L_{urto}$ (m)	7.5	lunghezza di distribuzione della forza
<b>Geometrie</b>	<b>Altezze muri (m)</b>	5 - 9.5	Altezze dei pannelli prefabbricati

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Gli elaborati di riferimento utilizzati per la caratterizzazione geotecnica sono:

- “Relazione Geotecnica Generale” (cod. CG0800PRBDSSCB8G000000001C)
- “Relazione sismica generale” (cod. CG0800PRGDCSBC8G000000001C)
- “Profili geotecnici” (cod. CG0800PFZDCSBC8ST000000001C, 02C, 03C, 04C, 05C, 06C, 07C, 08C, 09C, 10C, 11C, 12C, 13B, 14A, 15A).

### 6.1 Stratigrafia di progetto

La **litologia** prevalente è costituita dalla formazione delle Sabbie e Ghiaie di Messina.

I materiali in oggetto sono granulometricamente descritti come ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane.

Si rilevano strati di ghiaie cementate, come si evidenzia nei rilievi effettuati nelle aree di imbocco della galleria stradale Faro Superiore; in questi rilievi la ghiaia si presenta più o meno debolmente cementata e molto addensata. Lo scheletro si presenta costituito da ghiaie e ciottoli eterometrici arrotondati ed appiattiti.

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

Codice	Titolo del documento
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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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).

#### Sabbie e Ghiaie di Messina

- Prove granulometriche (sondaggio SPPS00 e SPPS09) ;
- SPT (sondaggi S9, S408, S409, S409bis, S411, SPPS00 ,SPPS09, ASLPT2508, ASCH1501, ASLPT3503, ASLPT3506, ASCH1504, SPT8-AS, S102pz,S103pz, S104pz) ;
- prove sismiche in foro (S408, SPPS00, SPPS02, S108pz, BH4-AS, ASCH1504, ASCH1501) ;
- prove pressiometriche (sondaggi S409);
- prove dilatometriche (S408, DMT1-AS, DMT2-AS) ;
- 6 prove Lefranc (sondaggi S408, S409).

In questa tratta la formazione si presenta, dalle prove SPT analizzate, in egual misura composta da sabbie e ghiaie con densità relative che sembrerebbero diminuire con la profondità mostrando uno stato di addensamento medio.

Con riferimento al fuso medio (155 prove granulometriche) si ha che:  $d_{50}=2.2\text{mm}$ ,  $d_{60}=4\text{mm}$  e  $d_{10}=0.03\text{mm}$ . Le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo sono rispettivamente di 51%, 36%, 11%.

- **Dr**: I valori di  $N_{\text{spt}}$  sono stati corretti con il fattore correttivo  $C_{\text{sg}}=0.55$  corrispondente al  $d_{50}=2.2\text{mm}$
- **$e_o$** : a partire dal  $d_{50}$  stimato si ottiene di  $e_{\text{max}}-e_{\text{min}}$  pari a 0.26, non dissimile dai valori reperibili in letteratura ( $0.17 < e_{\text{max}}-e_{\text{min}} < 0.29$ ) Stimando per  $e_{\text{max}}$  un valore pari a 0.7 a partire dai valori di  $D_r$  è stato possibile determinare i valori di  **$e_o$**  in sito.
- **$\gamma_d$**  : in base a tali valori di  **$e_o$**  e da  $\gamma_s$  si può stimare  $\gamma_{d_s} = 18-20\text{KN/m}^3$
- **$K_0$** : si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di “aging”.

I primi 20 m sembrerebbero maggiormente addensati soprattutto nella porzione sabbio-ghiaiosa, probabilmente a causa dell’influenza del grado di sovraconsolidazione che ha caratterizzato alcune zone erose e/o del debole grado di cementazione.

Per i parametri di resistenza si ha:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<b>z(m)</b>	<b>Dr(%) sabbie e ghiaie</b>	<b><math>\phi'_p</math> (pff=0-272KPa) (°)</b>	<b><math>\phi'_{cv}</math> (°)</b>	<b><math>K_0</math></b>
0-20	40-70	38	33-35	0.45-0.5
>20	35-60	38	33-35	0.45-0.5

I parametri di deformabilità ricavabili dall'interpretazione delle prove sismiche in foro presentano una grande dispersione anche nell'ambito del medesimo contesto (da 300m/s ad oltre 800m/s).

Valori generalmente crescenti con la profondità si sono registrati nelle sismiche in foro ASCH1504 e ASCH1501 che comunque hanno evidenziato valori localmente molto variabili, non sempre correlabili, in base ai dati ricavabili dalle colonne stratigrafiche, con la variazione granulometrica; ad esempio nei primi 15m÷20m le Vs appaiono maggiori di quelle misurate fino a 30-35m di profondità, e risultano mediamente pari a circa 400m/s, in analogia a quanto rilevabile dai maggiori valori di densità relativa.

La variabilità locale rende una correlazione delle Vs sismiche con quelle ricavate dalle correlazioni di prove SPT alquanto difficoltosa; si ottiene comunque una buona correlazione con i valori medi o minimi delle Vs sismiche (tranne che nel caso della sismica ASCH1504) per profondità tra 20 e 50m.

Una stima dei moduli, considerando anche l'esito delle prove sismiche è riportata in tabella.

<b>z(m)</b>	<b><math>G_0</math>(MPa)</b>	<b><math>E_0</math>(MPa)</b>	<b><math>E'</math>(MPa)</b>
<b>0-20</b>	200-400	480-960	65
<b>20-50</b>	$G_0 = 25 z^{0.64}$	$E_0 = 60 z^{0.64}$	$9 z^{0.64}$

## 6.2 Coefficienti di spinta

### 6.2.1 Coefficienti di spinta in fase statica

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

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

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

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

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

$\varepsilon$  = Inclinazione del pendio a monte (0° 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:

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

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:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<b>Valori</b>	<b>Approccio</b>	$\phi$ [°]	<b>k<sub>as</sub></b>
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>	
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 7 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITÀ

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' 7.57" N
Long.	15° 36' 46.5" E

$a_{g-SLV}$	0.403
$a_{g-SLD}$	0.156

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  $a_{max}$ :

$S_{S-SLV}$	1.1
$S_{S-SLD}$	1.478
$S_T$	1
$a_{max-SLV}$	$a_{g-SLV} \cdot S_S \cdot S_T = 0.443$
$a_{max-SLD}$	$a_{g-SLD} \cdot S_S \cdot S_T = 0.231$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0531_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:

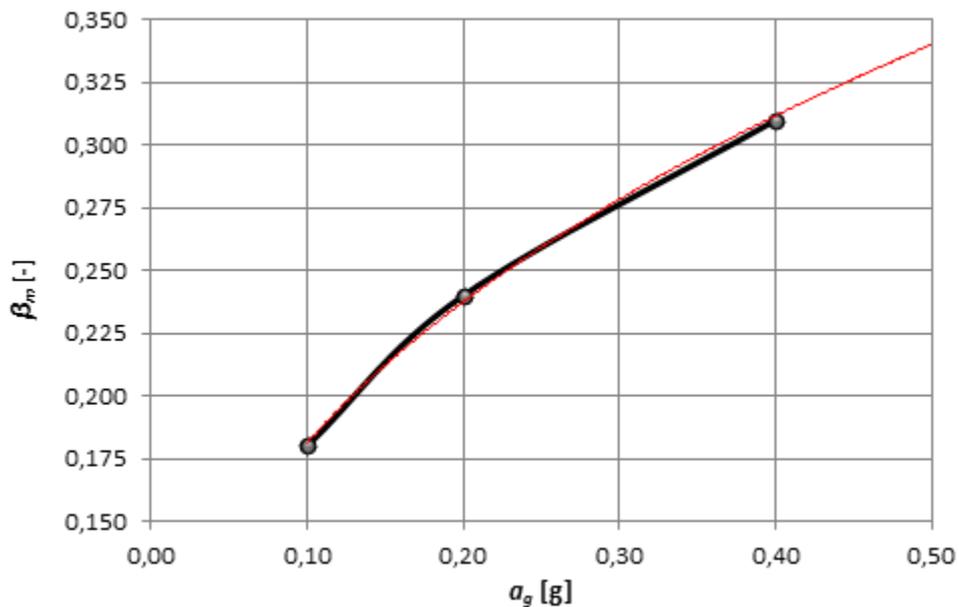


Figura 1: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di  $\beta_m$ .

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+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0531_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:

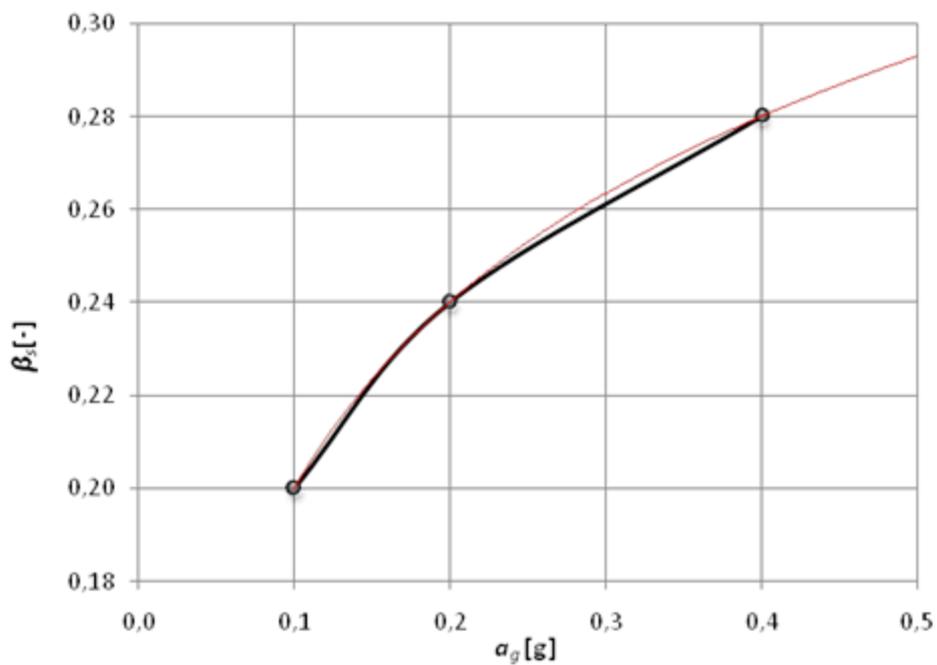


Figura 2: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di  $\beta_s$ .

Cautelativamente si è assunto  $\beta_s = 0.30$ .

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0531_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 e formazione delle prime banche di rilevato del piazzale di esazione, 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);
- esecuzione dell'ultima banca di rilevato;
- riempimento orizzontale a tergo del muro e la realizzazione della piattaforma stradale.

## 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 2000 daN/mq (Q1).

#### AZIONI SISMICHE (E)

Parametri sismici adottati:

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

### 9.2 Combinazioni delle azioni

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

#### 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.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 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:

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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		
	$i_c$	$i_q - (1-i_q)/(Nq-1)$	Hansen e Vesic
	$i_\gamma$	$(1-(0,7*H)/(N+B'*c*\cot\phi))^5$	Hansen
	$i_q$	$(1-(0,5*H)/(N+B'*c*\cot\phi))^5$	Hansen
	Inclinazione fondazione*		
	$b_c$	$1-\eta/147^\circ$	Hansen
	$b_\gamma$	$\exp(-2,7*\eta\tan\phi)$	Hansen
	$b_q$	$\exp(-2*\eta\tan\phi)$	Hansen
	Inclinazione piano campagna**		
$g_c$	$gq-[(1-gq)/(Nc*\tan\phi)]$	Hansen	
$g_\gamma$	$(1-\tan\beta)^2$	Hansen	
$g_q$	$g_\gamma$	Hansen	

\* $\eta$  = inclinazione base fondazione

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

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

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

Il coefficiente di sicurezza a capacità portante è dato da:

$$F_s = q_{lim-q}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$\overline{q_{amm}} - q$$

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.

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

- Condizioni ambientali aggressive
- Armature poco sensibili

quindi

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

### 9.5.2 Verifica delle tensioni di esercizio

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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

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

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

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

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

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

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

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

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

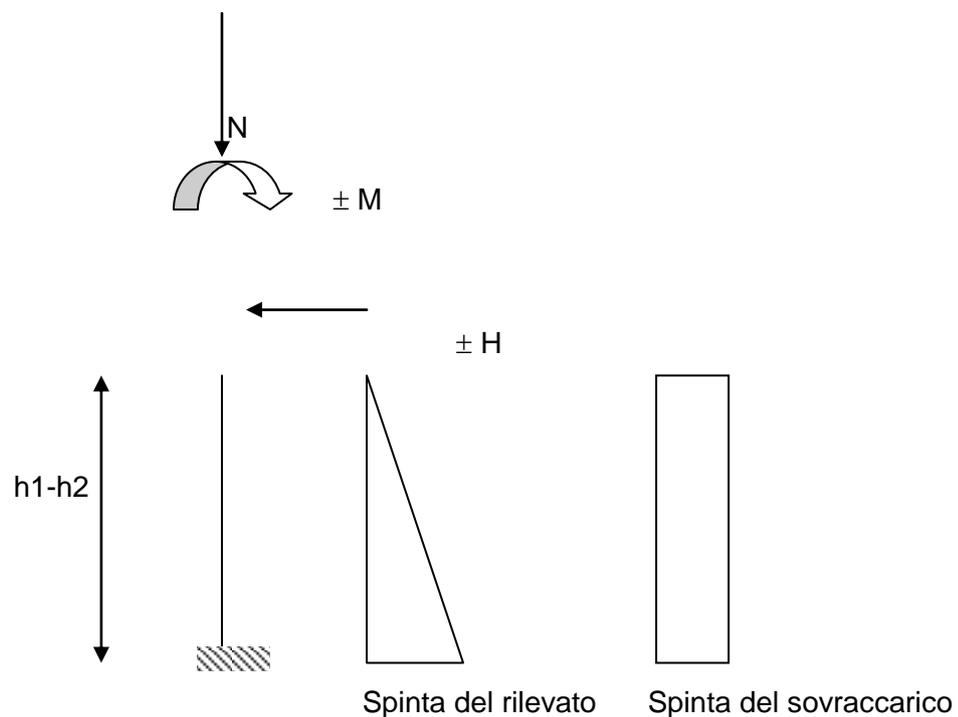
$$\sigma_s < 0,8 f_{yk} \quad (4.1.42)$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0531_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:

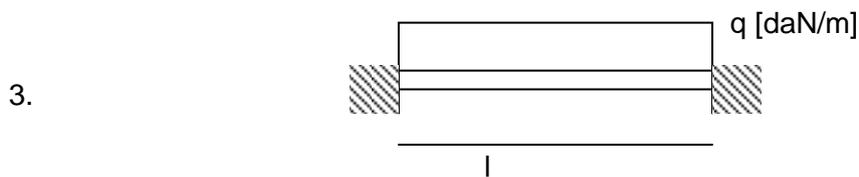
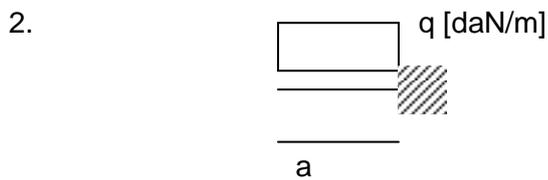
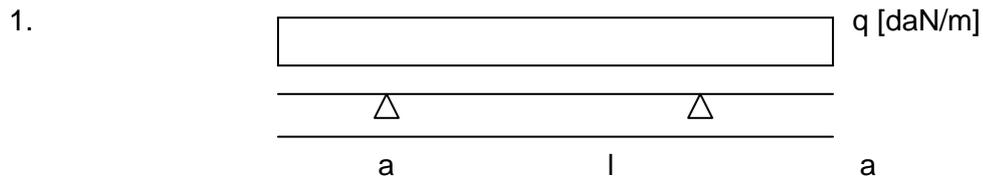


Viene condotta una verifica a presso flessione di un'equivalente sezione a T, con una sola nervatura data dalla somma delle due nervature, a partire dal bordo superiore del paramento prefabbricato, con passo di esplorazione "d"

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 9.6.2 Verifica a flessione nel piano orizzontale

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



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.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### 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

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

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	membrature 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	$0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 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 = 6,60 m

Approccio **1**      Muro Tipo **T**

**1 DATI DI PROGETTO**

1a)	<b>Dati geotecnici</b>			
	Angolo di attrito interno	gradi	φ	38
	Peso specifico	daN / m <sup>3</sup>	γ	2.000
	Angolo di attrito terra - muro (valore prudenziale)	gradi	δ	25
	Angolo di inclinazione piano di campagna	gradi	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	0
	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	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		FD	0,403    0,156
	periodo d'inizio	sec	Tc*	2,488    2,372
	Categoria sottosuolo		C	0,421    0,341
	Categoria topografica		T1	C      C
	Fattore di amplificazione stratigrafica		Ss	T1    T1
	Fattore di amplificazione topografica		St	1,10    1,478
				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>0</sub>	1,02
	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 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	3,60
	Dimensione sbalzo anteriore	m	sbalzo	0,80
	Larghezza suola fondazione a monte	m	l1	2,70
	Larghezza suola fuori nervatura	m	fo	1,60
	Larghezza sottofondazione	m	lf	0,00
	Altezza sottofondazione	m	hf	0,00
	Sbalzo a valle sottofondazione	m	sof	0,00
1f)	<b>Dati geotecnici terreno di fondazione</b>			
	Angolo di attrito interno	gradi	φ	38
	Peso specifico	daN / m <sup>3</sup>	γ	1.900
	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 <sub>T</sub>	1,43	> 1,00
2b)	<b>Verifica a ribaltamento</b>	combinazione dimensionante	EQ	k <sub>R</sub>	1,71	> 1,00
2c)	<b>Verifica a capacità portante</b>	combinazione dimensionante	SISMICAGEO	k <sub>p</sub>	1,04	> 1,00
				σ <sub>max</sub>	3,22	daN / cm <sup>2</sup>
				σ <sub>min</sub>	0,00	daN / cm <sup>2</sup>

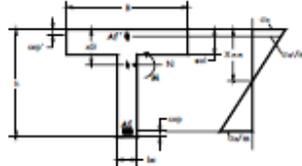
**3 VERIFICHE FONDAZIONE**



3a)	<u>Verifica fondazione di monte SLU (sezione d'inoastro)</u> <u>Verifica fondazione di monte SISMICO (sezione d'inoastro)</u>		$M_u / M_d$ $M_u / M_d$	1,25 1,22
3b)	<u>Verifica fondazione di valle SLU (sezione d'inoastro)</u> <u>Verifica fondazione di valle SISMICO (sezione d'inoastro)</u>		$M_u / M_d$ $M_u / M_d$	2,72 2,68
3c)	<u>Verifica fondazione di monte SLE RARA (sezione d'inoastro)</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	10 556	< $\sigma_{clm}$ 150 < $\sigma_{slm}$ 3520
	<u>Verifica fondazione di monte SLE FREQUENTE (sezione d'inoastro)</u>	Mcr [daNm]	31.333	> Me 6355,48
	<u>Verifica fondazione di monte SLE QUASI PERMANENTE (sezione d'inoastro)</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	6 31.333	< $\sigma_{clm}$ 112,5 > Me 5253,07
	<u>Verifica fondazione di monte SISMICO SLD (sezione d'inoastro)</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	43 2.678	< $\sigma_{clm}$ 150 < $\sigma_{slm}$ 3520

**4 VERIFICHE PREFABBRICATO :**

4a) Verifica prefabbricato



Af'	4	Ø 12	
Af 1	4	Ø 20	
Af 2	4	Ø 22	L 2 5,10 m
Af 3	4	Ø 16	L 3 3,46 m
Af 4	4	Ø 16	L 4 1,83 m
Af 5	0	Ø 0	L 5 0,00 m

SLU								STAFFE		
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>s</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	K <sub>a</sub>	Mu/M <sub>u</sub>	Vred	Vred	Vred
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daNm	daN	daNm	>1,00	daN	daN	daN
136	30	12,57	4,52	9782	1488	11906	1,22	10942	43548	6810
164	32,7	15,21	4,52	11683	1786	15822	1,35	12126	48257	7792
273	54,5	23,25	4,52	22191	2977	42697	1,92	21561	85808	12678
436	87,3	31,29	4,52	48486	4763	95553	1,93	35714	142134	22878
600	120,0	31,29	4,52	95612	6549	134746	1,41	49867	198460	36522

SISMICO								STAFFE		
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>s</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	K <sub>a</sub>	Mu/M <sub>u</sub>	Vred	Vred	Vred
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daNm	daN	daNm	>1,00	daN	daN	daN
136	30	12,57	4,52	11040	1488	11906	1,08	10942	43548	8195
164	32,7	15,21	4,52	13527	1786	15822	1,17	12126	48257	9509
273	54,5	23,25	4,52	27675	2977	42697	1,54	21561	85808	15905
436	87,3	31,29	4,52	64925	4763	95553	1,47	35714	142134	28914
600	120,0	31,29	4,52	127409	6549	134746	1,06	49867	198460	46024

SLE				FREQUENTE				RARA		
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>s</sub>	Mcr	mm	Me	cm	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	12,57	4,52	3809	-	869	-	Mcr>Me	8	384
164	32,7	15,21	4,52	4680	-	1371	-	Mcr>Me	10	450
273	54,5	23,25	4,52	13706	0	5133	-	Mcr>Me	12	615
436	87,3	31,29	4,52	32164	0	18226	-	Mcr>Me	17	893
600	120,0	31,29	4,52	51286	-	44074	-	Mcr>Me	24	1465

QUASI PERMANENTE			
Me	mm<cm	wk	$\sigma_c$ <157,5
daNm	mm	mm	daN/cm <sup>2</sup>
687	-	Mcr>Me	4
1109	-	Mcr>Me	5
4404	-	Mcr>Me	8
16361	-	Mcr>Me	12
40548	-	Mcr>Me	19

4b)	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLU</u> <u>Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO</u>		$M_u / M_d$ $M_u / M_d$	1,53 1,22
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE RARA</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	49 1.802	< $\sigma_{clm}$ 210 < $\sigma_{slm}$ 3520
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE FREQUENTE</u>	Mcr [daNm]	117	> Me 85
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE QUASI PERMANENTE</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	44 117	< $\sigma_{clm}$ 157,5 > Me 82
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO SLD</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	58 2.145	< $\sigma_{clm}$ 210 < $\sigma_{slm}$ 3520

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

Approccio 1 Muro Tipo T

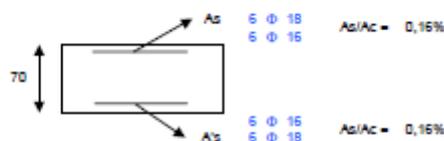
**1 DATI DI PROGETTO**

1a)	<b>Dati geotecnici</b>			
	Angolo di attrito interno	gradi	φ	38
	Peso specifico	daN / m <sup>3</sup>	γ	2.000
	Angolo di attrito terra - muro (valore prudenziale)	gradi	δ	25
	Angolo di inclinazione piano di campagna	gradi	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	0
	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	SLV SLD
	Vita Norminale	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		FD	0,403 0,156
	periodo d'inizio	sec	Tc*	2,488 2,372
	Categoria sottosuolo		C	0,421 0,341
	Categoria topografica		T1	C C
	Fattore di amplificazione stratigrafica		Ss	T1 T1
	Fattore di amplificazione topografica		St	1,10 1,478
				1,00 1,00
1d)	<b>Morfologia del muro</b>			
	Altezza del muro	m	h1	7,70
	Distanza tra il punto di ribaltamento e il baricentro dell'elemento prefabbricato	m	X <sub>0</sub>	1,55
	Distanza tra il baricentro del pannello e la soletta	m		0,35
	Peso elemento prefabbricato	daN	P	8.850
	Angolo di inclinazione parete prefabbricato rispetto orizzontale	gradi	b	90
	Larghezza elemento prefabbricato	m	b1	2,50
	Dimensione appoggio muro	m	appoggio	1,54
	Altezza sezione in sommità (tratto a sezione costante)	m		0,30
	Pendenza nervatura	m	pendenza	20%
	Larghezza nervatura / e	m	s	0,36
	Spessore soletta	m	sol	0,10
1e)	<b>Morfologia della fondazione</b>			
	Spessore massimo soletta di fondazione	m	h2	0,70
	Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	m	h3	0,70
	Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	m	h4	0,70
	Larghezza fondazione	m	l	4,10
	Dimensione sbalzo anteriore	m	sbalzo	1,20
	Larghezza suola fondazione a monte	m	l1	2,80
	Larghezza suola fuori nervatura	m	fo	1,50
	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	φ	38
	Peso specifico	daN / m <sup>3</sup>	γ	1.900
	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 <sub>T</sub>	1,39	> 1,00
2b)	<b>Verifica a ribaltamento</b>	combinazione dimensionante	EQ	k <sub>R</sub>	1,77	> 1,00
2c)	<b>Verifica a capacità portante</b>	combinazione dimensionante	SISMICAGEO	k <sub>p</sub>	1,02	> 1,00
				σ <sub>max</sub>	3,33	daN / cm <sup>2</sup>
				σ <sub>min</sub>	0,00	daN / cm <sup>2</sup>

**3 VERIFICHE FONDAZIONE**



3a)	Verifica fondazione di monte S1U (sezione d'inoastro) Verifica fondazione di monte S18MICO (sezione d'inoastro)	$M_u / M_R$ $M_u / M_R$	1,31 1,11
3b)	Verifica fondazione di valle S1U (sezione d'inoastro) Verifica fondazione di valle S18MICO (sezione d'inoastro)	$M_u / M_R$ $M_u / M_R$	1,57 1,58
3c)	Verifica fondazione di monte S1E RARA (sezione d'inoastro)	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	9 < $\sigma_{clim}$ 150 558 < $\sigma_{clim}$ 3520
	Verifica fondazione di monte S1E FREQUENTE (sezione d'inoastro)	Mcr [daNm]	41.801 > Me 6768,57
	Verifica fondazione di monte S1E GUASI PERMANENTE (sezione d'inoastro)	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	5 < $\sigma_{clim}$ 112,5 41.801 > Me 5645,54
	Verifica fondazione di monte S18MICO SLD (sezione d'inoastro)	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	35 < $\sigma_{clim}$ 150 2.088 < $\sigma_{clim}$ 3520

**4 VERIFICHE PREFABBRICATO :**

4a) Verifica prefabbricato



A1'	4 $\phi$ 12	
A1	4 $\phi$ 20	
A2	4 $\phi$ 22	L 2 6,20 m
A3	4 $\phi$ 20	L 3 5,29 m
A4	4 $\phi$ 20	L 4 2,38 m
A5	0 $\phi$ 0	L 5 0,00 m

S1U								STAFFE		diam. [mm]	passo [cm]
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>c</sub>	M <sub>u</sub>	M <sub>R</sub>	M <sub>u</sub>	M <sub>R</sub>	M <sub>u</sub> /M <sub>R</sub>	V <sub>red</sub>	V <sub>red</sub>	V <sub>red</sub>
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN/m	daN/m	daNm	daNm	>1,00	daN	daN	daN
127	30	12,57	4,52	9203	1609	11914	1,29	10942	43548	6204	
159	31,8	15,21	4,52	11351	2011	15320	1,35	11726	46667	7623	
191	38,2	27,77	4,52	13852	2414	33799	2,44	14478	57621	8871	
4	477	95,5	40,34	4,52	59062	6034	134978	2,29	39250	156207	25972
5	700	140,0	40,34	4,52	135477	8850	203827	1,50	58517	232885	46563

S18MICO								STAFFE		diam. [mm]	passo [cm]
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>c</sub>	M <sub>u</sub>	M <sub>R</sub>	M <sub>u</sub>	M <sub>R</sub>	M <sub>u</sub> /M <sub>R</sub>	V <sub>red</sub>	V <sub>red</sub>	V <sub>red</sub>
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN/m	daN/m	daNm	daNm	>1,00	daN	daN	daN
127	30	12,57	4,52	10219	1609	11914	1,37	10942	43548	7651	
159	31,8	15,21	4,52	12974	2011	15320	1,18	11726	46667	9131	
191	38,2	27,77	4,52	16241	2414	33799	2,08	14478	57621	10756	
4	477	95,5	40,34	4,52	76901	6034	134978	1,76	39250	156207	32354
5	700	140,0	40,34	4,52	179706	8850	203827	1,14	58517	232885	57829

S1E								FREQUENTE			RARA	
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>c</sub>	M <sub>u</sub>	M <sub>R</sub>	M <sub>u</sub>	M <sub>R</sub>	wk<0,3	$\sigma_c$ <210	$\sigma_c$ <3520		
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN/m	daN/m	daNm	daNm	mm	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		
127	30	12,57	4,52	3609	-	733	-	Mcr+Me	7	314		
159	31,8	15,21	4,52	4651	-	1278	-	Mcr+Me	10	437		
191	38,2	27,77	4,52	8958	0	2029	-	Mcr+Me	8	301		
4	477	95,5	40,34	4,52	41912	0	23335	-	Mcr+Me	18	791	
5	700	140,0	40,34	4,52	72373	-	68008	-	Mcr+Me	28	1457	

QUASI PERMANENTE			
M <sub>e</sub>	cm+cm	wk<0,2	$\sigma_c$ <157,5
daNm	mm	mm	daN/cm <sup>2</sup>
575	-	Mcr+Me	3
1030	-	Mcr+Me	5
1672	-	Mcr+Me	6
21103	-	Mcr+Me	13
63207	-	Mcr+Me	23

4b)	Verifica soletta nel piano orizzontale S1U Verifica soletta nel piano orizzontale S18MICO	10 $\phi$ 6 $M_u / M_R$ $M_u / M_R$	1,35 1,09
	Verifica soletta nel piano orizzontale S1E RARA	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	55 < $\sigma_{clim}$ 210 2.056 < $\sigma_{clim}$ 3520
	Verifica soletta nel piano orizzontale S1E FREQUENTE	Mcr [daNm]	137 > Me 114
	Verifica soletta nel piano orizzontale S1E GUASI PERMANENTE	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	50 < $\sigma_{clim}$ 157,5 137 > Me 111
	Verifica soletta nel piano orizzontale S18MICO SLD	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	65 < $\sigma_{clim}$ 210 2.421 < $\sigma_{clim}$ 3520

**RELAZIONE TECNICA PER MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO**      **H = 8,80 m**

Approccio **1**      Muro Tipo **T**

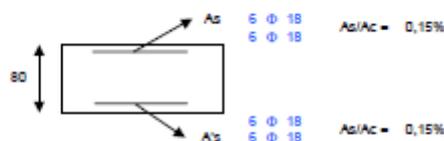
**1 DATI DI PROGETTO**

<b>1a)</b>	<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
<b>1b)</b>	<b>Carichi agenti</b>			
	Sovraccarico variabile stradale / ferroviario	daN / m <sup>2</sup>	qa	2.000
	Sovraccarico permanente	daN / m <sup>2</sup>	qp	0
	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
<b>1c)</b>	<b>Dati sismici</b>			
	Classe d'Uso		Cu	SLV    SLD
	Vita Normale	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		ag(g)	1.898    201
	fattore di amplificazione spettrale		FD	0,403    0,156
	periodo d'inizio	sec	Tc*	2,488    2,372
	Categoria sottosuolo			0,421    0,341
	Categoria topografica			C      C
	Fattore di amplificazione stratigrafica		Ss	T1    T1
	Fattore di amplificazione topografica		St	1,10    1,478
				1,00    1,00
<b>1d)</b>	<b>Morfologia del muro</b>			
	Altezza del muro	m	h1	8,80
	Distanza tra il punto di ribaltamento e il baricentro dell'elemento prefabbricato	m	X <sub>0</sub>	1,91
	Distanza tra il baricentro del pannello e la soletta	m		0,41
	Peso elemento prefabbricato	daN	P	10.800
	Angolo di inclinazione parete prefabbricato rispetto orizzontale	gradi	b	90
	Larghezza elemento prefabbricato	m	b1	2,50
	Dimensione appoggio muro	m	appoggio	1,76
	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
<b>1e)</b>	<b>Morfologia della fondazione</b>			
	Spessore massimo soletta di fondazione	m	h2	0,80
	Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	m	h3	0,80
	Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	m	h4	0,80
	Larghezza fondazione	m	l	4,70
	Dimensione sbalzo anteriore	m	sbalzo	1,50
	Larghezza suola fondazione a monte	m	l1	3,10
	Larghezza suola fuori nervatura	m	fo	1,60
	Larghezza sottofondazione	m	lf	0,00
	Altezza sottofondazione	m	hf	0,00
	Sbalzo a valle sottofondazione	m	sbv	0,00
<b>1f)</b>	<b>Dati geotecnici terreno di fondazione</b>			
	Angolo di attrito interno	gradi	$\phi$	38
	Peso specifico	daN / m <sup>3</sup>	$\gamma$	1.900
	Coesione	daN / cm <sup>2</sup>	c	0
	Ricoprimento fondazione a valle	m	hr	0,40

**2 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE**

<b>2a)</b>	<b>Verifica a trazione</b>	combinazione dimensionante	SISMICA	$k_T$	1,37	> 1,00
<b>2b)</b>	<b>Verifica a ribaltamento</b>	combinazione dimensionante	EQ	$k_R$	1,90	> 1,00
<b>2c)</b>	<b>Verifica a capacità portante</b>	combinazione dimensionante	SISMICAGEO	$k_p$	1,00	> 1,00
				$\sigma_{max}$	3,60	daN / cm <sup>2</sup>
				$\sigma_{min}$	0,00	daN / cm <sup>2</sup>

**3 VERIFICHE FONDAZIONE**



3a)	<u>Verifica fondazione di monte SLU (sezione d'inoastro)</u> <u>Verifica fondazione di monte SISMICO (sezione d'inoastro)</u>		$M_u / M_{Rd}$ $M_u / M_{Rd}$	1,42 1,05
3b)	<u>Verifica fondazione di valle SLU (sezione d'inoastro)</u> <u>Verifica fondazione di valle SISMICO (sezione d'inoastro)</u>		$M_u / M_{Rd}$ $M_u / M_{Rd}$	1,38 1,22
3c)	<u>Verifica fondazione di monte SLE RARA (sezione d'inoastro)</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	8 527	< $\sigma_{clim}$ 150 < $\sigma_{clim}$ 3520
	<u>Verifica fondazione di monte SLE FREQUENTE (sezione d'inoastro)</u>	Mcr [daNm]	54.601	> Me 8383,41
	<u>Verifica fondazione di monte SLE QUASI PERMANENTE (sezione d'inoastro)</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	5 54.601	< $\sigma_{clim}$ 112,5 > Me 7082,2
	<u>Verifica fondazione di monte SISMICO SLD (sezione d'inoastro)</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	38 2.456	< $\sigma_{clim}$ 150 < $\sigma_{clim}$ 3520

**4 VERIFICHE PREFABBRICATO :**

4a) Verifica prefabbricato



Af'	4	Ø 12	
Af 1	4	Ø 22	
Af 2	4	Ø 22	L 2 7,30 m
Af 3	4	Ø 22	L 3 5,75 m
Af 4	4	Ø 22	L 4 2,21 m
Af 5	0	Ø 0	L 5 0,00 m

SLU							STAFFE			
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>s</sub> '	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	K <sub>a</sub>	Mu/M <sub>uRd</sub>	Vred	Vred	Vred
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daNm	daN	daNm	>1,00	daN	daN	daN
145	30	15,21	4,52	10388	1963	14214	1,37	19299	43203	7126
182	36,4	15,21	4,52	13096	2454	17826	1,36	24202	54178	8500
255	50,9	30,41	4,52	20076	3436	51133	2,55	35384	79212	11757
3	618	123,6	45,62	102140	8345	200810	1,97	91298	204381	38251
4	800	160,0	45,62	185661	10799	264891	1,43	119255	266966	57876
5										

SISMICO							STAFFE			
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>s</sub> '	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	K <sub>a</sub>	Mu/M <sub>uRd</sub>	Vred	Vred	Vred
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daNm	daN	daNm	>1,00	daN	daN	daN
145	30	15,21	4,52	12029	1963	14214	1,18	19299	43203	8862
182	36,4	15,21	4,52	15714	2454	17826	1,13	24202	54178	10750
2	255	50,9	30,41	4,52	25414	3436	51133	2,01	35384	79212
3	618	123,6	45,62	4,52	139722	8345	200810	1,44	91298	204381
4	800	160,0	45,62	4,52	253710	10799	264891	1,04	119255	266966
5										

SLE							FREQUENTE			RARA		
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>s</sub> '	M <sub>cr</sub>	arm	M <sub>e</sub>	cm	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/mm <sup>2</sup>	daN/mm <sup>2</sup>		
145	30	15,21	4,52	4234	-	1020	-	Mcr>Me	9	368		
182	36,4	15,21	4,52	5757	-	1791	-	Mcr>Me	10	500		
2	255	50,9	30,41	4,52	14472	0	4279	-	Mcr>Me	11	430	
3	618	123,6	45,62	4,52	64397	0	47920	-	Mcr>Me	24	1052	
4	800	160,0	45,62	4,52	92992	106	99249	0,00	0,05	33	1612	
5												

QUASI PERMANENTE			
M <sub>e</sub>	arm=cm	wk<0,2	$\sigma_c < 157,5$
daNm	mm	mm	daN/mm <sup>2</sup>
913	-	Mcr>Me	5
1467	-	Mcr>Me	6
3644	-	Mcr>Me	7
44177	-	Mcr>Me	19
92980	-	Mcr>Me	27

4b)	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLU</u> <u>Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO</u>		$M_u / M_{Rd}$ $M_u / M_{Rd}$	1,77 1,42
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE RARA</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	54 1.573	< $\sigma_{clim}$ 210 < $\sigma_{clim}$ 3520
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE FREQUENTE</u>	Mcr [daNm]	165	> Me 148
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE QUASI PERMANENTE</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	50 165	< $\sigma_{clim}$ 157,5 > Me 145
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO SLD</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	64 1.875	< $\sigma_{clim}$ 210 < $\sigma_{clim}$ 3520

**RELAZIONE TECNICA PER MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO** **H = 9,30 m**

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

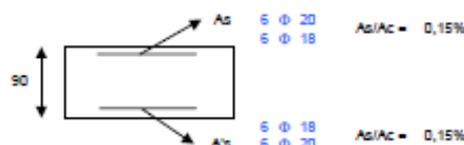
**1 DATI DI PROGETTO**

1a)	<b>Dati geotecnici</b>				
	Angolo di attrito interno	gradi	$\phi$	38	
	Peso specifico	daN / m3	$\gamma$	2.000	
	Angolo di attrito terra - muro (valore prudenziale)	gradi	$\delta$	25	
	Angolo di inclinazione piano di campagna	gradi	$\epsilon$	0	
	Coesione	daN / cm2	c	0	
1b)	<b>Carichi agenti</b>				
	Sovraccarico variabile stradale / ferroviario	daN / m2	qa	2.000	
	Sovraccarico permanente	daN / m2	qp	0	
	Forza orizzontale in testa variabile (positivo tende lato monte)	daN / elemento	fv	0	
	Forza orizzontale in testa eccezionale (positivo tende lato monte)	daN / elemento	fe	3.333	
	Sovraccarico sulla fondazione a monte	daN / m2	q1	0	
	Momento in testa variabile (positivo tende lato monte)	daNm / elemento	momv	0	
	Momento in testa eccezionale (positivo tende lato monte)	daNm / elemento	momc	3.333	
	Forza verticale in testa (positivo di compressione)	daN / elemento	N	0	
	Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	m	braccio	0,00	
1c)	<b>Dati sismici</b>				
	Classe d'Uso		Cu	2	2
	Vita Normale	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)	0,403	0,156
	fattore di amplificazione spettrale		F0	2,488	2,372
	periodo d'inizio	sec	Tc'	0,421	0,341
	Categoria sottosuolo		C	C	C
	Categoria topografica		T1	T1	T1
	Fattore di amplificazione stratigrafica		Ss	1,10	1,478
	Fattore di amplificazione topografica		St	1,00	1,00
1d)	<b>Morfologia del muro</b>				
	Altezza del muro	m	h1	9,30	
	Distanza tra il punto di ribaltamento e il baricentro dell'elemento prefabbricato	m	X <sub>0</sub>	1,93	
	Distanza tra il baricentro del pannello e la soletta	m		0,43	
	Peso elemento prefabbricato	daN	P	12.525	
	Angolo di inclinazione parete prefabbricato rispetto orizzontale	gradi	b	90	
	Larghezza elemento prefabbricato	m	b1	2,50	
	Dimensione appoggio muro	m	appoggio	1,86	
	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	0,90	
	Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	m	h3	0,90	
	Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	m	h4	0,90	
	Larghezza fondazione	m	l	5,00	
	Dimensione sbalzo anteriore	m	sbalzo	1,50	
	Larghezza suola fondazione a monte	m	l1	3,40	
	Larghezza suola fuori nervatura	m	fo	1,82	
	Larghezza sottofondazione	m	lf	0,00	
	Altezza sottofondazione	m	hf	0,00	
	Sbalzo a valle sottofondazione	m	sof	0,00	
1f)	<b>Dati geotecnici terreno di fondazione</b>				
	Angolo di attrito interno	gradi	$\phi$	38	
	Peso specifico	daN / m3	$\gamma$	1.900	
	Coesione	daN / cm2	c	0	
	Ricoprimento fondazione a valle	m	hr	0,40	

**2 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE**

2a)	<b>Verifica a trascinamento</b>	combinazione dimensionante	SISMICA	$K_T$	1,39	> 1,00
2b)	<b>Verifica a ribaltamento</b>	combinazione dimensionante	SISMICA	$K_R$	1,96	> 1,00
2c)	<b>Verifica a capacità portante</b>	combinazione dimensionante	SISMICAGEO	$K_p$	1,05	> 1,00
				$\sigma_{max}$	3,91	daN / cm2
				$\sigma_{min}$	0,00	daN / cm2

**3 VERIFICHE FONDAZIONE**



3a)	<u>Verifica fondazione di monte SLU (sezione d'inoastro)</u> <u>Verifica fondazione di monte SISMICO (sezione d'inoastro)</u>	$M_u/M_d$ $M_u/M_d$	1,40 1,02
3b)	<u>Verifica fondazione di valle SLU (sezione d'inoastro)</u> <u>Verifica fondazione di valle SISMICO (sezione d'inoastro)</u>	$M_u/M_d$ $M_u/M_d$	1,66 1,40
3c)	<u>Verifica fondazione di monte SLE RARA (sezione d'inoastro)</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	8 < $\sigma_c$ lim 150 523 < $\sigma_s$ lim 3520
	<u>Verifica fondazione di monte SLE FREQUENTE (sezione d'inoastro)</u>	Mcr [daNm]	69.185 > Me 10557,1
	<u>Verifica fondazione di monte SLE QUASI PERMANENTE (sezione d'inoastro)</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	5 < $\sigma_c$ lim 112,5 69.185 > Me 8941,29
	<u>Verifica fondazione di monte SISMICO SLD (sezione d'inoastro)</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	37 < $\sigma_c$ lim 150 2.279 < $\sigma_s$ lim 3520

**4 VERIFICHE PREFABBRICATO :**

4a) Verifica prefabbricato



Af' 1	4 Ø 12		
Af 1	4 Ø 20		
Af 2	4 Ø 22	L2	7,80 m
Af 3	4 Ø 22	L3	6,13 m
Af 4	4 Ø 24	L4	2,45 m
Af 5	Ø Ø 0	L5	0,00 m

SLU								STAFFE			
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>c</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	K <sub>a</sub>	Mu/M <sub>ky</sub>	Vred	diam. [mm]	passo [cm]	
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN/m	daN	daN/m	>1.00	daN	8	30	
1	115	30	12,57	4,52	8434	1708	11853	1,41	19299	43203	6093
2	153	30,5	15,21	4,52	10893	2277	14543	1,34	19724	44154	7388
3	229	45,8	30,41	4,52	17376	3416	45370	2,61	31466	70440	10541
4	611	122,2	48,51	4,52	99504	9109	210741	2,12	90179	201875	37557
5	840	168,0	48,51	4,52	208965	12524	296915	1,42	125406	280736	62770

SISMICO								STAFFE			
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>c</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	K <sub>a</sub>	Mu/M <sub>ky</sub>	Vred	diam. [mm]	passo [cm]	
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN/m	daN	daN/m	>1.00	daN	8	30	
1	115	30	12,57	4,52	9629	1708	11853	1,23	19299	43203	7719
2	153	30,5	15,21	4,52	13058	2277	14543	1,11	19724	44154	9626
3	229	45,8	30,41	4,52	22425	3416	45370	2,02	31466	70440	14110
4	611	122,2	48,51	4,52	141732	9109	210741	1,49	90179	201875	49912
5	840	168,0	48,51	4,52	295975	12524	296915	1,00	125406	280736	82096

SLE				FREQUENTE				RARA			
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>c</sub>	Mcr	wk	wk	wk	$\sigma_c$ < 210	$\sigma_c$ < 3520		
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daN/m	mm	mm	mm	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		
1	115	30	12,57	4,52	3795	-	567	5	231		
2	153	30,5	15,21	4,52	4350	-	1153	10	399		
3	229	45,8	30,41	4,52	12405	0	3348	10	374		
4	611	122,2	48,51	4,52	65441	0	46363	23	966		
5	840	168,0	48,51	4,52	102715	105	114046	0,06	1641		

QUASI PERMANENTE			
Mcr	wk	wk	$\sigma_c$ < 157,5
daN/m	mm	mm	daN/cm <sup>2</sup>
438	-	Mcr>Me	3
924	-	Mcr>Me	5
2734	-	Mcr>Me	6
42707	-	Mcr>Me	18
107134	0,00	0,05	29

4b)	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLU</u> <u>Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO</u>	$M_u/M_d$ $M_u/M_d$	1,70 1,34
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE RARA</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	56 < $\sigma_c$ lim 210 1.643 < $\sigma_s$ lim 3520
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE FREQUENTE</u>	Mcr [daNm]	174 > Me 163
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE QUASI PERMANENTE</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	52 < $\sigma_c$ lim 157,5 174 > Me 159
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO SLD</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	68 < $\sigma_c$ lim 210 1.981 < $\sigma_s$ lim 3520

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

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

**1 DATI DI PROGETTO**

<b>1a)</b>	<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	$\alpha$	0
	Coesione	daN / cm <sup>2</sup>	$c$	0
<b>1b)</b>	<b>Carichi agenti</b>			
	Sovraccarico variabile stradale / ferroviario	daN / m <sup>2</sup>	$q_a$	2.000
	Sovraccarico permanente	daN / m <sup>2</sup>	$q_p$	0
	Forza orizzontale in testa variabile (positivo tende lato monte)	daN / elemento	$f_v$	0
	Forza orizzontale in testa eccezionale (positivo tende lato monte)	daN / elemento	$f_e$	3.333
	Sovraccarico sulla fondazione a monte	daN / m <sup>2</sup>	$q_1$	0
	Momento in testa variabile (positivo tende lato monte)	daNm / elemento	$m_{ov}$	0
	Momento in testa eccezionale (positivo tende lato monte)	daNm / elemento	$m_{ome}$	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
<b>1c)</b>	<b>Dati sismici</b>			
	Classe d'Uso		Cu	SLV 2 2
	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]	$a_g(g)$	0,403 0,156
	fattore di amplificazione spettrale		FD	2,488 2,372
	periodo d'inizio	sec	Tc'	0,421 0,341
	Categoria sottosuolo		C	C
	Categoria topografica		T1	T1
	Fattore di amplificazione stratigrafica		Ss	1,10 1,478
	Fattore di amplificazione topografica		St	1,00 1,00
<b>1d)</b>	<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	$X_G$	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 orizzontale	gradi	$\beta$	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
<b>1e)</b>	<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	sbv	0,00
<b>1f)</b>	<b>Dati geotecnici terreno di fondazione</b>			
	Angolo di attrito interno	gradi	$\phi$	38
	Peso specifico	daN / m <sup>3</sup>	$\gamma$	1.900
	Coesione	daN / cm <sup>2</sup>	$c$	0
	Ricoprimento fondazione a valle	m	hr	0,40

**2 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE**

<b>2a)</b>	<b>Verifica a traslazione</b>	combinazione dimensionante	SISMICA	$k_T$	1,45	> 1,00
<b>2b)</b>	<b>Verifica a ribaltamento</b>	combinazione dimensionante	SISMICA	$k_R$	2,05	> 1,00
<b>2c)</b>	<b>Verifica a capacità portante</b>	combinazione dimensionante	SISMICAGEO	$k_p$	1,23	> 1,00
				$\sigma_{max}$	4,13	daN / cm <sup>2</sup>
				$\sigma_{min}$	0,10	daN / cm <sup>2</sup>

**3 VERIFICHE FONDAZIONE**



MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
SS0531\_F0.doc

Rev F0  
Data 20/06/2011

3a)	<u>Verifica fondazione di monte SLU (sezione d'inoastro)</u> <u>Verifica fondazione di monte SISMICO (sezione d'inoastro)</u>	$M_u, M_d$ $M_u, M_d$	1,39 1,03
3b)	<u>Verifica fondazione di valle SLU (sezione d'inoastro)</u> <u>Verifica fondazione di valle SISMICO (sezione d'inoastro)</u>	$M_u, M_d$ $M_u, M_d$	1,97 1,59
3c)	<u>Verifica fondazione di monte SLE RARA (sezione d'inoastro)</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	8 < $\sigma_c$ lim 150 481 < $\sigma_s$ lim 3520
	<u>Verifica fondazione di monte SLE FREQUENTE (sezione d'inoastro)</u>	Mcr [daNm]	86.815 > Me 14330,2
	<u>Verifica fondazione di monte SLE QUASI PERMANENTE (sezione d'inoastro)</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] Mcr [daNm]	5 < $\sigma_c$ lim 112,5 86.815 > Me 12094,5
	<u>Verifica fondazione di monte SISMICO SLD (sezione d'inoastro)</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	42 < $\sigma_c$ lim 150 2.471 < $\sigma_s$ lim 3520

**4 VERIFICHE PREFABBRICATO :**

4a) Verifica prefabbricato



AF'	4	Ø 12	
AF 1	4	Ø 20	
AF 2	4	Ø 24	L 2 8,60 m
AF 3	4	Ø 22	L 3 7,03 m
AF 4	4	Ø 20	L 4 4,46 m
AF 5	4	Ø 20	L 5 2,40 m

SLU							STAFFE				
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>t</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	Ka	Mu	Mu/M <sub>u</sub>	Vred	Vred	Vred
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daNm	daN	daNm	daNm	>1,00	daN	daN	daN
124	30	12,57	4,52	9005	1762	11861	1,32	19222	43031	6399	
165	33,1	18,10	4,52	11819	2350	18863	1,60	21609	48374	7861	
207	41,4	33,30	4,52	15245	2937	43986	2,89	27969	62612	9543	
455	91,0	45,87	4,52	53696	6462	145019	2,70	66131	148041	24258	
662	132,4	58,43	4,52	119084	9399	275001	2,31	97932	219232	42574	
910	182,0	58,43	4,52	254415	12924	387034	1,52	136094	304661	71815	

SISMICO							STAFFE				
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>t</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	Ka	Mu	Mu/M <sub>u</sub>	Vred	Vred	Vred
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daNm	daN	daNm	daNm	>1,00	daN	daN	daN
124	30	12,57	4,52	10759	1762	11861	1,10	19222	43031	8666	
165	33,1	18,10	4,52	14986	2350	18863	1,26	21609	48374	10965	
207	41,4	33,30	4,52	20270	2937	43986	2,17	27969	62612	13524	
455	91,0	45,87	4,52	80238	6462	145019	1,81	66131	148041	34258	
662	132,4	58,43	4,52	179157	9399	275001	1,53	97932	219232	58889	
910	182,0	58,43	4,52	376880	12924	387034	1,03	136094	304661	96930	

SLE				FREQUENTE			RARA		
d	h	A <sub>s</sub>	A <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	σ <sub>m</sub>	wk<0,3	σ <sub>c</sub> <210	σ <sub>c</sub> <3520	
cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	daNm	mm	mm	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	
124	30	12,57	4,52	3788	-	689	-	7	
165	33,1	18,10	4,52	5470	-	1410	-	9	
207	41,4	33,30	4,52	11309	0	3492	-	9	
455	91,0	45,87	4,52	42099	0	20446	-	17	
662	132,4	58,43	4,52	80929	0	58046	-	25	
910	182,0	58,43	4,52	126016	102	143293	0,00	37	

QUASI PERMANENTE			
M <sub>e</sub>	σ <sub>m</sub> =σ <sub>m</sub>	wk	σ <sub>c</sub> <157,5
daNm	mm	mm	daN/cm <sup>2</sup>
538	-	Mcr-Me	3
1142	-	Mcr-Me	5
2073	-	Mcr-Me	6
18419	-	Mcr-Me	12
53756	-	Mcr-Me	20
135181	0,00	0,05	31

4b)	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLU</u> <u>Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO</u>	15 Ø 6	$M_u, M_d$ $M_u, M_d$	1,58 1,23
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE RARA</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	60 < $\sigma_c$ lim 210 1.765 < $\sigma_s$ 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> ] Mcr [daNm]	56 < $\sigma_c$ lim 157,5 188 > Me 186	
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO SLD</u>	$\sigma_c$ [daN / cm <sup>2</sup> ] $\sigma_s$ [daN / cm <sup>2</sup> ]	74 < $\sigma_c$ lim 210 2.148 < $\sigma_s$ lim 3520	

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0531_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.

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

$$\gamma_r \geq 1.1$$

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

Sono state affrontate le condizioni in fase statica e sismica assumendo le geometrie di scavo più sfavorevoli, corrispondenti ad un'altezza del muro di 9 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:

$$\frac{a_g}{g} = 0.403$$

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

$$S_S = 1.10$$

$$S_T = 1.0$$

$$\beta_s = 0.30$$

$$\frac{a_{max}}{g} = 1.10 \cdot 1.0 \cdot 0.403 = 0.443$$

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} = 0.30 \cdot 0.443 = 0.133$$

$$k_v = \pm \frac{k_h}{2} = \pm 0.0665$$

dove:

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

$g$  : accelerazione di gravità

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

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

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

$k_h$  = coefficiente sismico orizzontale

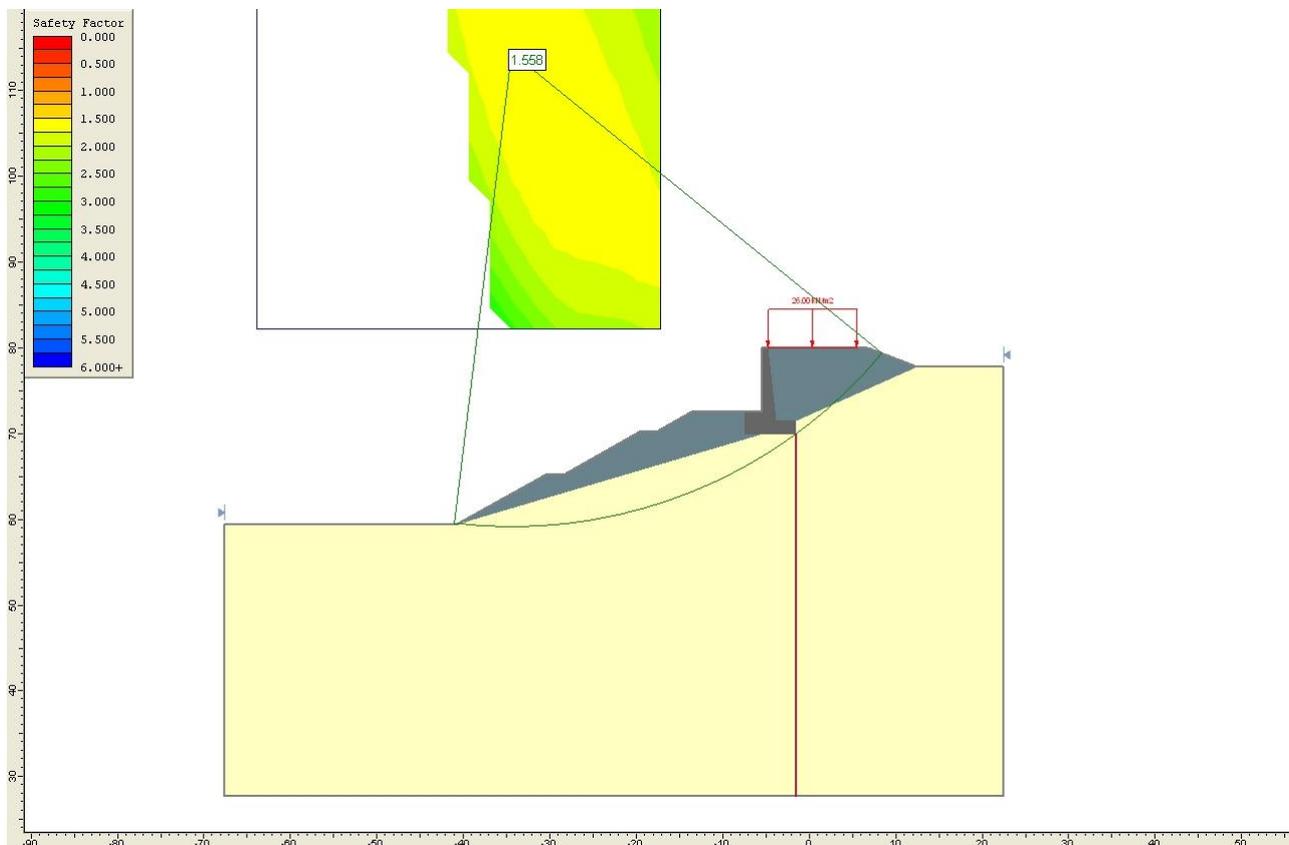
$k_v$  = coefficiente sismico verticale

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

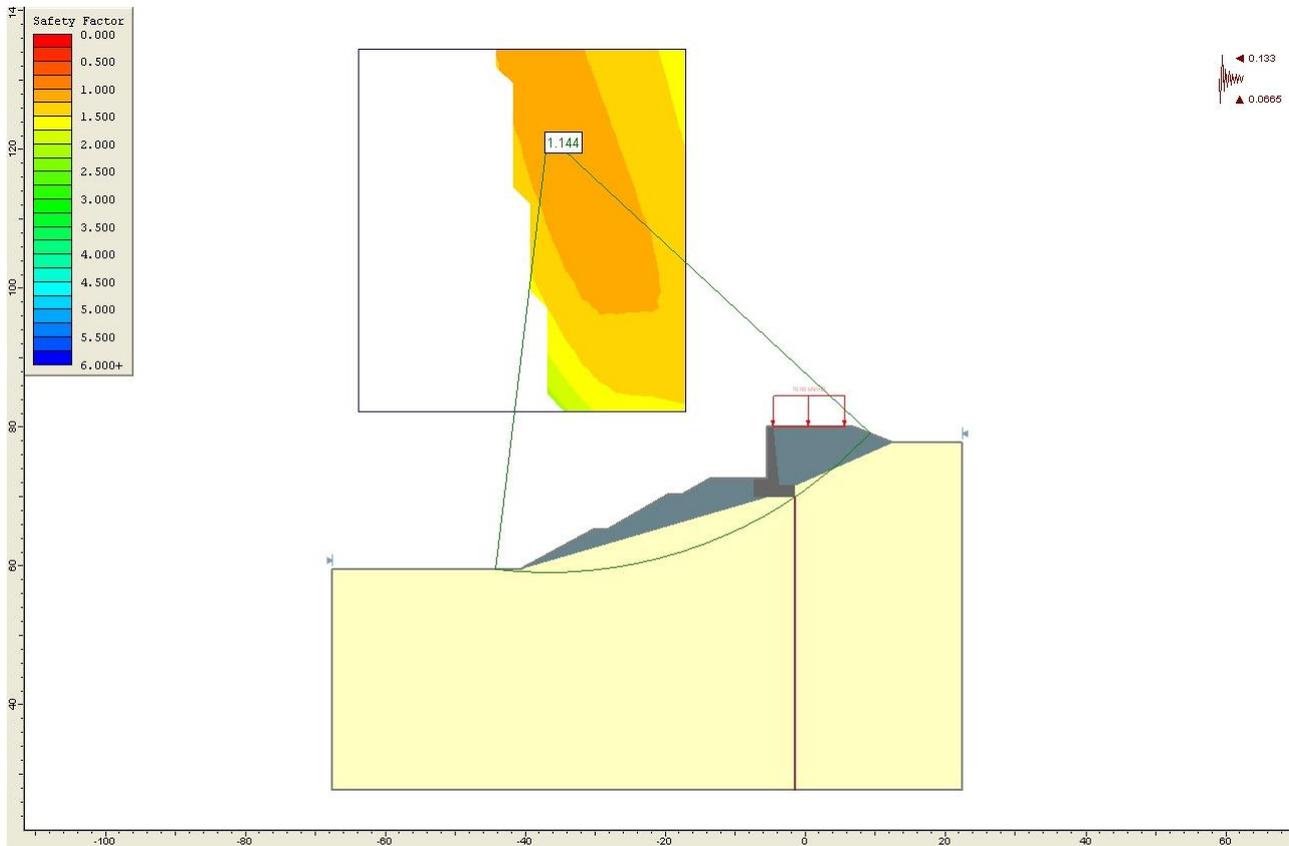
-Caso	Fattore di sicurezza globale
statico	1.558
sismico	1.144

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:  $F_s=1.558$**



**Analisi di stabilità caso sismico:  $F_s=144$**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0531_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+314 0+356-statica.sli

##### Project Settings

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

##### Analysis Methods

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

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

##### Surface Options

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

##### 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

-7.440	72.525
-7.440	70.525
-7.448	69.804
-5.706	69.804
-1.440	69.804
-1.440	71.525

##### Material Boundary

-1.440	71.525
12.443	77.750

##### Material Boundary

-40.795	59.381
-5.706	69.804

##### Material Boundary

-1.440	80.015
-1.440	71.529
-1.440	71.525

##### Material Boundary

-4.700	80.015
-3.829	71.529
-1.440	71.529

##### External Boundary

-5.440	72.525
-7.440	72.525
-13.623	72.525
-17.665	70.215
-19.665	70.215
-28.415	65.215
-30.415	65.215
-40.795	59.381
-67.557	59.381
-67.557	57.750
-67.557	27.750
22.443	27.750
22.443	57.750
22.443	77.750

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> SS0531_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.443 77.750  
6.810 80.015  
5.510 80.015  
-1.440 80.015  
-4.700 80.015  
-4.700 80.015  
-5.440 80.015

Focus/Block Search Line  
-1.440 27.750  
-1.440 69.804

Search Grid  
-63.843 82.193  
-17.184 82.193  
-17.184 134.385  
-63.843 134.385

Distributed Load  
5.510 80.015  
-1.440 80.015  
-4.700 80.015

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

Raw Data for Minimum Circle Results						
Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety			
-63.843	82.193	63.621	-1000.00000	-61.387	134.385	88.116 -1000.00000
-63.843	84.679	64.151	-1000.00000	-58.932	82.193	58.811 -1000.00000
-63.843	87.164	64.773	-1000.00000	-58.932	84.679	59.385 -1000.00000
-63.843	89.649	65.483	-1000.00000	-58.932	87.164	60.055 -1000.00000
-63.843	92.135	66.278	-1000.00000	-58.932	89.649	60.820 -1000.00000
-63.843	94.620	67.156	-1000.00000	-58.932	92.135	61.676 -1000.00000
-63.843	97.105	68.114	-1000.00000	-58.932	94.620	62.619 -1000.00000
-63.843	99.591	69.148	-1000.00000	-58.932	97.105	63.645 -1000.00000
-63.843	102.076	70.254	-1000.00000	-58.932	99.591	64.750 -1000.00000
-63.843	104.561	71.430	-1000.00000	-58.932	102.076	65.930 -1000.00000
-63.843	107.047	72.672	-1000.00000	-58.932	104.561	67.182 -1000.00000
-63.843	109.532	73.976	-1000.00000	-58.932	107.047	68.500 -1000.00000
-63.843	112.017	75.340	-1000.00000	-58.932	109.532	69.883 -1000.00000
-63.843	114.503	76.760	-1000.00000	-58.932	112.017	71.325 -1000.00000
-63.843	116.988	78.233	-1000.00000	-58.932	114.503	72.823 -1000.00000
-63.843	119.473	79.757	-1000.00000	-58.932	116.988	74.375 -1000.00000
-63.843	121.959	81.328	-1000.00000	-58.932	119.473	75.976 -1000.00000
-63.843	124.444	82.944	-1000.00000	-58.932	121.959	77.623 -1000.00000
-63.843	126.929	84.602	-1000.00000	-58.932	124.444	79.315 -1000.00000
-63.843	129.415	86.299	-1000.00000	-58.932	126.929	81.047 -1000.00000
-63.843	131.900	88.034	-1000.00000	-58.932	129.415	82.817 -1000.00000
-63.843	134.385	89.805	-1000.00000	-58.932	131.900	84.624 -1000.00000
-61.387	82.193	61.214	-1000.00000	-56.476	134.385	86.464 -1000.00000
-61.387	84.679	61.765	-1000.00000	-56.476	82.193	56.413 -1000.00000
-61.387	87.164	62.410	-1000.00000	-56.476	84.679	57.011 -1000.00000
-61.387	89.649	63.147	-1000.00000	-56.476	87.164	57.709 -1000.00000
-61.387	92.135	63.971	-1000.00000	-56.476	89.649	58.505 -1000.00000
-61.387	94.620	64.881	-1000.00000	-56.476	92.135	59.394 -1000.00000
-61.387	97.105	65.871	-1000.00000	-56.476	94.620	60.372 -1000.00000
-61.387	99.591	66.940	-1000.00000	-56.476	97.105	61.435 -1000.00000
-61.387	102.076	68.082	-1000.00000	-56.476	99.591	62.579 -1000.00000
-61.387	104.561	69.295	-1000.00000	-56.476	102.076	63.800 -1000.00000
-61.387	107.047	70.574	-1000.00000	-56.476	104.561	65.092 -1000.00000
-61.387	109.532	71.917	-1000.00000	-56.476	107.047	66.453 -1000.00000
-61.387	112.017	73.319	-1000.00000	-56.476	109.532	67.877 -1000.00000
-61.387	114.503	74.777	-1000.00000	-56.476	112.017	69.361 -1000.00000
-61.387	116.988	76.289	-1000.00000	-56.476	114.503	70.901 -1000.00000
-61.387	119.473	77.851	-1000.00000	-56.476	116.988	72.493 -1000.00000
-61.387	121.959	79.459	-1000.00000	-56.476	119.473	74.135 -1000.00000
-61.387	124.444	81.112	-1000.00000	-56.476	121.959	75.823 -1000.00000
-61.387	126.929	82.807	-1000.00000	-56.476	124.444	77.553 -1000.00000
-61.387	129.415	84.541	-1000.00000	-56.476	126.929	79.324 -1000.00000
-61.387	131.900	86.311	-1000.00000	-56.476	129.415	81.132 -1000.00000
				-56.476	131.900	82.975 -1000.00000
				-56.476	134.385	84.851 -1000.00000
				-54.020	82.193	54.020 -1000.00000

**MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK  
0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO**

*Codice documento*  
SS0531\_F0.doc

<i>Rev</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

-54.020	84.679	54.644 -1000.00000	-46.653	82.193	46.880 -1000.00000
-54.020	87.164	55.372 -1000.00000	-46.653	84.679	47.597 -1000.00000
-54.020	89.649	56.201 -1000.00000	-46.653	87.164	48.431 -1000.00000
-54.020	92.135	57.126 -1000.00000	-46.653	89.649	49.377 -1000.00000
-54.020	94.620	58.142 -1000.00000	-46.653	92.135	50.427 -1000.00000
-54.020	97.105	59.246 -1000.00000	-46.653	94.620	51.576 -1000.00000
-54.020	99.591	60.431 -1000.00000	-46.653	97.105	52.816 -1000.00000
-54.020	102.076	61.694 -1000.00000	-46.653	99.591	54.143 -1000.00000
-54.020	104.561	63.030 -1000.00000	-46.653	102.076	55.549 -1000.00000
-54.020	107.047	64.434 -1000.00000	-46.653	104.561	57.029 -1000.00000
-54.020	109.532	65.901 -1000.00000	-46.653	107.047	58.577 -1000.00000
-54.020	112.017	67.429 -1000.00000	-46.653	109.532	60.187 -1000.00000
-54.020	114.503	69.012 -1000.00000	-46.653	112.017	61.856 -1000.00000
-54.020	116.988	70.647 -1000.00000	-46.653	114.503	63.578 -1000.00000
-54.020	119.473	72.331 -1000.00000	-46.653	116.988	65.349 -1000.00000
-54.020	121.959	74.059 -1000.00000	-46.653	119.473	67.166 -1000.00000
-54.020	124.444	75.830 -1000.00000	-46.653	121.959	69.024 -1000.00000
-54.020	126.929	77.640 -1000.00000	-46.653	124.444	70.921 -1000.00000
-54.020	129.415	79.486 -1000.00000	-46.653	126.929	72.853 -1000.00000
-54.020	131.900	81.367 -1000.00000	-46.653	129.415	74.817 -1000.00000
-54.020	134.385	83.279 -1000.00000	-46.653	131.900	76.812 -1000.00000
-51.564	82.193	51.633 -1000.00000	-46.653	134.385	78.835 -1000.00000
-51.564	84.679	52.285 -1000.00000	-44.197	82.193	44.516 -1000.00000
-51.564	87.164	53.045 -1000.00000	-44.197	84.679	45.271 -1000.00000
-51.564	89.649	53.910 -1000.00000	-44.197	87.164	46.147 -1000.00000
-51.564	92.135	54.874 -1000.00000	-44.197	89.649	47.138 -1000.00000
-51.564	94.620	55.931 -1000.00000	-44.197	92.135	48.237 -1000.00000
-51.564	97.105	57.077 -1000.00000	-44.197	94.620	49.437 -1000.00000
-51.564	99.591	58.307 -1000.00000	-44.197	97.105	50.730 -1000.00000
-51.564	102.076	59.615 -1000.00000	-44.197	99.591	52.110 -1000.00000
-51.564	104.561	60.996 -1000.00000	-44.197	102.076	53.569 -1000.00000
-51.564	107.047	62.446 -1000.00000	-44.197	104.561	55.102 -1000.00000
-51.564	109.532	63.959 -1000.00000	-44.197	107.047	56.703 -1000.00000
-51.564	112.017	65.532 -1000.00000	-44.197	109.532	58.365 -1000.00000
-51.564	114.503	67.160 -1000.00000	-44.197	112.017	60.084 -1000.00000
-51.564	116.988	68.839 -1000.00000	-44.197	114.503	61.856 -1000.00000
-51.564	119.473	70.566 -1000.00000	-44.197	116.988	63.675 -1000.00000
-51.564	121.959	72.336 -1000.00000	-44.197	119.473	65.538 -1000.00000
-51.564	124.444	74.148 -1000.00000	-44.197	121.959	67.441 -1000.00000
-51.564	126.929	75.998 -1000.00000	-44.197	124.444	69.381 -1000.00000
-51.564	129.415	77.884 -1000.00000	-44.197	126.929	71.355 -1000.00000
-51.564	131.900	79.802 -1000.00000	-44.197	129.415	73.359 -1000.00000
-51.564	134.385	81.751 -1000.00000	-44.197	131.900	75.393 1.76489
-49.109	82.193	49.252 -1000.00000	-44.197	134.385	77.453 1.73255
-49.109	84.679	49.936 -1000.00000	-41.741	82.193	42.163 -1000.00000
-49.109	87.164	50.731 -1000.00000	-41.741	84.679	42.959 -1000.00000
-49.109	89.649	51.635 -1000.00000	-41.741	87.164	43.881 -1000.00000
-49.109	92.135	52.640 -1000.00000	-41.741	89.649	44.923 -1000.00000
-49.109	94.620	53.741 -1000.00000	-41.741	92.135	46.075 -1000.00000
-49.109	97.105	54.933 -1000.00000	-41.741	94.620	47.329 -1000.00000
-49.109	99.591	56.210 -1000.00000	-41.741	97.105	48.678 -1000.00000
-49.109	102.076	57.565 -1000.00000	-41.741	99.591	50.114 -1000.00000
-49.109	104.561	58.995 -1000.00000	-41.741	102.076	51.630 -1000.00000
-49.109	107.047	60.492 -1000.00000	-41.741	104.561	53.219 -1000.00000
-49.109	109.532	62.053 -1000.00000	-41.741	107.047	54.875 -1000.00000
-49.109	112.017	63.673 -1000.00000	-41.741	109.532	56.591 -1000.00000
-49.109	114.503	65.347 -1000.00000	-41.741	112.017	58.362 -1000.00000
-49.109	116.988	67.072 -1000.00000	-41.741	114.503	60.185 1.90754
-49.109	119.473	68.843 -1000.00000	-41.741	116.988	62.053 1.84882
-49.109	121.959	70.657 -1000.00000	-41.741	119.473	63.963 1.79728
-49.109	124.444	72.511 -1000.00000	-41.741	121.959	65.911 1.75242
-49.109	126.929	74.402 -1000.00000	-41.741	124.444	67.895 1.71401
-49.109	129.415	76.326 -1000.00000	-41.741	126.929	69.911 1.68142
-49.109	131.900	78.283 -1000.00000	-41.741	129.415	71.956 1.65455
-49.109	134.385	80.269 -1000.00000	-41.741	131.900	74.028 1.63333

-41.741	134.385	76.125	1.61806	-34.374	131.900	70.289	1.67318
-39.286	82.193	39.822	-1000.00000	-34.374	134.385	72.494	1.69770
-39.286	84.679	40.664	-1000.00000	-31.918	82.193	32.900	2.49984
-39.286	87.164	41.637	-1000.00000	-31.918	84.679	33.915	2.28332
-39.286	89.649	42.733	-1000.00000	-31.918	87.164	35.076	2.10528
-39.286	92.135	43.943	-1000.00000	-31.918	89.649	36.370	1.96150
-39.286	94.620	45.256	-1000.00000	-31.918	92.135	37.784	1.83982
-39.286	97.105	46.665	-1000.00000	-31.918	94.620	39.304	1.74837
-39.286	99.591	48.191	2.17765	-31.918	97.105	40.918	1.67713
-39.286	102.076	49.737	2.06814	-31.918	99.591	42.617	1.62658
-39.286	104.561	51.385	1.97631	-31.918	102.076	44.389	1.59324
-39.286	107.047	53.097	1.89770	-31.918	104.561	46.228	1.57554
-39.286	109.532	54.869	1.82933	-31.918	107.047	48.124	1.57121
-39.286	112.017	56.694	1.77045	-31.918	109.532	50.072	1.57258
-39.286	114.503	58.568	1.72039	-31.918	112.017	52.066	1.57877
-39.286	116.988	60.487	1.67857	-31.918	114.503	54.101	1.58850
-39.286	119.473	62.445	1.64431	-31.918	116.988	56.172	1.60213
-39.286	121.959	64.439	1.61734	-31.918	119.473	58.275	1.61868
-39.286	124.444	66.467	1.59733	-31.918	121.959	60.407	1.63733
-39.286	126.929	68.524	1.58444	-31.918	124.444	62.566	1.65877
-39.286	129.415	70.610	1.57933	-31.918	126.929	64.748	1.68188
-39.286	131.900	72.720	1.58215	-31.918	129.415	66.950	1.70652
-39.286	134.385	74.853	1.59710	-31.918	131.900	69.173	1.73333
-36.830	82.193	37.496	-1000.00000	-31.918	134.385	71.412	1.76151
-36.830	84.679	38.389	2.90044	-29.463	82.193	30.639	2.25942
-36.830	87.164	39.419	2.66823	-29.463	84.679	31.726	2.07301
-36.830	89.649	40.574	2.47121	-29.463	87.164	32.964	1.92711
-36.830	92.135	41.846	2.30358	-29.463	89.649	34.338	1.80772
-36.830	94.620	43.224	2.16064	-29.463	92.135	35.832	1.72535
-36.830	97.105	44.697	2.03365	-29.463	94.620	37.431	1.66741
-36.830	99.591	46.257	1.93005	-29.463	97.105	39.123	1.63155
-36.830	102.076	47.895	1.84301	-29.463	99.591	40.896	1.60923
-36.830	104.561	49.604	1.77215	-29.463	102.076	42.741	1.59689
-36.830	107.047	51.376	1.71266	-29.463	104.561	44.647	1.59193
-36.830	109.532	53.205	1.66369	-29.463	107.047	46.608	1.59331
-36.830	112.017	55.086	1.62502	-29.463	109.532	48.617	1.59973
-36.830	114.503	57.012	1.59557	-29.463	112.017	50.668	1.61054
-36.830	116.988	58.981	1.57511	-29.463	114.503	52.756	1.62585
-36.830	119.473	60.988	1.56365	-29.463	116.988	54.878	1.64412
-36.830	121.959	63.028	1.56199	-29.463	119.473	57.029	1.66592
-36.830	124.444	65.100	1.57144	-29.463	121.959	59.206	1.68925
-36.830	126.929	67.199	1.58630	-29.463	124.444	61.407	1.71554
-36.830	129.415	69.324	1.60375	-29.463	126.929	63.628	1.74356
-36.830	131.900	71.473	1.62250	-29.463	129.415	65.869	1.77304
-36.830	134.385	73.642	1.64405	-29.463	131.900	68.126	1.80396
-34.374	82.193	35.187	2.80908	-29.463	134.385	70.399	1.83657
-34.374	84.679	36.137	2.56302	-27.007	82.193	28.411	2.11575
-34.374	87.164	37.229	2.35777	-27.007	84.679	29.579	1.96554
-34.374	89.649	38.451	2.18644	-27.007	87.164	30.904	1.84720
-34.374	92.135	39.791	2.04347	-27.007	89.649	32.365	1.76787
-34.374	94.620	41.237	1.91918	-27.007	92.135	33.946	1.70741
-34.374	97.105	42.779	1.82104	-27.007	94.620	35.630	1.66107
-34.374	99.591	44.406	1.74032	-27.007	97.105	37.404	1.63482
-34.374	102.076	46.110	1.67878	-27.007	99.591	39.255	1.61912
-34.374	104.561	47.883	1.63063	-27.007	102.076	41.172	1.61246
-34.374	107.047	49.716	1.59461	-27.007	104.561	43.148	1.61314
-34.374	109.532	51.604	1.57088	-27.007	107.047	45.174	1.62040
-34.374	112.017	53.541	1.55864	-27.007	109.532	47.244	1.63328
-34.374	114.503	55.521	1.55838	-27.007	112.017	49.352	1.64992
-34.374	116.988	57.541	1.56776	-27.007	114.503	51.494	1.67152
-34.374	119.473	59.596	1.57944	-27.007	116.988	53.666	1.69577
-34.374	121.959	61.683	1.59417	-27.007	119.473	55.863	1.72264
-34.374	124.444	63.798	1.61097	-27.007	121.959	58.084	1.75190
-34.374	126.929	65.939	1.63026	-27.007	124.444	60.326	1.78390
-34.374	129.415	68.104	1.65087	-27.007	126.929	62.586	1.81725

**MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK  
0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO**

*Codice documento*  
SS0531\_F0.doc

<i>Rev</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

-27.007	129.415		64.862	1.85179	-22.096	134.385		67.804	2.19352
-27.007	131.900		67.153	1.88832	-19.640	82.193	22.017	2.01428	
-27.007	134.385		69.458	1.92544	-19.640	84.679	23.505	1.86527	
-24.551	82.193	26.223	2.09451		-19.640	87.164	25.152	1.76113	
-24.551	84.679	27.484	1.94004		-19.640	89.649	26.927	1.69439	
-24.551	87.164	28.905	1.83405		-19.640	92.135	28.808	1.66372	
-24.551	89.649	30.463	1.75482		-19.640	94.620	30.774	1.65547	
-24.551	92.135	32.137	1.69544		-19.640	97.105	32.812	1.66448	
-24.551	94.620	33.911	1.65969		-19.640	99.591	34.907	1.68570	
-24.551	97.105	35.770	1.63956		-19.640	102.076		37.050	1.71411
-24.551	99.591	37.701	1.63075		-19.640	104.561		39.234	1.74974
-24.551	102.076		39.694	1.63158	-19.640	107.047		41.452	1.79025
-24.551	104.561		41.740	1.63999	-19.640	109.532		43.698	1.83442
-24.551	107.047		43.831	1.65490	-19.640	112.017		45.970	1.88171
-24.551	109.532		45.961	1.67509	-19.640	114.503		48.262	1.93273
-24.551	112.017		48.126	1.69945	-19.640	116.988		50.572	1.98561
-24.551	114.503		50.320	1.72764	-19.640	119.473		52.899	2.03975
-24.551	116.988		52.540	1.75880	-19.640	121.959		55.239	2.09513
-24.551	119.473		54.783	1.79244	-19.640	124.444		57.591	2.15000
-24.551	121.959		57.046	1.82848	-19.640	126.929		59.954	2.20554
-24.551	124.444		59.327	1.86870	-19.640	129.415		62.327	2.26075
-24.551	126.929		61.623	1.91173	-19.640	131.900		64.708	2.31609
-24.551	129.415		63.934	1.95590	-19.640	134.385		67.097	2.37139
-24.551	131.900		66.257	2.00039	-17.184	82.193	20.034	1.95128	
-24.551	134.385		68.592	2.04543	-17.184	84.679	21.659	1.82219	
-22.096	82.193	24.086	2.07915		-17.184	87.164	23.436	1.73994	
-22.096	84.679	25.454	1.91461		-17.184	89.649	25.332	1.70509	
-22.096	87.164	26.982	1.80800		-17.184	92.135	27.323	1.69731	
-22.096	89.649	28.644	1.73002		-17.184	94.620	29.389	1.70895	
-22.096	92.135	30.419	1.68102		-17.184	97.105	31.516	1.73415	
-22.096	94.620	32.288	1.65584		-17.184	99.591	33.692	1.76962	
-22.096	97.105	34.235	1.64486		-17.184	102.076		35.908	1.81274
-22.096	99.591	36.248	1.64604		-17.184	104.561		38.157	1.86067
-22.096	102.076		38.316	1.65654	-17.184	107.047		40.434	1.91399
-22.096	104.561		40.432	1.67475	-17.184	109.532		42.734	1.96997
-22.096	107.047		42.587	1.69889	-17.184	112.017		45.054	2.02994
-22.096	109.532		44.777	1.73068	-17.184	114.503		47.390	2.09084
-22.096	112.017		46.996	1.76889	-17.184	116.988		49.741	2.15378
-22.096	114.503		49.240	1.80969	-17.184	119.473		52.105	2.21572
-22.096	116.988		51.507	1.85332	-17.184	121.959		54.479	2.27756
-22.096	119.473		53.793	1.89925	-17.184	124.444		56.863	2.34058
-22.096	121.959		56.096	1.94663	-17.184	126.929		59.255	2.40213
-22.096	124.444		58.414	1.99533	-17.184	129.415		61.655	2.46393
-22.096	126.929		60.745	2.04437	-17.184	131.900		64.061	2.52517
-22.096	129.415		63.088	2.09402	-17.184	134.385		66.473	2.58581
-22.096	131.900		65.441	2.14379					

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
<b>MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> SS0531_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+314 0+356-sismica.sli

#### Project Settings

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

#### Analysis Methods

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

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

#### Surface Options

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

#### Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.133  
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0665  
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

-7.440	72.525
-7.440	70.525
-7.448	69.804
-5.706	69.804
-1.440	69.804
-1.440	71.525

##### Material Boundary

-1.440	71.525
12.443	77.750

##### Material Boundary

-40.795	59.381
-5.706	69.804

##### Material Boundary

-1.440	80.015
-1.440	71.529
-1.440	71.525

##### Material Boundary

-4.700	80.015
-3.829	71.529
-1.440	71.529

##### External Boundary

-5.440	72.525
-7.440	72.525
-13.623	72.525
-17.665	70.215
-19.665	70.215
-28.415	65.215
-30.415	65.215
-40.795	59.381
-67.557	59.381
-67.557	57.750
-67.557	27.750
22.443	27.750
22.443	57.750
22.443	77.750

12.443 77.750  
6.810 80.015  
5.510 80.015  
-1.440 80.015  
-4.700 80.015  
-4.700 80.015  
-5.440 80.015

Focus/Block Search Line  
-1.440 27.750  
-1.440 69.804

Search Grid  
-63.843 82.193  
-17.184 82.193  
-17.184 134.385  
-63.843 134.385

Distributed Load  
5.510 80.015  
-1.440 80.015  
-4.700 80.015

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

Raw Data for Minimum Circle Results  
Center\_x Center\_y Radius Factor\_of\_Safety

-63.843	82.193	63.621	-1000.00000	-58.932	84.679	59.385	-1000.00000
-63.843	84.679	64.151	-1000.00000	-58.932	87.164	60.055	-1000.00000
-63.843	87.164	64.773	-1000.00000	-58.932	89.649	60.820	-1000.00000
-63.843	89.649	65.483	-1000.00000	-58.932	92.135	61.676	-1000.00000
-63.843	92.135	66.278	-1000.00000	-58.932	94.620	62.619	-1000.00000
-63.843	94.620	67.156	-1000.00000	-58.932	97.105	63.645	-1000.00000
-63.843	97.105	68.114	-1000.00000	-58.932	99.591	64.750	-1000.00000
-63.843	99.591	69.148	-1000.00000	-58.932	102.076	65.930	-1000.00000
-63.843	102.076	70.254	-1000.00000	-58.932	104.561	67.182	-1000.00000
-63.843	104.561	71.430	-1000.00000	-58.932	107.047	68.500	-1000.00000
-63.843	107.047	72.672	-1000.00000	-58.932	109.532	69.883	-1000.00000
-63.843	109.532	73.976	-1000.00000	-58.932	112.017	71.325	-1000.00000
-63.843	112.017	75.340	-1000.00000	-58.932	114.503	72.823	-1000.00000
-63.843	114.503	76.760	-1000.00000	-58.932	116.988	74.375	-1000.00000
-63.843	116.988	78.233	-1000.00000	-58.932	119.473	75.976	-1000.00000
-63.843	119.473	79.757	-1000.00000	-58.932	121.959	77.623	-1000.00000
-63.843	121.959	81.328	-1000.00000	-58.932	124.444	79.315	-1000.00000
-63.843	124.444	82.944	-1000.00000	-58.932	126.929	81.047	-1000.00000
-63.843	126.929	84.602	-1000.00000	-58.932	129.415	82.817	-1000.00000
-63.843	129.415	86.299	-1000.00000	-58.932	131.900	84.624	-1000.00000
-63.843	131.900	88.034	-1000.00000	-58.932	134.385	86.464	-1000.00000
-63.843	134.385	89.805	-1000.00000	-56.476	82.193	56.413	-1000.00000
-61.387	82.193	61.214	-1000.00000	-56.476	84.679	57.011	-1000.00000
-61.387	84.679	61.765	-1000.00000	-56.476	87.164	57.709	-1000.00000
-61.387	87.164	62.410	-1000.00000	-56.476	89.649	58.505	-1000.00000
-61.387	89.649	63.147	-1000.00000	-56.476	92.135	59.394	-1000.00000
-61.387	92.135	63.971	-1000.00000	-56.476	94.620	60.372	-1000.00000
-61.387	94.620	64.881	-1000.00000	-56.476	97.105	61.435	-1000.00000
-61.387	97.105	65.871	-1000.00000	-56.476	99.591	62.579	-1000.00000
-61.387	99.591	66.940	-1000.00000	-56.476	102.076	63.800	-1000.00000
-61.387	102.076	68.082	-1000.00000	-56.476	104.561	65.092	-1000.00000
-61.387	104.561	69.295	-1000.00000	-56.476	107.047	66.453	-1000.00000
-61.387	107.047	70.574	-1000.00000	-56.476	109.532	67.877	-1000.00000
-61.387	109.532	71.917	-1000.00000	-56.476	112.017	69.361	-1000.00000
-61.387	112.017	73.319	-1000.00000	-56.476	114.503	70.901	-1000.00000
-61.387	114.503	74.777	-1000.00000	-56.476	116.988	72.493	-1000.00000
-61.387	116.988	76.289	-1000.00000	-56.476	119.473	74.135	-1000.00000
-61.387	119.473	77.851	-1000.00000	-56.476	121.959	75.823	-1000.00000
-61.387	121.959	79.459	-1000.00000	-56.476	124.444	77.553	-1000.00000
-61.387	124.444	81.112	-1000.00000	-56.476	126.929	79.324	-1000.00000
-61.387	126.929	82.807	-1000.00000	-56.476	129.415	81.132	-1000.00000
-61.387	129.415	84.541	-1000.00000	-56.476	131.900	82.975	-1000.00000
-61.387	131.900	86.311	-1000.00000	-56.476	134.385	84.851	-1000.00000
-61.387	134.385	88.116	-1000.00000	-54.020	82.193	54.020	-1000.00000
-58.932	82.193	58.811	-1000.00000	-54.020	84.679	54.644	-1000.00000
				-54.020	87.164	55.372	-1000.00000
				-54.020	89.649	56.201	-1000.00000
				-54.020	92.135	57.126	-1000.00000

**MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK  
0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO**

*Codice documento*  
SS0531\_F0.doc

<i>Rev</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

-54.020	94.620	58.142 -1000.00000	-46.653	92.135	50.427 -1000.00000
-54.020	97.105	59.246 -1000.00000	-46.653	94.620	51.576 -1000.00000
-54.020	99.591	60.431 -1000.00000	-46.653	97.105	52.816 -1000.00000
-54.020	102.076	61.694 -1000.00000	-46.653	99.591	54.143 -1000.00000
-54.020	104.561	63.030 -1000.00000	-46.653	102.076	55.549 -1000.00000
-54.020	107.047	64.434 -1000.00000	-46.653	104.561	57.029 -1000.00000
-54.020	109.532	65.901 -1000.00000	-46.653	107.047	58.577 -1000.00000
-54.020	112.017	67.429 -1000.00000	-46.653	109.532	60.187 -1000.00000
-54.020	114.503	69.012 -1000.00000	-46.653	112.017	61.856 -1000.00000
-54.020	116.988	70.647 -1000.00000	-46.653	114.503	63.578 -1000.00000
-54.020	119.473	72.331 -1000.00000	-46.653	116.988	65.349 -1000.00000
-54.020	121.959	74.059 -1000.00000	-46.653	119.473	67.166 -1000.00000
-54.020	124.444	75.830 -1000.00000	-46.653	121.959	69.024 -1000.00000
-54.020	126.929	77.640 -1000.00000	-46.653	124.444	70.921 -1000.00000
-54.020	129.415	79.486 -1000.00000	-46.653	126.929	72.853 -1000.00000
-54.020	131.900	81.367 -1000.00000	-46.653	129.415	74.817 -1000.00000
-54.020	134.385	83.279 -1000.00000	-46.653	131.900	76.812 -1000.00000
-51.564	82.193	51.633 -1000.00000	-46.653	134.385	78.835 -1000.00000
-51.564	84.679	52.285 -1000.00000	-44.197	82.193	44.516 -1000.00000
-51.564	87.164	53.045 -1000.00000	-44.197	84.679	45.271 -1000.00000
-51.564	89.649	53.910 -1000.00000	-44.197	87.164	46.147 -1000.00000
-51.564	92.135	54.874 -1000.00000	-44.197	89.649	47.138 -1000.00000
-51.564	94.620	55.931 -1000.00000	-44.197	92.135	48.237 -1000.00000
-51.564	97.105	57.077 -1000.00000	-44.197	94.620	49.437 -1000.00000
-51.564	99.591	58.307 -1000.00000	-44.197	97.105	50.730 -1000.00000
-51.564	102.076	59.615 -1000.00000	-44.197	99.591	52.110 -1000.00000
-51.564	104.561	60.996 -1000.00000	-44.197	102.076	53.569 -1000.00000
-51.564	107.047	62.446 -1000.00000	-44.197	104.561	55.102 -1000.00000
-51.564	109.532	63.959 -1000.00000	-44.197	107.047	56.703 -1000.00000
-51.564	112.017	65.532 -1000.00000	-44.197	109.532	58.365 -1000.00000
-51.564	114.503	67.160 -1000.00000	-44.197	112.017	60.084 -1000.00000
-51.564	116.988	68.839 -1000.00000	-44.197	114.503	61.856 -1000.00000
-51.564	119.473	70.566 -1000.00000	-44.197	116.988	63.675 -1000.00000
-51.564	121.959	72.336 -1000.00000	-44.197	119.473	65.538 -1000.00000
-51.564	124.444	74.148 -1000.00000	-44.197	121.959	67.441 -1000.00000
-51.564	126.929	75.998 -1000.00000	-44.197	124.444	69.381 -1000.00000
-51.564	129.415	77.884 -1000.00000	-44.197	126.929	71.355 -1000.00000
-51.564	131.900	79.802 -1000.00000	-44.197	129.415	73.359 -1000.00000
-51.564	134.385	81.751 -1000.00000	-44.197	131.900	75.393 1.26022
-49.109	82.193	49.252 -1000.00000	-44.197	134.385	77.453 1.23826
-49.109	84.679	49.936 -1000.00000	-41.741	82.193	42.163 -1000.00000
-49.109	87.164	50.731 -1000.00000	-41.741	84.679	42.959 -1000.00000
-49.109	89.649	51.635 -1000.00000	-41.741	87.164	43.881 -1000.00000
-49.109	92.135	52.640 -1000.00000	-41.741	89.649	44.923 -1000.00000
-49.109	94.620	53.741 -1000.00000	-41.741	92.135	46.075 -1000.00000
-49.109	97.105	54.933 -1000.00000	-41.741	94.620	47.329 -1000.00000
-49.109	99.591	56.210 -1000.00000	-41.741	97.105	48.678 -1000.00000
-49.109	102.076	57.565 -1000.00000	-41.741	99.591	50.114 -1000.00000
-49.109	104.561	58.995 -1000.00000	-41.741	102.076	51.630 -1000.00000
-49.109	107.047	60.492 -1000.00000	-41.741	104.561	53.219 -1000.00000
-49.109	109.532	62.053 -1000.00000	-41.741	107.047	54.875 -1000.00000
-49.109	112.017	63.673 -1000.00000	-41.741	109.532	56.591 -1000.00000
-49.109	114.503	65.347 -1000.00000	-41.741	112.017	58.362 -1000.00000
-49.109	116.988	67.072 -1000.00000	-41.741	114.503	60.185 1.36994
-49.109	119.473	68.843 -1000.00000	-41.741	116.988	62.053 1.33051
-49.109	121.959	70.657 -1000.00000	-41.741	119.473	63.963 1.29554
-49.109	124.444	72.511 -1000.00000	-41.741	121.959	65.911 1.26476
-49.109	126.929	74.402 -1000.00000	-41.741	124.444	67.895 1.23801
-49.109	129.415	76.326 -1000.00000	-41.741	126.929	69.911 1.21495
-49.109	131.900	78.283 -1000.00000	-41.741	129.415	71.956 1.19554
-49.109	134.385	80.269 -1000.00000	-41.741	131.900	74.028 1.17892
-46.653	82.193	46.880 -1000.00000	-41.741	134.385	76.125 1.16700
-46.653	84.679	47.597 -1000.00000	-39.286	82.193	39.822 -1000.00000
-46.653	87.164	48.431 -1000.00000	-39.286	84.679	40.664 -1000.00000
-46.653	89.649	49.377 -1000.00000	-39.286	87.164	41.637 -1000.00000

-39.286	89.649	42.733	-1000.00000	-31.918	87.164	35.076	1.57403	
-39.286	92.135	43.943	-1000.00000	-31.918	89.649	36.370	1.47209	
-39.286	94.620	45.256	-1000.00000	-31.918	92.135	37.784	1.38583	
-39.286	97.105	46.665	-1000.00000	-31.918	94.620	39.304	1.31935	
-39.286	99.591	48.191	1.56648	-31.918	97.105	40.918	1.26682	
-39.286	102.076		49.737 1.49524	-31.918	99.591	42.617	1.22719	
-39.286	104.561		51.385 1.43382	-31.918	102.076		44.389 1.19893	
-39.286	107.047		53.097 1.38004	-31.918	104.561		46.228 1.18145	
-39.286	109.532		54.869 1.33282	-31.918	107.047		48.124 1.17306	
-39.286	112.017		56.694 1.29171	-31.918	109.532		50.072 1.16869	
-39.286	114.503		58.568 1.25627	-31.918	112.017		52.066 1.16687	
-39.286	116.988		60.487 1.22623	-31.918	114.503		54.101 1.16843	
-39.286	119.473		62.445 1.20107	-31.918	116.988		56.172 1.17262	
-39.286	121.959		64.439 1.18069	-31.918	119.473		58.275 1.17878	
-39.286	124.444		66.467 1.16406	-31.918	121.959		60.407 1.18714	
-39.286	126.929		68.524 1.15296	-31.918	124.444		62.566 1.19648	
-39.286	129.415		70.610 1.14693	-31.918	126.929		64.748 1.20688	
-39.286	131.900		72.720 1.14592	-31.918	129.415		66.950 1.21816	
-39.286	134.385		74.853 1.15247	-31.918	131.900		69.173 1.23075	
-36.830	82.193	37.496	-1000.00000	-31.918	134.385		71.412 1.24411	
-36.830	84.679	38.389	2.05766	-29.463	82.193	30.639	1.70262	
-36.830	87.164	39.419	1.90741	-29.463	84.679	31.726	1.56823	
-36.830	89.649	40.574	1.77884	-29.463	87.164	32.964	1.46187	
-36.830	92.135	41.846	1.66852	-29.463	89.649	34.338	1.37489	
-36.830	94.620	43.224	1.57365	-29.463	92.135	35.832	1.31278	
-36.830	97.105	44.697	1.48937	-29.463	94.620	37.431	1.26788	
-36.830	99.591	46.257	1.41931	-29.463	97.105	39.123	1.23770	
-36.830	102.076		47.895 1.35932	-29.463	99.591	40.896	1.21562	
-36.830	104.561		49.604 1.30855	-29.463	102.076		42.741 1.20068	
-36.830	107.047		51.376 1.26537	-29.463	104.561		44.647 1.19102	
-36.830	109.532		53.205 1.22924	-29.463	107.047		46.608 1.18589	
-36.830	112.017		55.086 1.20005	-29.463	109.532		48.617 1.18438	
-36.830	114.503		57.012 1.17702	-29.463	112.017		50.668 1.18591	
-36.830	116.988		58.981 1.15917	-29.463	114.503		52.756 1.19052	
-36.830	119.473		60.988 1.14820	-29.463	116.988		54.878 1.19717	
-36.830	121.959		63.028 1.14369	-29.463	119.473		57.029 1.20611	
-36.830	124.444		65.100 1.14630	-29.463	121.959		59.206 1.21603	
-36.830	126.929		67.199 1.15234	-29.463	124.444		61.407 1.22782	
-36.830	129.415		69.324 1.16008	-29.463	126.929		63.628 1.24063	
-36.830	131.900		71.473 1.16860	-29.463	129.415		65.869 1.25426	
-36.830	134.385		73.642 1.17892	-29.463	131.900		68.126 1.26870	
-34.374	82.193	35.187	2.03052	-29.463	134.385		70.399 1.28403	
-34.374	84.679	36.137	1.86605	-27.007	82.193	28.411	1.61353	
-34.374	87.164	37.229	1.72761	-27.007	84.679	29.579	1.50136	
-34.374	89.649	38.451	1.61099	-27.007	87.164	30.904	1.41309	
-34.374	92.135	39.791	1.51276	-27.007	89.649	32.365	1.35135	
-34.374	94.620	41.237	1.42736	-27.007	92.135	33.946	1.30346	
-34.374	97.105	42.779	1.35849	-27.007	94.620	35.630	1.26611	
-34.374	99.591	44.406	1.30125	-27.007	97.105	37.404	1.24001	
-34.374	102.076		46.110 1.25498	-27.007	99.591	39.255	1.22162	
-34.374	104.561		47.883 1.21788	-27.007	102.076		41.172 1.20976	
-34.374	107.047		49.716 1.18915	-27.007	104.561		43.148 1.20315	
-34.374	109.532		51.604 1.16890	-27.007	107.047		45.174 1.20129	
-34.374	112.017		53.541 1.15559	-27.007	109.532		47.244 1.20336	
-34.374	114.503		55.521 1.15109	-27.007	112.017		49.352 1.20803	
-34.374	116.988		57.541 1.15299	-27.007	114.503		51.494 1.21603	
-34.374	119.473		59.596 1.15643	-27.007	116.988		53.666 1.22582	
-34.374	121.959		61.683 1.16190	-27.007	119.473		55.863 1.23727	
-34.374	124.444		63.798 1.16879	-27.007	121.959		58.084 1.25020	
-34.374	126.929		65.939 1.17726	-27.007	124.444		60.326 1.26477	
-34.374	129.415		68.104 1.18737	-27.007	126.929		62.586 1.28009	
-34.374	131.900		70.289 1.19772	-27.007	129.415		64.862 1.29598	
-34.374	134.385		72.494 1.20939	-27.007	131.900		67.153 1.31295	
-31.918	82.193	32.900	1.84948	-27.007	134.385		69.458 1.33012	
-31.918	84.679	33.915	1.69879	-24.551	82.193	26.223	1.60495	

**MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK  
0+314 A PK 0+356 – RELAZIONE DI CALCOLO**

*Codice documento*  
SS0531\_F0.doc

<i>Rev</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

-24.551	84.679	27.484	1.49027	-19.640	84.679	23.505	1.45430	
-24.551	87.164	28.905	1.40857	-19.640	87.164	25.152	1.37136	
-24.551	89.649	30.463	1.34640	-19.640	89.649	26.927	1.31526	
-24.551	92.135	32.137	1.29890	-19.640	92.135	28.808	1.27997	
-24.551	94.620	33.911	1.26581	-19.640	94.620	30.774	1.26137	
-24.551	97.105	35.770	1.24280	-19.640	97.105	32.812	1.25525	
-24.551	99.591	37.701	1.22811	-19.640	99.591	34.907	1.25807	
-24.551	102.076		39.694	1.22039	-19.640	102.076	37.050	1.26603
-24.551	104.561		41.740	1.21813	-19.640	104.561	39.234	1.27903
-24.551	107.047		43.831	1.22046	-19.640	107.047	41.452	1.29527
-24.551	109.532		45.961	1.22650	-19.640	109.532	43.698	1.31382
-24.551	112.017		48.126	1.23533	-19.640	112.017	45.970	1.33423
-24.551	114.503		50.320	1.24674	-19.640	114.503	48.262	1.35680
-24.551	116.988		52.540	1.26003	-19.640	116.988	50.572	1.38022
-24.551	119.473		54.783	1.27481	-19.640	119.473	52.899	1.40410
-24.551	121.959		57.046	1.29103	-19.640	121.959	55.239	1.42845
-24.551	124.444		59.327	1.30958	-19.640	124.444	57.591	1.45221
-24.551	126.929		61.623	1.32953	-19.640	126.929	59.954	1.47607
-24.551	129.415		63.934	1.34996	-19.640	129.415	62.327	1.49946
-24.551	131.900		66.257	1.37035	-19.640	131.900	64.708	1.52264
-24.551	134.385		68.592	1.39085	-19.640	134.385	67.097	1.54552
-22.096	82.193	24.086	1.60231	-17.184	82.193	20.034	1.53864	
-22.096	84.679	25.454	1.47979	-17.184	84.679	21.659	1.43349	
-22.096	87.164	26.982	1.39658	-17.184	87.164	23.436	1.36334	
-22.096	89.649	28.644	1.33453	-17.184	89.649	25.332	1.32300	
-22.096	92.135	30.419	1.29164	-17.184	92.135	27.323	1.30091	
-22.096	94.620	32.288	1.26309	-17.184	94.620	29.389	1.29337	
-22.096	97.105	34.235	1.24508	-17.184	97.105	31.516	1.29596	
-22.096	99.591	36.248	1.23598	-17.184	99.591	33.692	1.30605	
-22.096	102.076		38.316	1.23368	-17.184	102.076	35.908	1.32149
-22.096	104.561		40.432	1.23689	-17.184	104.561	38.157	1.34017
-22.096	107.047		42.587	1.24429	-17.184	107.047	40.434	1.36226
-22.096	109.532		44.777	1.25667	-17.184	109.532	42.734	1.38586
-22.096	112.017		46.996	1.27317	-17.184	112.017	45.054	1.41167
-22.096	114.503		49.240	1.29121	-17.184	114.503	47.390	1.43768
-22.096	116.988		51.507	1.31085	-17.184	116.988	49.741	1.46462
-22.096	119.473		53.793	1.33172	-17.184	119.473	52.105	1.49066
-22.096	121.959		56.096	1.35323	-17.184	121.959	54.479	1.51635
-22.096	124.444		58.414	1.37528	-17.184	124.444	56.863	1.54236
-22.096	126.929		60.745	1.39728	-17.184	126.929	59.255	1.56725
-22.096	129.415		63.088	1.41939	-17.184	129.415	61.655	1.59197
-22.096	131.900		65.441	1.44131	-17.184	131.900	64.061	1.61608
-22.096	134.385		67.804	1.46295	-17.184	134.385	66.473	1.63959
-19.640	82.193	22.017	1.57025					