

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

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

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

<p><i>Unità Funzionale</i></p> <p><i>Tipo di sistema</i></p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i></p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i></p> <p><i>Titolo del documento</i></p>	<p>COLLEGAMENTI SICILIA</p> <p>INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI</p> <p>ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE</p> <p>GENERALE</p> <p>MURO SOSTEGNO SV.ANNUNZIATA-RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 – RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</p>	<p>SS0506_F0</p>
---	--	------------------

CODICE	C G 0 7 0 0	P	C L	D	S	S C	0 0	G 0	0 0	0 0	0 0	1 5	F0
--------	-------------	---	-----	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - <i>RELAZIONE DI CALCOLO</i>	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<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	18
8 FASI COSTRUTTIVE.....	21
9 ANALISI MURI DI SOSTEGNO PREFABBRICATI	21
9.1 Classificazione delle azioni.....	21
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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - <i>RELAZIONE DI CALCOLO</i>	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

9.6.2	Verifica a flessione nel piano orizzontale	28
9.6.3	Verifica a taglio	29
9.7	Soletta di fondazione	30
9.7.1	Verifica a flessione.....	30
9.8	Verifiche	31
10	ANALISI DI STABILITA'	34
11	TABULATI DI CALCOLO.....	38
11.1	Input SLIDE rel. 05– Analisi in fase statica	38
11.2	Output SLIDE rel. 05– Analisi in fase statica.....	39
11.3	Input SLIDE rel. 05– Analisi in fase sismica.....	44
11.4	Output SLIDE rel. 05– Analisi in fase sismica	45

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - <i>RELAZIONE DI CALCOLO</i>	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<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 dello svincolo Annunziata, ubicato tra le progressive 0+741 km e 0+782 km.

L'opera in oggetto è costituita da muri prefabbricati, rivestiti in pietrame, di altezza in elevazione pari a 3 m circa. Le fondazioni risultano in c.a. gettate in opera.

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

Nell'area in esame i terreni di fondazione sono costituiti principalmente dai depositi alluvionali recenti.

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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - <i>RELAZIONE DI CALCOLO</i>	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<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, 4th 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - <i>RELAZIONE DI CALCOLO</i>	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<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).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<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 -

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

4.3 Acciaio per cemento armato

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

Caratteristiche dell'acciaio:

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

Resistenze di calcolo a SLU:

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

Resistenze di calcolo a SLE:

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<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	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Tabella 6.2.1 delle N.T.C. 2008

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<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}	γ_{cu}	1.00	1.40
peso unità di volume	γ	γ_{γ}	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'.

APPROCCIO 1	Combinazione
Comb1	A1+M1+R1
Comb2	A2+M2+R2

oppure

APPROCCIO 2	Combinazione
-	A1+M1+R3

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - <i>RELAZIONE DI CALCOLO</i>		<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<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:

Combinazione	
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.

Non sono localmente presenti indagini per la determinazione delle categorie sismiche di suolo: in base ad indagini più lontane essa risulta pari a **C** (sismica a rifrazione SR15 e S441).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

			Note	
Spinte terre	α (°)	2/3 α	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	
Falda:		- 17,8 da p.c.		
fase sismica	Sito Latitudine e Longitudine		38.226 15.551	
	Tipo Suolo		C	
	VN (anni)		100	
	cu (-)		2	
	S.L.D.	ag/g	0.160	
		F_0	2.367	
		T_c (s)	0.337	
		S_s	1.473	
	S.L.V.	ag/g	0.419	
		F_0	2.475	
		T_c (s)	0.416	
		S_s	1.08	
S_T		1		
α (-) SLV / SLD		0.24 (SLD) - 0.35 (SLV)	coefficiente sismico valido per ag/g > 0.4	
teoria spinte in fase sism		Mononobe & Okabe		
Combinazione rara - Urto	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	
Geometrie	Altezze muri (m)	3	Altezze dei pannelli prefabbricati	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - <i>RELAZIONE DI CALCOLO</i>	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<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

Le **litologie** prevalenti sono costituite dalla formazione dei Depositi alluvionali e dal San Pier Niceto Argilloso.

I Depositi alluvionali sono costituiti da ghiaie poligeniche ed eterometriche, giallastre o brune a clasti prevalentemente arrotondati di diametro da 2 a 30 cm, clasti sostenuti o a supporto di matrice argilloso-sabbiosa, alternate a rari sottili livelli di sabbie argillose rossastre; sabbie ciottolose a supporto di matrice argilloso-terrosa. L'età dei depositi alluvionali terrazzati è Pleistocene medio-superiore.

I depositi alluvionali recenti sono costituiti da limi e sabbie con livelli di ghiaie a supporto di matrice terroso-argillosa, talora terrazzati, localizzati in aree più elevate rispetto agli alvei fluviali attuali. La componente ruditica è rappresentata da ciottoli poligenici, prevalentemente cristallini, da spigolosi a subarrotondati di diametro tra 1 e 10 cm, mediamente di 4-5 cm. L'età dei depositi alluvionali recenti è l'Olocene.

La formazione del San Pier Niceto è costituita essenzialmente da due facies distinte, una basale conglomeratica ed arenacea e l'altra superiore di natura prevalentemente argillosa.

Alla base il conglomerato è costituito da grossi ciottoli poligenici arrotondati e ghiaie di colore marrone-avana in una matrice arenacea rossastra con sabbia sempre più fine man mano che ci si sposta verso l'alto. Nella parte superiore assume l'aspetto di un ammasso roccioso che affiora estesamente in banchi.

Superiormente la porzione arenacea lascia il posto a strati limo argillosi di potenza metrica.

La **falda** risulta presente a quota -17.8 m da piano campagna, come si evince dagli elaborati di progetto:

Codice	Titolo del documento
CG0800PRBDSSBC8G000000001	Relazione geotecnica generale versante Sicilia

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - <i>RELAZIONE DI CALCOLO</i>		<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CG0800PRGDSSBC6G000000003	Relazione idrogeologica
CG0800PN5DSSBC6G000000009 -10-11-12	Carta idrogeologica versante Sicilia
CG0800PF6DSSBC6ST00000001- 02-03-04-05-21-22-23-24	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Direzione Reggio Calabria
CG0800PF6DSSBC6ST00000011- 12-13-14-15-25-26-27-28	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Direzione Messina

Per quanto riguarda le **Indagini di riferimento**, data l'esiguità delle prove localmente presenti (S432, S08), si è scelto di tenere conto di tutti i sondaggi e le prove della tratta che va dal Km 10+000 al Km 10+400 circa.

I sondaggi di riferimento per la presente tratta sono quindi S430, S431, S432, S435, S436, S437, S441, I2, I3 (campagna del 2010), S07, S08 (campagna del 2002).

Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

Depositi alluvionali

Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

- prove SPT (S437,S431,S441,S436)
- prove sismiche a rifrazione (S432-SR15)
- prove di laboratorio per la determinazione delle granulometrie e delle caratteristiche fisiche (S430, S431, S432, S436, S437)

San Pier Niceto argilloso

Data l'esiguità dei sondaggi che caratterizzano la presente formazione nella tratta in esame, si fa riferimento alla caratterizzazione generale.

Le prove utilizzate nella caratterizzazione sono:

- prove pressiometriche (S432, S454)
- prove dilatometriche (S459bis, S453)
- prove sismiche a rifrazione (SR2, SR3, SR5)
- prove di laboratorio per la determinazione dei parametri di resistenza (S457, S465)
- prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Per i criteri e per gli aspetti generali di caratterizzazione si rimanda a quanto riportato nella relazione Elab. CG0800PRBDCSBC8G00000001A. Per la definizione delle categorie di suolo si rimanda al medesimo elaborato ed alla relazione sismica di riferimento.

Stratigrafia	prof. (m)	γ (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)
Rilevato	-	20	38	0
Depositi Alluvionali recenti	0 –13	18	38	0
San Pier Niceto argilloso	<13	20	22	20-50
Falda -	17.8 m da p.c.			

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 (δ) è stato assunto pari a $2/3 \cdot \varphi$.

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

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

Dove: φ = angolo d'attrito del terreno;

ψ = inclinazione del paramento di monte del muro (90°);

δ = angolo d'attrito lungo la superficie di rottura;

ε = Inclinazione del pendio a monte (0° x muri di).

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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

Coefficienti di spinta del rilevato a tergo muri nel 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:

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

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

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

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

Valori	Approccio	ϕ [°]	k_{as}
Caratteristici	A1+M1+R1	38	0.33
Progetto	A2+M2+R2	32	0.40

Coefficienti di spinta del rilevato a tergo muri nel caso sismico

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<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° 13' 32.64" N
Long.	15° 33' 1.85" E

a_{g-SLV}	0.419
a_{g-SLD}	0.160

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

S_{S-SLV}	1.077
S_{S-SLD}	1.473
S_T	1
$a_{max-SLV}$	$a_{g-SLV} \cdot S_S \cdot S_T = 0.451$
$a_{max-SLD}$	$a_{g-SLD} \cdot S_S \cdot S_T = 0.236$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<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 β_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:

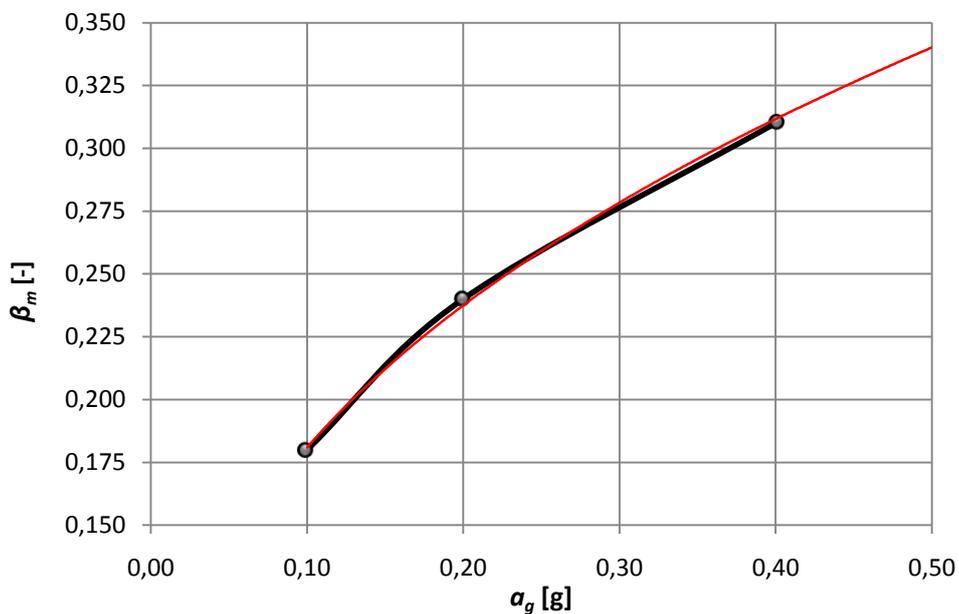


Figura 1: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di β_m .

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

Per SLD risulta: $\beta_m = 0.24$

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

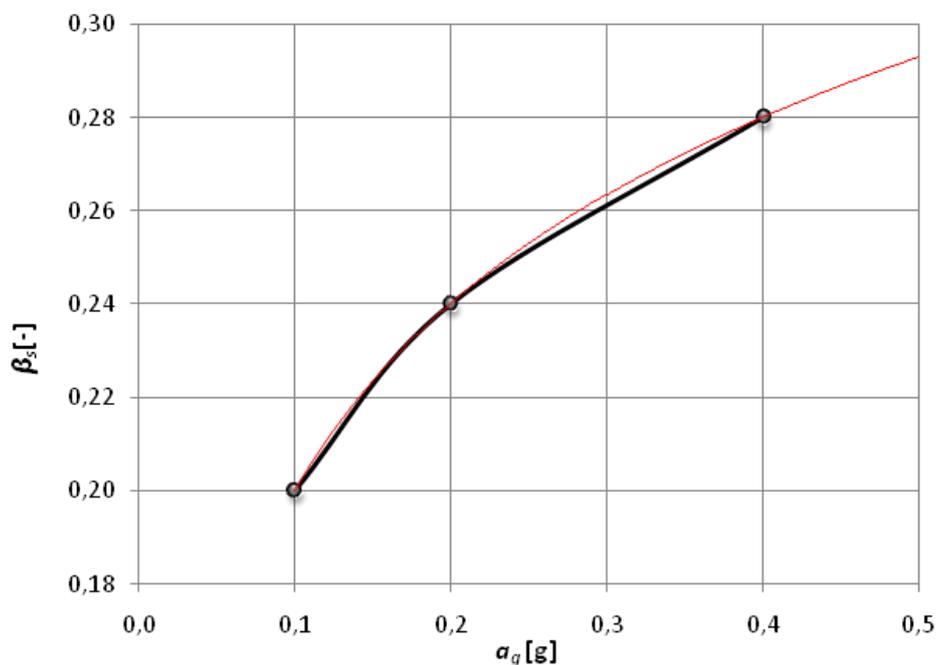


Figura 2: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di β_s .

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - <i>RELAZIONE DI CALCOLO</i>	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<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:

MURI DI SOSTEGNO PREFABBRICATI

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

9 ANALISI MURI DI SOSTEGNO PREFABBRICATI

9.1 Classificazione delle azioni

AZIONI PERMANENTI (G)

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

AZIONI VARIABILI (Q)

- Sovraccarico accidentale dovuto alla presenza di veicoli di 2000 daN/mq (Q1).

AZIONI SISMICHE (E)

Parametri sismici adottati:

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

9.2 Combinazioni delle azioni

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

COMBINAZIONI SLU

COMBINAZIONE	PERMANENTI		ACCIDENTALI		SISMA		URTO	
	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ
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	
	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ
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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - <i>RELAZIONE DI CALCOLO</i>	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

9.3 Caratteristiche geometriche del muro

MURO DI ALTEZZA 3 m

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

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

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

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

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

9.4 Verifiche di stabilità e verifiche strutturali – SLU

9.4.1 Verifica a capacità portante

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

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO		Codice documento SS0506_F0.docx	Rev F0	Data 20/06/2011

Fattori di capacità portante	N_c	$(Nq-1)\cot\phi$	Hansen
	N_γ	$1,5^*(Nq-1)\tan\phi$	Hansen
	N_q	$e^{\pi\tan\phi}\tan^2(45+\phi/2)$	Hansen
Fattori correttivi	forma		
	s_c	1 per fondazioni nastriformi	Hansen
	s_γ	1 per fondazioni nastriformi	Hansen
	s_q	1 per fondazioni nastriformi	Hansen
	approfondimento		
	d_c	$1+0,4k$	Hansen e Vesic
	d_γ	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_γ	$(1-(0,7*H)/(N+B'*c*\cot\phi))^5$	Hansen
	i_q	$(1-(0,5*H)/(N+B'*c*\cot\phi))^5$	Hansen
	Inclinazione fondazione*		
	b_c	$1-\eta/147^\circ$	Hansen
	b_γ	$\exp(-2,7*\eta\tan\phi)$	Hansen
	b_q	$\exp(-2*\eta\tan\phi)$	Hansen
	Inclinazione piano campagna**		
g_c	$gq-[(1-gq)/(Nc*\tan\phi)]$	Hansen	
g_γ	$(1-\tan\beta)^2$	Hansen	
g_q	g_γ	Hansen	

* η = inclinazione base fondazione

** β = inclinazione pendio (dipende dall'angolo d'inclinazione del rilevato e dall'altezza del rilevato)

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

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

Il coefficiente di sicurezza a capacità portante è dato da:

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

dove:

q_{lim} = capacità portante limite del terreno

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - <i>RELAZIONE DI CALCOLO</i>	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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

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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<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 σ_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, σ_s , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

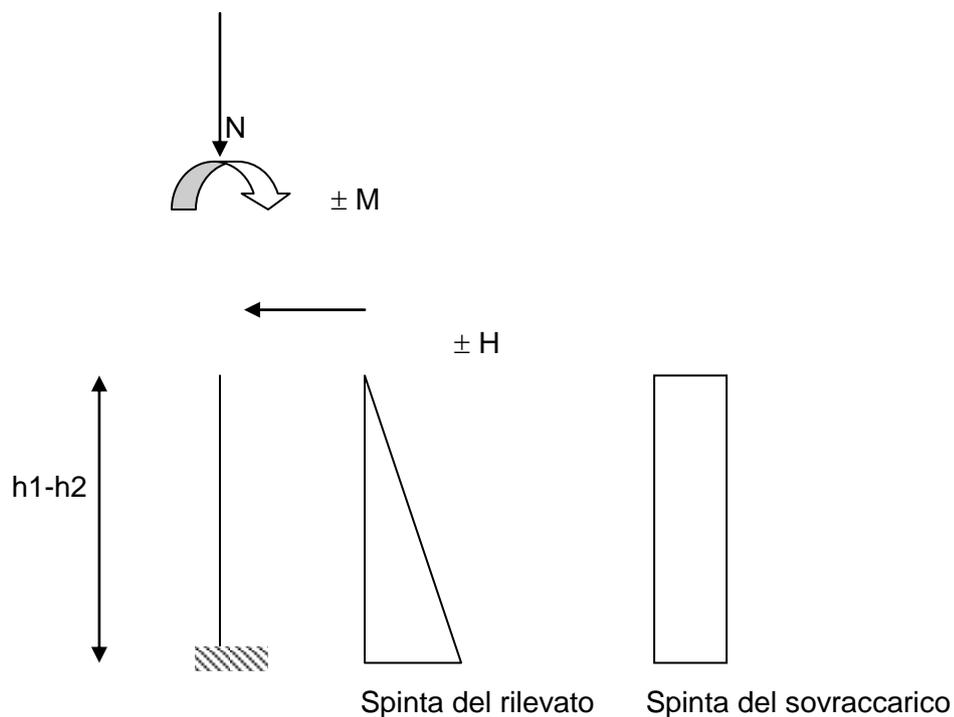
$$\sigma_s < 0,8 f_{yk} \quad (4.1.42)$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - <i>RELAZIONE DI CALCOLO</i>		<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9.6 Verifiche pannello prefabbricato

9.6.1 Verifica a flessione nel piano verticale

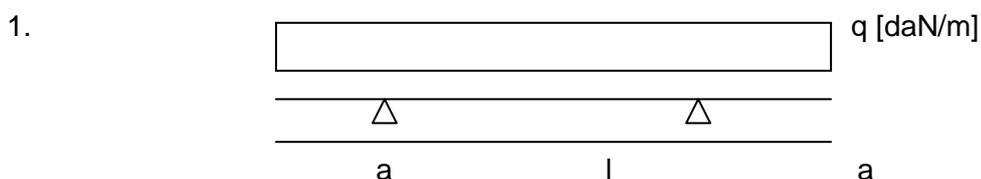
Si adotta lo schema statico di mensola incastrata nella fondazione, secondo lo schema seguente:



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

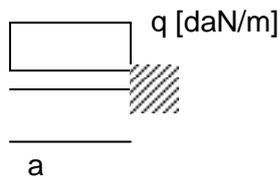
9.6.2 Verifica a flessione nel piano orizzontale

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

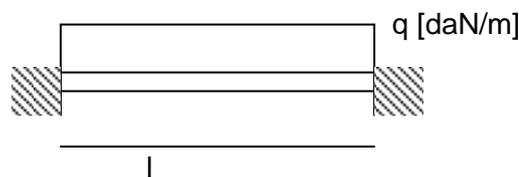


		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.



3.



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

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

9.6.3 Verifica a taglio

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

4.1.2.1.3.2 Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione θ 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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

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

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

dove d , b_w e σ_{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;		
α	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;		
f'_{cd}	resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$);		
α_c	coefficiente maggiorativo pari a	1	per membrane non compresse
		$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
		1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
		$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

9.7 Soletta di fondazione

9.7.1 Verifica a flessione

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - <i>RELAZIONE DI CALCOLO</i>	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

9.8 Verifiche

Di seguito si riportano i tabulati di calcolo della sezione considerata, in cui il simbolo H corrisponde all'altezza totale dei muri comprensiva della fondazione pari a 0,35 cm.

RELAZIONE TECNICA PER MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO **H = 3,85 m**

Approccio 1 Muro Tipo T

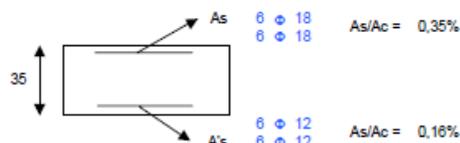
1 DATI DI PROGETTO

1a)	Dati geotecnici				
	Angolo di attrito interno	gradi	ϕ	38	
	Peso specifico	daN / m3	γ	2.000	
	Angolo di attrito terra - muro (valore prudenziale)	gradi	δ	25	
	Angolo di inclinazione piano di campagna	gradi	ϵ	0	
	Coesione	daN / cm2	c	0	
1b)	Carichi agenti				
	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	mome	3.333	
	Forza verticale in testa (positivo di compressione)	daN / elemento	N	0	
	Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	m	braccio	0,00	
1c)	Dati sismici				
	Classe d'Uso		Cu	SLV	SLD
	Vita Nominale	anni	Vn	2	2
	Periodo di Riferimento	anni	Vr	100	100
	Tempo di Ritorno	anni	Tr	200	200
	Accelerazione orizzontale massima su un sito rigido	[g]	ag(g)	1,898	201
	fattore di amplificazione spettrale		F0	0,419	0,160
	periodo d'inizio	sec	Tc'	2,475	2,367
	Categoria sottosuolo			0,416	0,337
	Categoria topografica			C	C
	Fattore di amplificazione stratigrafica		Ss	T1	T1
	Fattore di amplificazione topografica		St	1,08	1,473
				1,00	1,00
1d)	Morfologia del muro				
	Altezza del muro	m	h1	3,85	
	Distanza tra il punto di ribaltamento e il baricentro dell'elemento prefabbricato	m	X ₀	0,55	
	Distanza tra il baricentro del pannello e la soletta	m		0,15	
	Peso elemento prefabbricato	daN	P	3,225	
	Angolo di inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	gradi	b	80	
	Larghezza elemento prefabbricato	m	b1	2,50	
	Dimensione appoggio muro	m	appoggio	0,77	
	Altezza sezione in sommità (tratto a sezione costante)	m		0,30	
	Pendenza nervatura	m	pendenza	20%	
	Larghezza nervatura / e	m	s	0,30	
	Spessore soletta	m	sol	0,10	
1e)	Morfologia della fondazione				
	Spessore massimo soletta di fondazione	m	h2	0,35	
	Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	m	h3	0,35	
	Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	m	h4	0,35	
	Larghezza fondazione	m	l	2,70	
	Dimensione sbalzo anteriore	m	sbalzo	0,40	
	Larghezza suola fondazione a monte	m	l1	2,20	
	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	sbf	0,00	
1f)	Dati geotecnici terreno di fondazione				
	Angolo di attrito interno	gradi	ϕ	38	
	Peso specifico	daN / m3	γ	1.800	
	Coesione	daN / cm2	c	0	
	Ricoprimento fondazione a valle	m	hr	0,40	

2 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE

2a)	<u>Verifica a traslazione</u>	combinazione dimensionante	A2+M2	k_T	1,62	> 1,00
2b)	<u>Verifica a ribaltamento</u>	combinazione dimensionante	EQ	k_R	1,66	> 1,00
2c)	<u>Verifica a capacità portante</u>	combinazione dimensionante	A2+M2	k_p	1,40	> 1,00
				σ_{1max}	1,93	daN / cm2
				σ_{1min}	0,00	daN / cm2

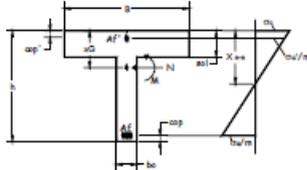
3 VERIFICHE FONDAZIONE



3a)	<u>Verifica fondazione di monte SLU (sezione d'incastro)</u> <u>Verifica fondazione di monte SISMICO (sezione d'incastro)</u>		M_u / M_s	1,17	
			M_u / M_s	2,11	
3b)	<u>Verifica fondazione di valle SLU (sezione d'incastro)</u> <u>Verifica fondazione di valle SISMICO (sezione d'incastro)</u>		M_u / M_s	4,85	
			M_u / M_s	6,13	
3c)	<u>Verifica fondazione di monte SLE RARA (sezione d'incastro)</u>	σ_c [daN / cm ²]	5	< σ_c lim	150
		σ_c [daN / cm ²]	212	< σ_c lim	3520
	<u>Verifica fondazione di monte SLE FREQUENTE (sezione d'incastro)</u>	Mcr [daNm]	11.028	> Me	758,941
	<u>Verifica fondazione di monte SLE QUASI PERMANENTE (sezione d'incastro)</u>	σ_c [daN / cm ²]	1	< σ_c lim	112,5
		Mcr [daNm]	11.028	> Me	310,034
	<u>Verifica fondazione di monte SISMICO SLD (sezione d'incastro)</u>	σ_c [daN / cm ²]	31	< σ_c lim	150
		σ_c [daN / cm ²]	1.216	< σ_c lim	3520

4 VERIFICHE PREFABBRICATO :

4a) Verifica prefabbricato



Af*	4	∅	12		
Af 1	4	∅	22	L 2	2,85 m
Af 2	4	∅	22	L 3	1,74 m
Af 3	4	∅	12	L 4	0,00 m
Af 4	0	∅	0	L 5	0,00 m
Af 5	0	∅	0		

SLU								STAFFE		
d	h	A _s	A	M _{s2}	N _{s2}	M _u	M _u /M _{s2}	V _{rsd}	V _{rsd}	V _{rsd}
cm	cm	cm ²	cm ²	daN m	daN	daNm	>1,00	daN	daN	daN
143	30	15,21	4,52	10235	1319	14255	1,39	10942	36290	7047
159	31,8	15,21	4,52	11351	1466	15277	1,35	11728	38895	7623
191	38,2	19,73	4,52	13852	1759	24256	1,75	14480	48023	8871
350	70,0	19,73	4,52	33101	3225	47831	1,45	28242	93665	17068
4										
5										

SISMICO								STAFFE		
d	h	A _s	A	M _{s2}	N _{s2}	M _u	M _u /M _{s2}	V _{rsd}	V _{rsd}	V _{rsd}
cm	cm	cm ²	cm ²	daN m	daN	daNm	>1,00	daN	daN	daN
143	30	15,21	4,52	11361	1319	14255	1,25	10942	36290	8186
159	31,8	15,21	4,52	12761	1466	15277	1,20	11728	38895	8923
191	38,2	19,73	4,52	15942	1759	24256	1,52	14480	48023	10517
350	70,0	19,73	4,52	41120	3225	47831	1,16	28242	93665	20861
4										
5										

SLE				FREQUENTE			RARA		
d	h	A _s	A	M _c	esm	wk	wk	σ_c	σ_c
cm	cm	cm ²	cm ²	daN m	mm	daNm	mm	daN/cm ²	daN/cm ²
143	30	15,21	4,52	4048	-	982	-	Mcr>Me	8
159	31,8	15,21	4,52	4440	-	1275	-	Mcr>Me	10
191	38,2	19,73	4,52	6924	0	2029	-	Mcr>Me	10
350	70,0	19,73	4,52	17215	-	10001	-	Mcr>Me	18
4									
5									

QUASI PERMANENTE			
M _c	esm-ecm	wk	σ_c
daNm	mm	mm	daN/cm ²
781	-	Mcr>Me	4
1030	-	Mcr>Me	5
1672	-	Mcr>Me	5
8801	-	Mcr>Me	11

4b)	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLU</u> <u>Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO</u>	10 ∅ 8	M_u / M_s	2,32
			M_u / M_s	1,85
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE RARA</u>	σ_c [daN / cm ²]	31	< σ_c lim 210
		σ_c [daN / cm ²]	1.159	< σ_c lim 3520
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE FREQUENTE</u>	Mcr [daNm]	69	> Me 31
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SLE QUASI PERMANENTE</u>	σ_c [daN / cm ²]	26	< σ_c lim 157,5
		Mcr [daNm]	69	> Me 29
	<u>Verifica soletta nel piano orizzontale SISMICO SLD</u>	σ_c [daN / cm ²]	37	< σ_c lim 210
		σ_c [daN / cm ²]	1.371	< σ_c lim 3520

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<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

γ_{ϕ} (fattore da applicare alla tangente dell'angolo di attrito)	1.25
γ_c (fattore da applicare alla coesione drenata)	1.25
γ_{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 (γ_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:

$$\gamma_r \geq 1.1$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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 3 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	γ_{nat} (kN/m ³)	ϕ_d □ □ (°)	c'_d (kPa)
Rilevato	20	32	0
Depositi alluvionali recenti	18	32	0
San Pier Niceto argilloso	20	17.8	16

Parametri geotecnici di progetto

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

$$\frac{a_g}{g} = 0.419$$

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

$$S_S = 1.08$$

$$S_T = 1.0$$

$$\beta_s = 0.30$$

$$\frac{a_{max}}{g} = 1.08 \cdot 1.0 \cdot 0.419 = 0.453$$

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} = 0.30 \cdot 0.453 = 0.136$$

$$k_v = \pm \frac{k_h}{2} = \pm 0.068$$

dove:

a_g : accelerazione orizzontale massima di riferimento su suolo rigido

a_{max} : accelerazione orizzontale massima attesa al sito

g : accelerazione di gravità

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - <i>RELAZIONE DI CALCOLO</i>		<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

S_t : coefficiente di amplificazione topografica, assunto pari a 1

β_s = coefficiente di riduzione, assunto in funzione del valore di a_g pari a 0,30

k_h = coefficiente sismico orizzontale

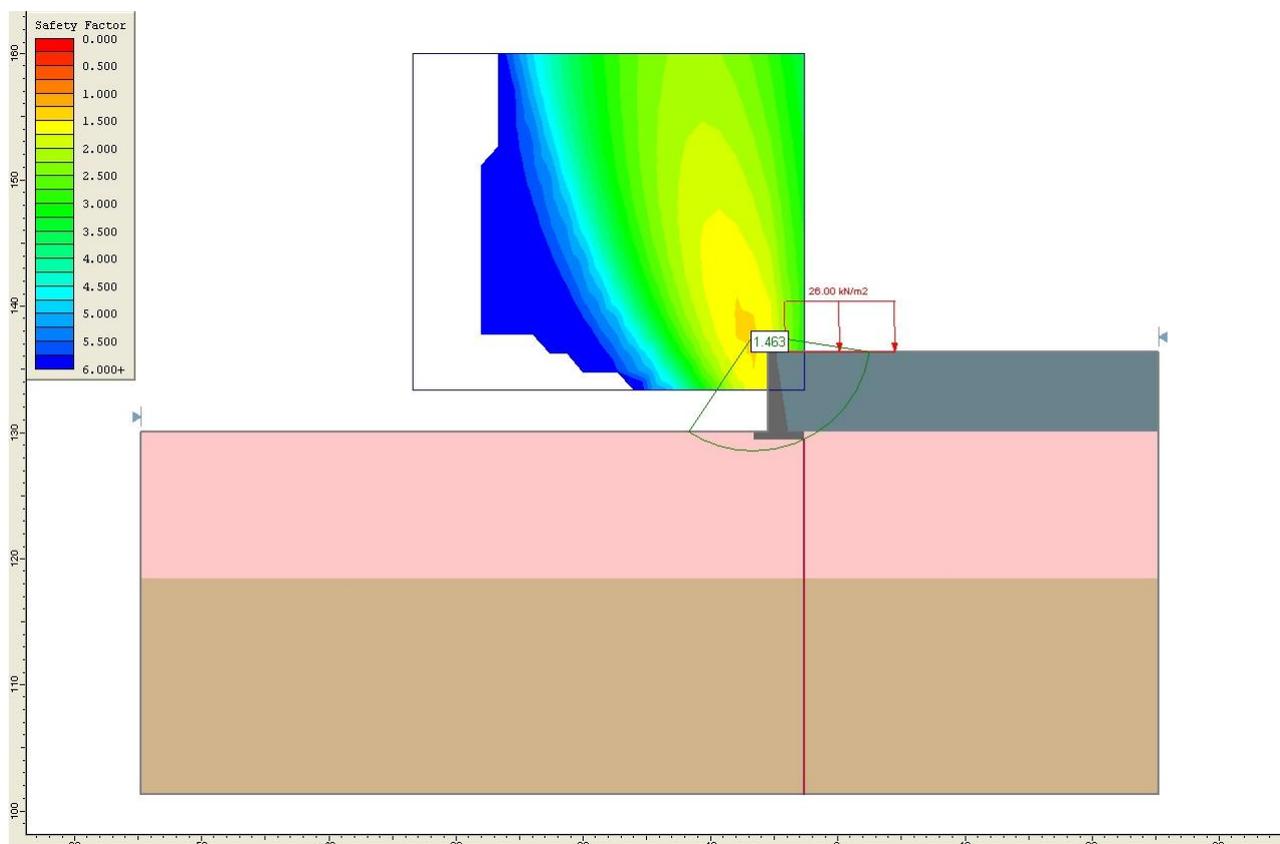
k_v = coefficiente sismico verticale

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	1.463
sismico	1.233

Risultati analisi di stabilità

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



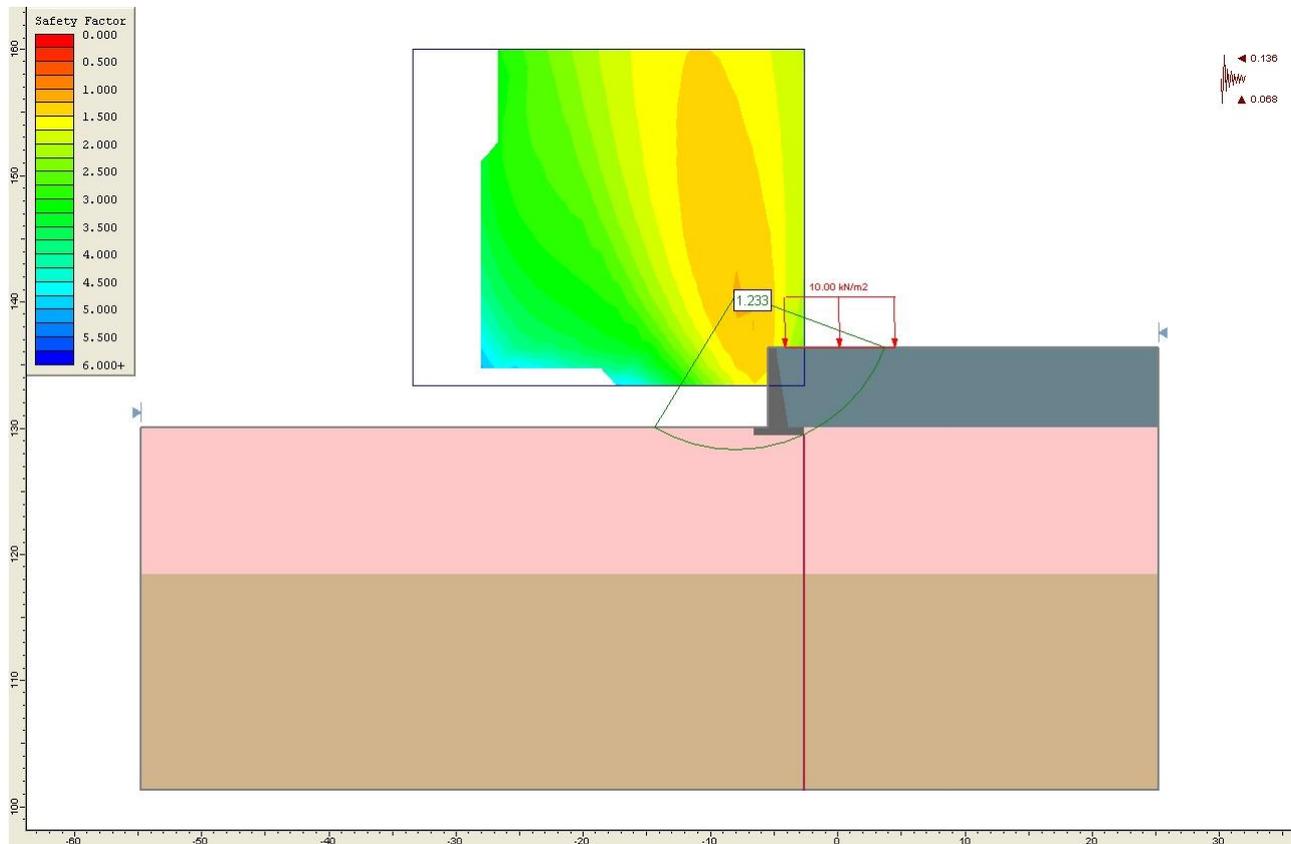
Analisi di stabilità caso statico: FS=1.463

MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA
PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
SS0506_F0.docx

Rev
F0

Data
20/06/2011



Analisi di stabilità caso sismico: FS=1.233

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<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 sv. Annunziata rampa 1 0+741
0+782-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/m³
 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/m²

Material Properties

Material: rilevato
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 32 degrees
 Water Surface: None

Material: c.a.

Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 25 kN/m³
 Cohesion: 50 kPa
 Friction Angle: 40 degrees
 Water Surface: None

Material: DepAlluvionaliRec

Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 18 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 32 degrees
 Water Surface: None

Material: San PierNiceto arg

Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 16 kPa
 Friction Angle: 17.8 degrees
 Water Surface: None

List of All Coordinates

Material Boundary

-54.788	118.403
25.212	118.403

Material Boundary

-4.760	136.353
-4.760	135.603
-3.911	130.003
-2.600	130.003
-2.607	136.355

Material Boundary

-6.600	130.003
-6.600	129.403
-2.600	129.403
-2.600	130.003

Material Boundary

-2.600	130.003
25.212	130.003

External Boundary

-5.500	136.353
-5.500	130.003
-6.600	130.003
-54.788	130.003
-54.788	118.403
-54.788	101.363
25.212	101.363
25.212	118.403
25.212	130.003
25.212	136.363
11.805	136.363
4.500	136.363
-2.607	136.355
-4.157	136.353

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - <i>RELAZIONE DI CALCOLO</i>	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

-4.760	136.353	-2.604	133.329
		-2.604	160.056
		-33.379	160.056
<u>Focus/Block Search Line</u>		<u>Distributed Load</u>	
-2.600	101.363	4.500	136.363
-2.600	129.403	-2.607	136.355
<u>Search Grid</u>		-4.157	136.353
-33.379	133.329		

11.2 Output SLIDE rel. 05– Analisi in fase statica

MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA
PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
SS0506_F0.docx

Rev	Data
F0	20/06/2011

Raw Data for Minimum Circle Results							
Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety				
-33.379	133.329	31.028	-1000.00000	-29.365	140.753	29.072	-1000.00000
-33.379	134.814	31.251	-1000.00000	-29.365	142.238	29.683	-1000.00000
-33.379	136.299	31.542	-1000.00000	-29.365	143.723	30.355	-1000.00000
-33.379	137.783	31.899	-1000.00000	-29.365	145.208	31.083	-1000.00000
-33.379	139.268	32.321	-1000.00000	-29.365	146.692	31.863	-1000.00000
-33.379	140.753	32.805	-1000.00000	-29.365	148.177	32.693	-1000.00000
-33.379	142.238	33.348	-1000.00000	-29.365	149.662	33.568	-1000.00000
-33.379	143.723	33.947	-1000.00000	-29.365	151.147	34.484	-1000.00000
-33.379	145.208	34.600	-1000.00000	-29.365	152.632	35.439	-1000.00000
-33.379	146.692	35.303	-1000.00000	-29.365	154.117	36.430	-1000.00000
-33.379	148.177	36.053	-1000.00000	-29.365	155.601	37.453	-1000.00000
-33.379	149.662	36.848	-1000.00000	-28.027	157.086	38.506	-1000.00000
-33.379	151.147	37.685	-1000.00000	-28.027	158.571	39.587	-1000.00000
-33.379	152.632	38.561	-1000.00000	-28.027	160.056	40.693	-1000.00000
-33.379	154.117	39.473	-1000.00000	-28.027	133.329	25.728	-112.00000
-33.379	155.601	40.419	-1000.00000	-28.027	134.814	25.996	-112.00000
-33.379	157.086	41.397	-1000.00000	-28.027	136.299	26.345	-112.00000
-33.379	158.571	42.404	-1000.00000	-28.027	137.783	26.865	13.81540
-33.379	160.056	43.439	-1000.00000	-28.027	139.268	27.935	12.47950
-32.041	133.329	29.702	-1000.00000	-28.027	140.753	27.935	11.41740
-32.041	134.814	29.934	-1000.00000	-28.027	142.238	28.566	10.53720
-32.041	136.299	30.238	-1000.00000	-28.027	143.723	29.255	9.83798
-32.041	137.783	30.610	-1000.00000	-28.027	145.208	30.000	9.25733
-32.041	139.268	31.050	-1000.00000	-28.027	146.692	30.777	8.79644
-32.041	140.753	31.553	-1000.00000	-28.027	148.177	31.640	8.32054
-32.041	142.238	32.117	-1000.00000	-28.027	149.662	32.523	8.05705
-32.041	143.723	32.739	-1000.00000	-28.027	151.147	33.456	7.89648
-32.041	145.208	33.415	-1000.00000	-28.027	152.632	34.440	-1000.00000
-32.041	146.692	34.142	-1000.00000	-28.027	154.117	35.458	-1000.00000
-32.041	148.177	34.918	-1000.00000	-28.027	155.601	36.509	-1000.00000
-32.041	149.662	35.738	-1000.00000	-28.027	157.086	37.588	-1000.00000
-32.041	151.147	36.600	-1000.00000	-28.027	158.571	38.695	-1000.00000
-32.041	152.632	37.501	-1000.00000	-26.689	160.056	39.826	-1000.00000
-32.041	154.117	38.439	-1000.00000	-26.689	133.329	24.407	-112.00000
-32.041	155.601	39.410	-1000.00000	-26.689	134.814	24.689	-112.00000
-32.041	157.086	40.412	-1000.00000	-26.689	136.299	25.056	-112.00000
-32.041	158.571	41.443	-1000.00000	-26.689	137.783	28.087	9.95780
-32.041	160.056	42.501	-1000.00000	-26.689	139.268	28.571	9.23071
-30.703	133.329	28.376	-1000.00000	-26.689	140.753	29.118	8.60412
-30.703	134.814	28.619	-1000.00000	-26.689	142.238	29.727	8.10451
-30.703	136.299	28.936	-1000.00000	-26.689	143.723	30.392	7.69315
-30.703	137.783	29.326	-1000.00000	-26.689	145.208	31.112	7.31415
-30.703	139.268	29.784	-1000.00000	-26.689	146.692	31.882	6.99590
-30.703	140.753	30.308	-1000.00000	-26.689	148.177	32.700	6.77648
-30.703	142.238	30.895	-1000.00000	-26.689	149.662	33.562	6.52888
-30.703	143.723	31.541	-1000.00000	-26.689	151.147	34.465	6.38673
-30.703	145.208	32.242	-1000.00000	-26.689	152.632	35.405	6.33190
-30.703	146.692	32.995	-1000.00000	-26.689	154.117	36.382	6.32886
-30.703	148.177	33.797	-1000.00000	-26.689	155.601	37.390	6.46244
-30.703	149.662	34.644	-1000.00000	-26.689	157.086	37.216	6.44975
-30.703	151.147	35.533	-1000.00000	-26.689	158.571	38.162	6.22163
-30.703	152.632	36.460	-1000.00000	-26.689	160.056	38.985	6.01349
-30.703	154.117	37.424	-1000.00000	-25.351	133.329	23.087	-112.00000
-30.703	155.601	38.420	-1000.00000	-25.351	134.814	23.385	-112.00000
-30.703	157.086	39.448	-1000.00000	-25.351	136.299	23.773	-112.00000
-30.703	158.571	40.504	-1000.00000	-25.351	137.783	29.315	8.25041
-30.703	160.056	41.586	-1000.00000	-25.351	139.268	29.781	7.78145
-29.365	133.329	27.051	-1000.00000	-25.351	140.753	30.309	7.38080
-29.365	134.814	27.306	-1000.00000	-25.351	142.238	30.896	7.06166
-29.365	136.299	27.639	-1000.00000	-25.351	143.723	30.608	6.77088
-29.365	137.783	28.046	-1000.00000	-25.351	145.208	32.235	6.51628
-29.365	139.268	28.525	-1000.00000	-25.351	146.692	32.100	6.31594
				-25.351	148.177	33.347	6.15309
				-25.351	149.662	33.782	5.98664
				-25.351	151.147	35.087	5.88645

MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA
PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
SS0506_F0.docx

Rev	Data
F0	20/06/2011

-25.351	152.632	36.404	5.81413	-19.998	136.299	24.790	6.35410
-25.351	154.117	37.356	5.77142	-19.998	137.783	25.289	6.01401
-25.351	155.601	38.340	5.75963	-19.998	139.268	24.400	5.69812
-25.351	157.086	35.832	5.70663	-19.998	140.753	25.080	5.43991
-25.351	158.571	36.991	5.50686	-19.998	142.238	25.828	5.26471
-25.351	160.056	38.173	5.33950	-19.998	143.723	26.637	5.14050
-24.013	133.329	21.770	-112.00000	-19.998	145.208	23.505	4.84743
-24.013	134.814	22.086	-112.00000	-19.998	146.692	24.528	4.52525
-24.013	136.299	22.496	-112.00000	-19.998	148.177	25.596	4.27261
-24.013	137.783	29.790	7.54071	-19.998	149.662	26.705	4.06344
-24.013	139.268	29.512	7.13983	-19.998	151.147	27.848	3.88920
-24.013	140.753	30.052	6.83337	-19.998	152.632	29.022	3.74289
-24.013	142.238	29.230	6.54197	-19.998	154.117	30.224	3.61833
-24.013	143.723	29.921	6.27947	-19.998	155.601	31.449	3.54213
-24.013	145.208	29.992	6.07256	-19.998	157.086	32.697	3.48068
-24.013	146.692	30.150	5.90597	-19.998	158.571	33.963	3.42911
-24.013	148.177	31.670	5.75289	-19.998	160.056	35.246	3.38597
-24.013	149.662	33.816	5.64224	-18.660	133.329	16.533	-112.00000
-24.013	151.147	34.725	5.56116	-18.660	134.814	22.322	6.27011
-24.013	152.632	36.255	5.51360	-18.660	136.299	24.548	5.90678
-24.013	154.117	32.700	5.42663	-18.660	137.783	23.330	5.58013
-24.013	155.601	33.836	5.21296	-18.660	139.268	23.962	5.30618
-24.013	157.086	34.998	5.02632	-18.660	140.753	24.670	5.12034
-24.013	158.571	36.184	4.86846	-18.660	142.238	20.559	4.80068
-24.013	160.056	37.391	4.76068	-18.660	143.723	21.517	4.41726
-22.675	133.329	20.455	-112.00000	-18.660	145.208	22.533	4.10099
-22.675	134.814	20.791	-112.00000	-18.660	146.692	23.598	3.85828
-22.675	136.299	26.314	7.52445	-18.660	148.177	24.706	3.66129
-22.675	137.783	27.769	6.98926	-18.660	149.662	25.853	3.50027
-22.675	139.268	28.276	6.63476	-18.660	151.147	27.032	3.36698
-22.675	140.753	27.885	6.34678	-18.660	152.632	28.240	3.25782
-22.675	142.238	27.600	6.07155	-18.660	154.117	29.474	3.19129
-22.675	143.723	28.340	5.82975	-18.660	155.601	30.729	3.14157
-22.675	145.208	29.135	5.65537	-18.660	157.086	32.005	3.10138
-22.675	146.692	29.983	5.51135	-18.660	158.571	33.297	3.06975
-22.675	148.177	31.724	5.40760	-18.660	160.056	34.605	3.04479
-22.675	149.662	33.460	5.35339	-17.322	133.329	15.237	-112.00000
-22.675	151.147	29.594	5.17973	-17.322	134.814	21.817	5.76098
-22.675	152.632	30.701	4.94614	-17.322	136.299	22.302	5.48964
-22.675	154.117	31.839	4.74543	-17.322	137.783	20.900	5.22199
-22.675	155.601	33.005	4.57206	-17.322	139.268	17.722	4.93596
-22.675	157.086	34.196	4.42417	-17.322	140.753	18.590	4.41971
-22.675	158.571	35.409	4.32769	-17.322	142.238	19.532	4.02720
-22.675	160.056	36.641	4.24339	-17.322	143.723	20.538	3.70596
-21.337	133.329	19.143	-112.00000	-17.322	145.208	21.599	3.47168
-21.337	134.814	19.502	-112.00000	-17.322	146.692	22.708	3.28636
-21.337	136.299	26.308	6.86376	-17.322	148.177	23.858	3.13692
-21.337	137.783	26.771	6.48496	-17.322	149.662	25.043	3.01897
-21.337	139.268	26.080	6.16146	-17.322	151.147	26.259	2.92404
-21.337	140.753	26.710	5.88383	-17.322	152.632	27.501	2.86786
-21.337	142.238	27.406	5.64119	-17.322	154.117	28.766	2.83024
-21.337	143.723	27.017	5.45803	-17.322	155.601	30.052	2.80265
-21.337	145.208	27.859	5.31228	-17.322	157.086	31.355	2.78195
-21.337	146.692	29.836	5.20002	-17.322	158.571	32.673	2.76782
-21.337	148.177	26.524	4.97606	-17.322	160.056	34.005	2.75900
-21.337	149.662	27.595	4.71318	-15.984	133.329	16.019	6.32354
-21.337	151.147	28.703	4.49181	-15.984	134.814	20.914	5.36044
-21.337	152.632	29.843	4.30418	-15.984	136.299	19.527	5.12275
-21.337	154.117	31.013	4.14423	-15.984	137.783	15.791	4.63936
-21.337	155.601	32.209	4.00737	-15.984	139.268	16.627	4.07999
-21.337	157.086	33.428	3.92010	-15.984	140.753	17.549	3.67088
-21.337	158.571	34.667	3.84720	-15.984	142.238	18.544	3.34914
-21.337	160.056	35.926	3.78450	-15.984	143.723	19.601	3.12131
-19.998	133.329	17.836	-112.00000	-15.984	145.208	20.710	2.94669
-19.998	134.814	19.759	7.87121	-15.984	146.692	21.865	2.80683

MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA
PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
SS0506_F0.docx

Rev	Data
F0	20/06/2011

-15.984	148.177	23.057	2.70275	-11.970	160.056	32.053	2.17979
-15.984	149.662	24.281	2.62189	-10.632	133.329	8.940	3.15640
-15.984	151.147	25.533	2.57362	-10.632	134.814	9.685	2.59571
-15.984	152.632	26.809	2.54853	-10.632	136.299	10.586	2.23695
-15.984	154.117	28.105	2.53215	-10.632	137.783	11.608	1.99389
-15.984	155.601	29.419	2.52315	-10.632	139.268	12.721	1.85592
-15.984	157.086	30.749	2.52015	-10.632	140.753	13.905	1.77407
-15.984	158.571	32.092	2.52354	-10.632	142.238	15.141	1.73234
-15.984	160.056	33.448	2.52942	-10.632	143.723	16.419	1.71319
-14.646	133.329	19.117	5.27705	-10.632	145.208	17.728	1.72089
-14.646	134.814	19.910	5.01920	-10.632	146.692	19.064	1.75393
-14.646	136.299	13.880	4.55866	-10.632	148.177	20.420	1.79291
-14.646	137.783	14.675	3.78388	-10.632	149.662	21.793	1.83577
-14.646	139.268	15.570	3.34690	-10.632	151.147	23.180	1.88267
-14.646	140.753	16.551	3.01903	-10.632	152.632	24.578	1.93008
-14.646	142.238	17.602	2.79607	-10.632	154.117	25.986	1.97882
-14.646	143.723	18.713	2.62769	-10.632	155.601	27.402	2.02825
-14.646	145.208	19.872	2.50676	-10.632	157.086	28.825	2.07856
-14.646	146.692	21.072	2.41699	-10.632	158.571	30.254	2.12798
-14.646	148.177	22.307	2.34868	-10.632	160.056	31.688	2.17790
-14.646	149.662	23.570	2.31492	-9.294	133.329	7.760	2.44675
-14.646	151.147	24.858	2.30251	-9.294	134.814	8.607	2.05145
-14.646	152.632	26.166	2.29833	-9.294	136.299	9.610	1.81776
-14.646	154.117	27.493	2.29928	-9.294	137.783	10.726	1.66985
-14.646	155.601	28.835	2.30744	-9.294	139.268	11.922	1.60152
-14.646	157.086	30.191	2.31985	-9.294	140.753	13.177	1.57819
-14.646	158.571	31.558	2.33595	-9.294	142.238	14.476	1.57976
-14.646	160.056	32.935	2.35495	-9.294	143.723	15.807	1.60360
-13.308	133.329	15.867	5.03097	-9.294	145.208	17.164	1.65223
-13.308	134.814	11.998	4.25102	-9.294	146.692	18.540	1.70702
-13.308	136.299	12.736	3.54107	-9.294	148.177	19.932	1.76407
-13.308	137.783	13.598	3.05932	-9.294	149.662	21.336	1.82328
-13.308	139.268	14.560	2.71695	-9.294	151.147	22.751	1.88482
-13.308	140.753	15.604	2.49639	-9.294	152.632	24.174	1.94456
-13.308	142.238	16.715	2.33950	-9.294	154.117	25.604	2.00413
-13.308	143.723	17.881	2.23226	-9.294	155.601	27.040	2.06324
-13.308	145.208	19.091	2.15677	-9.294	157.086	28.481	2.12171
-13.308	146.692	20.337	2.10613	-9.294	158.571	29.926	2.17994
-13.308	148.177	21.613	2.08500	-9.294	160.056	31.375	2.23693
-13.308	149.662	22.915	2.08555	-7.956	133.329	6.641	1.89716
-13.308	151.147	24.238	2.09479	-7.956	134.814	7.613	1.66437
-13.308	152.632	25.578	2.11024	-7.956	136.299	8.731	1.54018
-13.308	154.117	26.934	2.13023	-7.956	137.783	9.946	1.48520
-13.308	155.601	28.302	2.15276	-7.956	139.268	11.225	1.47745
-13.308	157.086	29.682	2.17941	-7.956	140.753	12.550	1.49676
-13.308	158.571	31.072	2.20831	-7.956	142.238	13.908	1.53816
-13.308	160.056	32.469	2.23908	-7.956	143.723	15.289	1.60668
-11.970	133.329	10.159	4.04844	-7.956	145.208	16.687	1.67823
-11.970	134.814	10.820	3.38110	-7.956	146.692	18.100	1.75057
-11.970	136.299	11.634	2.83290	-7.956	148.177	19.523	1.82253
-11.970	137.783	12.571	2.45318	-7.956	149.662	20.955	1.89147
-11.970	139.268	13.606	2.22044	-7.956	151.147	22.394	1.96203
-11.970	140.753	14.718	2.07706	-7.956	152.632	23.838	2.03116
-11.970	142.238	15.891	1.98451	-7.956	154.117	25.287	2.09897
-11.970	143.723	17.113	1.92632	-7.956	155.601	26.740	2.16534
-11.970	145.208	18.373	1.89219	-7.956	157.086	28.197	2.23220
-11.970	146.692	19.665	1.88560	-7.956	158.571	29.656	2.29566
-11.970	148.177	20.983	1.90189	-7.956	160.056	31.117	2.35780
-11.970	149.662	22.321	1.92533	-6.618	133.329	5.617	1.60115
-11.970	151.147	23.677	1.95424	-6.618	134.814	6.739	1.49801
-11.970	152.632	25.047	1.98678	-6.618	136.299	7.981	1.46368
-11.970	154.117	26.430	2.02223	-6.618	137.783	9.294	1.46277
-11.970	155.601	27.824	2.05973	-6.618	139.268	10.652	1.49646
-11.970	157.086	29.226	2.09839	-6.618	140.753	12.040	1.54751
-11.970	158.571	30.636	2.13868	-6.618	142.238	13.449	1.63322

MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA
PK0+741 A PK0+782 - *RELAZIONE DI CALCOLO*

Codice documento
SS0506_F0.docx

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

-6.618	143.723	14.873	1.71992	-3.942	140.753	11.429	2.40066
-6.618	145.208	16.307	1.80636	-3.942	142.238	14.469	2.46934
-6.618	146.692	17.750	1.89047	-3.942	143.723	15.838	2.52124
-6.618	148.177	19.199	1.97299	-3.942	145.208	17.214	2.57593
-6.618	149.662	20.654	2.04985	-3.942	146.692	18.597	2.63025
-6.618	151.147	22.112	2.12589	-3.942	148.177	19.987	2.68726
-6.618	152.632	23.574	2.19967	-3.942	149.662	21.384	2.74494
-6.618	154.117	25.038	2.27234	-3.942	151.147	22.786	2.80690
-6.618	155.601	26.505	2.34297	-3.942	152.632	24.194	2.86517
-6.618	157.086	27.973	2.41169	-3.942	154.117	25.607	2.92328
-6.618	158.571	29.443	2.47863	-3.942	155.601	27.024	2.98113
-6.618	160.056	30.915	2.54599	-3.942	157.086	28.446	3.03652
-5.280	133.329	4.753	1.68956	-3.942	158.571	29.872	3.09373
-5.280	134.814	6.038	1.63257	-3.942	160.056	31.301	3.15043
-5.280	136.299	7.398	1.62201	-2.604	133.329	6.408	3.71761
-5.280	137.783	8.798	1.63616	-2.604	134.814	7.524	3.23551
-5.280	139.268	10.223	1.67496	-2.604	136.299	8.849	3.05359
-5.280	140.753	11.662	1.77207	-2.604	137.783	10.195	2.94695
-5.280	142.238	13.112	1.87026	-2.604	139.268	11.550	2.91058
-5.280	143.723	14.568	1.96420	-2.604	140.753	12.912	2.91053
-5.280	145.208	16.030	2.05439	-2.604	142.238	14.282	2.92988
-5.280	146.692	17.496	2.14334	-2.604	143.723	15.658	2.96178
-5.280	148.177	18.965	2.22752	-2.604	145.208	17.041	3.00029
-5.280	149.662	20.436	2.30837	-2.604	146.692	18.431	3.04587
-5.280	151.147	21.908	2.38626	-2.604	148.177	19.827	3.09485
-5.280	152.632	23.383	2.45879	-2.604	149.662	21.229	3.14280
-5.280	154.117	24.858	2.53099	-2.604	151.147	22.636	3.19630
-5.280	155.601	26.335	2.60242	-2.604	152.632	24.049	3.25076
-5.280	157.086	27.813	2.67168	-2.604	154.117	25.466	3.30547
-5.280	158.571	29.291	2.73898	-2.604	155.601	26.888	3.36040
-5.280	160.056	30.770	2.80445	-2.604	157.086	28.314	3.41553
-3.942	133.329	6.526	2.67845	-2.604	158.571	29.744	3.47066
-3.942	134.814	7.798	2.46697	-2.604	160.056	31.702	3.52399
-3.942	136.299	9.092	2.37088				
-3.942	137.783	8.487	2.27230				
-3.942	139.268	9.956	2.32435				

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> SS0506_F0.docx	<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 sv. Annunziata rampa 1 0+741
0+782-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/m³
 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): 0.136
 Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.068
 1 Distributed Load present:
 Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal
 to boundary, Magnitude: 10 kN/m²

Material Properties

Material: rilevato
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 32 degrees
 Water Surface: None

Material: c.a.

Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 25 kN/m³
 Cohesion: 50 kPa
 Friction Angle: 40 degrees
 Water Surface: None

Material: DepAlluvionaliRec
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 18 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 32 degrees
 Water Surface: None

Material: San PierNiceto arg
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 16 kPa
 Friction Angle: 17.8 degrees
 Water Surface: None

List of All Coordinates

Material Boundary

-54.788	118.403
25.212	118.403

Material Boundary

-4.760	136.353
-4.760	135.603
-3.911	130.003
-2.600	130.003
-2.607	136.355

Material Boundary

-6.600	130.003
-6.600	129.403
-2.600	129.403
-2.600	130.003

Material Boundary

-2.600	130.003
25.212	130.003

External Boundary

-5.500	136.353
-5.500	130.003
-6.600	130.003
-54.788	130.003
-54.788	118.403
-54.788	101.363
25.212	101.363
25.212	118.403
25.212	130.003
25.212	136.363
11.805	136.363
4.500	136.363
-2.607	136.355
-4.157	136.353
-4.760	136.353

Focus/Block Search Line

-2.600	101.363
--------	---------

MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA
PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
SS0506_F0.docx

Rev	Data
F0	20/06/2011

-2.600 129.403

Search Grid

-33.379 133.329
-2.604 133.329
-2.604 160.056
-33.379 160.056

Distributed Load

4.500 136.363
-2.607 136.355
-4.157 136.353

11.4 Output SLIDE rel. 05– Analisi in fase sismica

Raw Data for Minimum Circle Results

Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety			
-33.379	133.329	31.028	-1000.00000	-30.703	152.632	36.460 -1000.00000
-33.379	134.814	31.251	-1000.00000	-30.703	154.117	37.424 -1000.00000
-33.379	136.299	31.542	-1000.00000	-30.703	155.601	38.420 -1000.00000
-33.379	137.783	31.899	-1000.00000	-30.703	157.086	39.448 -1000.00000
-33.379	139.268	32.321	-1000.00000	-30.703	158.571	40.504 -1000.00000
-33.379	140.753	32.805	-1000.00000	-30.703	160.056	41.586 -1000.00000
-33.379	142.238	33.348	-1000.00000	-29.365	133.329	27.051 -1000.00000
-33.379	143.723	33.947	-1000.00000	-29.365	134.814	27.306 -1000.00000
-33.379	145.208	34.600	-1000.00000	-29.365	136.299	27.639 -1000.00000
-33.379	146.692	35.303	-1000.00000	-29.365	137.783	28.046 -1000.00000
-33.379	148.177	36.053	-1000.00000	-29.365	139.268	28.525 -1000.00000
-33.379	149.662	36.848	-1000.00000	-29.365	140.753	29.072 -1000.00000
-33.379	151.147	37.685	-1000.00000	-29.365	142.238	29.683 -1000.00000
-33.379	152.632	38.561	-1000.00000	-29.365	143.723	30.355 -1000.00000
-33.379	154.117	39.473	-1000.00000	-29.365	145.208	31.083 -1000.00000
-33.379	155.601	40.419	-1000.00000	-29.365	146.692	31.863 -1000.00000
-33.379	157.086	41.397	-1000.00000	-29.365	148.177	32.693 -1000.00000
-33.379	158.571	42.404	-1000.00000	-29.365	149.662	33.568 -1000.00000
-33.379	160.056	43.439	-1000.00000	-29.365	151.147	34.484 -1000.00000
-32.041	133.329	29.702	-1000.00000	-29.365	152.632	35.439 -1000.00000
-32.041	134.814	29.934	-1000.00000	-29.365	154.117	36.430 -1000.00000
-32.041	136.299	30.238	-1000.00000	-29.365	155.601	37.453 -1000.00000
-32.041	137.783	30.610	-1000.00000	-29.365	157.086	38.506 -1000.00000
-32.041	139.268	31.050	-1000.00000	-29.365	158.571	39.587 -1000.00000
-32.041	140.753	31.553	-1000.00000	-28.027	133.329	25.728 -112.00000
-32.041	142.238	32.117	-1000.00000	-28.027	134.814	26.063 5.02409
-32.041	143.723	32.739	-1000.00000	-28.027	136.299	26.432 4.74604
-32.041	145.208	33.415	-1000.00000	-28.027	137.783	26.865 4.45756
-32.041	146.692	34.142	-1000.00000	-28.027	139.268	27.367 4.21104
-32.041	148.177	34.918	-1000.00000	-28.027	140.753	27.935 4.00807
-32.041	149.662	35.738	-1000.00000	-28.027	142.238	28.566 3.83763
-32.041	151.147	36.600	-1000.00000	-28.027	143.723	29.255 3.70062
-32.041	152.632	37.501	-1000.00000	-28.027	145.208	30.000 3.58931
-32.041	154.117	38.439	-1000.00000	-28.027	146.692	30.777 3.50542
-32.041	155.601	39.410	-1000.00000	-28.027	148.177	31.640 3.42658
-32.041	157.086	40.412	-1000.00000	-28.027	149.662	32.523 3.39393
-32.041	158.571	41.443	-1000.00000	-28.027	151.147	33.458 3.39501
-32.041	160.056	42.501	-1000.00000	-28.027	152.632	34.440 -1000.00000
-30.703	133.329	28.376	-1000.00000	-28.027	154.117	35.458 -1000.00000
-30.703	134.814	28.619	-1000.00000	-28.027	155.601	36.509 -1000.00000
-30.703	136.299	28.936	-1000.00000	-28.027	157.086	37.588 -1000.00000
-30.703	137.783	29.326	-1000.00000	-28.027	158.571	38.695 -1000.00000
-30.703	139.268	29.784	-1000.00000	-28.027	160.056	39.826 -1000.00000
-30.703	140.753	30.308	-1000.00000	-26.689	133.329	24.407 -112.00000
-30.703	142.238	30.895	-1000.00000	-26.689	134.814	26.533 4.66764
-30.703	143.723	31.541	-1000.00000	-26.689	136.299	27.148 4.35218
-30.703	145.208	32.242	-1000.00000	-26.689	137.783	28.087 4.05271
-30.703	146.692	32.995	-1000.00000	-26.689	139.268	28.571 3.84136
-30.703	148.177	33.797	-1000.00000	-26.689	140.753	29.118 3.65862
-30.703	149.662	34.644	-1000.00000	-26.689	142.238	29.727 3.51025
-30.703	151.147	35.533	-1000.00000	-26.689	143.723	30.392 3.38760
				-26.689	145.208	31.112 3.28001
				-26.689	146.692	31.882 3.19182

MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA
PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
SS0506_F0.docx

Rev	Data
F0	20/06/2011

-26.689	148.177	32.700	3.13081	-22.675	160.056	36.641	2.46611
-26.689	149.662	33.562	3.07121	-21.337	133.329	19.143	-112.00000
-26.689	151.147	34.465	3.04113	-21.337	134.814	20.787	4.28077
-26.689	152.632	35.405	3.03470	-21.337	136.299	25.040	3.67659
-26.689	154.117	36.382	3.05211	-21.337	137.783	28.020	3.41964
-26.689	155.601	37.390	3.12938	-21.337	139.268	29.759	3.26460
-26.689	157.086	36.696	3.16429	-21.337	140.753	30.314	3.12979
-26.689	158.571	37.829	3.08001	-21.337	142.238	30.928	3.02396
-26.689	160.056	38.985	3.00734	-21.337	143.723	32.743	2.92990
-25.351	133.329	23.087	-112.00000	-21.337	145.208	33.436	2.85312
-25.351	134.814	23.904	4.78120	-21.337	146.692	35.263	2.78508
-25.351	136.299	28.912	3.98583	-21.337	148.177	36.020	2.72984
-25.351	137.783	29.315	3.77347	-21.337	149.662	37.843	2.68020
-25.351	139.268	29.781	3.59850	-21.337	151.147	38.652	2.63901
-25.351	140.753	30.309	3.44914	-21.337	152.632	29.843	2.57496
-25.351	142.238	30.896	3.32275	-21.337	154.117	31.013	2.49949
-25.351	143.723	31.539	3.21066	-21.337	155.601	32.209	2.43386
-25.351	145.208	32.235	3.10799	-21.337	157.086	33.428	2.38032
-25.351	146.692	32.981	3.03212	-21.337	158.571	34.667	2.33403
-25.351	148.177	33.774	2.96857	-21.337	160.056	35.926	2.29337
-25.351	149.662	34.611	2.91527	-19.998	133.329	17.836	-112.00000
-25.351	151.147	35.489	2.86944	-19.998	134.814	19.759	4.13298
-25.351	152.632	36.404	2.84427	-19.998	136.299	24.790	3.53220
-25.351	154.117	37.356	2.83298	-19.998	137.783	26.783	3.32507
-25.351	155.601	38.340	2.83631	-19.998	139.268	28.799	3.17897
-25.351	157.086	39.355	2.86018	-19.998	140.753	29.387	3.05034
-25.351	158.571	36.991	2.88882	-19.998	142.238	30.036	2.94992
-25.351	160.056	38.173	2.82359	-19.998	143.723	32.109	2.86498
-24.013	133.329	21.770	-112.00000	-19.998	145.208	32.832	2.79075
-24.013	134.814	22.860	4.60223	-19.998	146.692	34.898	2.73506
-24.013	136.299	28.624	3.83997	-19.998	148.177	25.596	2.62622
-24.013	137.783	30.545	3.61305	-19.998	149.662	26.705	2.52265
-24.013	139.268	30.996	3.44693	-19.998	151.147	27.848	2.43472
-24.013	140.753	31.506	3.30644	-19.998	152.632	29.022	2.35966
-24.013	142.238	32.074	3.18508	-19.998	154.117	30.224	2.29495
-24.013	143.723	32.696	3.08415	-19.998	155.601	31.449	2.24375
-24.013	145.208	33.370	3.00332	-19.998	157.086	32.697	2.19993
-24.013	146.692	34.093	2.93515	-19.998	158.571	33.963	2.16200
-24.013	148.177	34.863	2.87688	-19.998	160.056	35.246	2.12911
-24.013	149.662	35.675	2.82424	-18.660	133.329	16.533	-112.00000
-24.013	151.147	36.529	2.77581	-18.660	134.814	18.739	3.98211
-24.013	152.632	37.421	2.73884	-18.660	136.299	24.548	3.40249
-24.013	154.117	38.348	2.71527	-18.660	137.783	26.806	3.23699
-24.013	155.601	39.308	2.69933	-18.660	139.268	27.372	3.08983
-24.013	157.086	40.300	2.69876	-18.660	140.753	28.006	2.97555
-24.013	158.571	36.184	2.69871	-18.660	142.238	28.703	2.88332
-24.013	160.056	37.391	2.64348	-18.660	143.723	21.517	2.77205
-22.675	133.329	20.455	-112.00000	-18.660	145.208	22.533	2.61141
-22.675	134.814	21.821	4.46124	-18.660	146.692	23.598	2.48376
-22.675	136.299	25.297	3.85243	-18.660	148.177	24.706	2.37801
-22.675	137.783	30.777	3.51518	-18.660	149.662	25.853	2.28983
-22.675	139.268	32.215	3.34912	-18.660	151.147	27.032	2.21567
-22.675	140.753	31.744	3.21498	-18.660	152.632	28.240	2.15349
-22.675	142.238	32.315	3.09727	-18.660	154.117	29.474	2.10474
-22.675	143.723	33.861	3.00109	-18.660	155.601	30.729	2.06416
-22.675	145.208	34.514	2.91788	-18.660	157.086	32.005	2.02970
-22.675	146.692	35.216	2.84731	-18.660	158.571	33.297	2.00083
-22.675	148.177	35.963	2.78706	-18.660	160.056	34.605	1.97606
-22.675	149.662	36.753	2.73881	-17.322	133.329	15.237	4.81152
-22.675	151.147	37.584	2.70633	-17.322	134.814	17.729	3.85576
-22.675	152.632	38.452	2.67933	-17.322	136.299	22.302	3.34190
-22.675	154.117	39.356	2.64902	-17.322	137.783	24.860	3.14375
-22.675	155.601	40.294	2.62892	-17.322	139.268	25.484	3.01638
-22.675	157.086	34.196	2.56861	-17.322	140.753	18.590	2.85646
-22.675	158.571	35.409	2.51428	-17.322	142.238	19.532	2.64616

MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA
PK0+741 A PK0+782 - RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
SS0506_F0.docx

Rev	Data
F0	20/06/2011

-17.322	143.723	20.538	2.47062	-13.308	155.601	28.302	1.53197
-17.322	145.208	21.599	2.33750	-13.308	157.086	29.682	1.53516
-17.322	146.692	22.708	2.22970	-13.308	158.571	31.072	1.54030
-17.322	148.177	23.858	2.14110	-13.308	160.056	32.469	1.54700
-17.322	149.662	25.043	2.06924	-11.970	133.329	10.159	3.07775
-17.322	151.147	26.259	2.01003	-11.970	134.814	10.820	2.59180
-17.322	152.632	27.501	1.96463	-11.970	136.299	11.634	2.20357
-17.322	154.117	28.766	1.92819	-11.970	137.783	12.571	1.93206
-17.322	155.601	30.052	1.89873	-11.970	139.268	13.606	1.75678
-17.322	157.086	31.355	1.87393	-11.970	140.753	14.718	1.64242
-17.322	158.571	32.673	1.85360	-11.970	142.238	15.891	1.56437
-17.322	160.056	34.005	1.83700	-11.970	143.723	17.113	1.51097
-15.984	133.329	13.948	4.67319	-11.970	145.208	18.373	1.47524
-15.984	134.814	16.596	3.86117	-11.970	146.692	19.665	1.45503
-15.984	136.299	21.763	3.23178	-11.970	148.177	20.983	1.44595
-15.984	137.783	15.791	3.06531	-11.970	149.662	22.321	1.44307
-15.984	139.268	16.627	2.75667	-11.970	151.147	23.677	1.44499
-15.984	140.753	17.549	2.52216	-11.970	152.632	25.047	1.45017
-15.984	142.238	18.544	2.33288	-11.970	154.117	26.430	1.45794
-15.984	143.723	19.601	2.19332	-11.970	155.601	27.824	1.46766
-15.984	145.208	20.710	2.08345	-11.970	157.086	29.226	1.47861
-15.984	146.692	21.865	1.99362	-11.970	158.571	30.636	1.49093
-15.984	148.177	23.057	1.92437	-11.970	160.056	32.053	1.50406
-15.984	149.662	24.281	1.86891	-10.632	133.329	8.940	2.56551
-15.984	151.147	25.533	1.82613	-10.632	134.814	9.685	2.11778
-15.984	152.632	26.809	1.79521	-10.632	136.299	10.586	1.83002
-15.984	154.117	28.105	1.77041	-10.632	137.783	11.608	1.63430
-15.984	155.601	29.419	1.75096	-10.632	139.268	12.721	1.51536
-15.984	157.086	30.749	1.73590	-10.632	140.753	13.905	1.43908
-15.984	158.571	32.092	1.72545	-10.632	142.238	15.141	1.39355
-15.984	160.056	33.448	1.71702	-10.632	143.723	16.419	1.36570
-14.646	133.329	12.670	4.14431	-10.632	145.208	17.728	1.35462
-14.646	134.814	17.675	3.42914	-10.632	146.692	19.064	1.35627
-14.646	136.299	13.880	3.10361	-10.632	148.177	20.420	1.36313
-14.646	137.783	14.675	2.66847	-10.632	149.662	21.793	1.37380
-14.646	139.268	15.570	2.40101	-10.632	151.147	23.180	1.38801
-14.646	140.753	16.551	2.19436	-10.632	152.632	24.578	1.40318
-14.646	142.238	17.602	2.04729	-10.632	154.117	25.986	1.41966
-14.646	143.723	18.713	1.93322	-10.632	155.601	27.402	1.43698
-14.646	145.208	19.872	1.84806	-10.632	157.086	28.825	1.45518
-14.646	146.692	21.072	1.78293	-10.632	158.571	30.254	1.47302
-14.646	148.177	22.307	1.73127	-10.632	160.056	31.688	1.49132
-14.646	149.662	23.570	1.69549	-9.294	133.329	7.760	2.10906
-14.646	151.147	24.858	1.67019	-9.294	134.814	8.607	1.75400
-14.646	152.632	26.166	1.65140	-9.294	136.299	9.610	1.54116
-14.646	154.117	27.493	1.63686	-9.294	137.783	10.726	1.40522
-14.646	155.601	28.835	1.62768	-9.294	139.268	11.922	1.33300
-14.646	157.086	30.191	1.62192	-9.294	140.753	13.177	1.29753
-14.646	158.571	31.558	1.61900	-9.294	142.238	14.476	1.28257
-14.646	160.056	32.935	1.61839	-9.294	143.723	15.807	1.28243
-13.308	133.329	11.405	3.60464	-9.294	145.208	17.164	1.29363
-13.308	134.814	11.998	3.05334	-9.294	146.692	18.540	1.31035
-13.308	136.299	12.736	2.60154	-9.294	148.177	19.932	1.32965
-13.308	137.783	13.598	2.28811	-9.294	149.662	21.336	1.35121
-13.308	139.268	14.560	2.05758	-9.294	151.147	22.751	1.37492
-13.308	140.753	15.604	1.90121	-9.294	152.632	24.174	1.39774
-13.308	142.238	16.715	1.78665	-9.294	154.117	25.604	1.42071
-13.308	143.723	17.881	1.70426	-9.294	155.601	27.040	1.44357
-13.308	145.208	19.091	1.64345	-9.294	157.086	28.481	1.46619
-13.308	146.692	20.337	1.59954	-9.294	158.571	29.926	1.48875
-13.308	148.177	21.613	1.57048	-9.294	160.056	31.375	1.51058
-13.308	149.662	22.915	1.55212	-7.956	133.329	6.641	1.72174
-13.308	151.147	24.238	1.54072	-7.956	134.814	7.613	1.47379
-13.308	152.632	25.578	1.53440	-7.956	136.299	8.731	1.33603
-13.308	154.117	26.934	1.53197	-7.956	137.783	9.946	1.26632

MURO SOSTEGNO SV. ANNUNZIATA – RAMPA 1 DA
PK0+741 A PK0+782 - *RELAZIONE DI CALCOLO*

Codice documento
SS0506_F0.docx

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

-7.956	139.268	11.225	1.23803	-5.280	151.147	21.908	1.60807
-7.956	140.753	12.550	1.23349	-5.280	152.632	23.383	1.63174
-7.956	142.238	13.908	1.24547	-5.280	154.117	24.858	1.65570
-7.956	143.723	15.289	1.26862	-5.280	155.601	26.335	1.67953
-7.956	145.208	16.687	1.29496	-5.280	157.086	27.813	1.70240
-7.956	146.692	18.100	1.32270	-5.280	158.571	29.291	1.72441
-7.956	148.177	19.523	1.35090	-5.280	160.056	30.770	1.74557
-7.956	149.662	20.955	1.37758	-3.942	133.329	6.526	2.48372
-7.956	151.147	22.394	1.40578	-3.942	134.814	7.798	2.15010
-7.956	152.632	23.838	1.43332	-3.942	136.299	9.092	1.97008
-7.956	154.117	25.287	1.46013	-3.942	137.783	10.418	1.87380
-7.956	155.601	26.740	1.48615	-3.942	139.268	11.758	1.82083
-7.956	157.086	28.197	1.51253	-3.942	140.753	13.109	1.79203
-7.956	158.571	29.656	1.53684	-3.942	142.238	14.469	1.77566
-7.956	160.056	31.117	1.56038	-3.942	143.723	15.838	1.77031
-6.618	133.329	5.617	1.51295	-3.942	145.208	17.214	1.77090
-6.618	134.814	6.739	1.35372	-3.942	146.692	18.597	1.77445
-6.618	136.299	7.981	1.27987	-3.942	148.177	19.987	1.78182
-6.618	137.783	9.294	1.24818	-3.942	149.662	21.384	1.79133
-6.618	139.268	10.652	1.24968	-3.942	151.147	22.786	1.80449
-6.618	140.753	12.040	1.26573	-3.942	152.632	24.194	1.81666
-6.618	142.238	13.449	1.29591	-3.942	154.117	25.607	1.82960
-6.618	143.723	14.873	1.32805	-3.942	155.601	27.024	1.84306
-6.618	145.208	16.307	1.36132	-3.942	157.086	28.446	1.85590
-6.618	146.692	17.750	1.39394	-3.942	158.571	29.872	1.87003
-6.618	148.177	19.199	1.42617	-3.942	160.056	31.301	1.88426
-6.618	149.662	20.654	1.45521	-2.604	133.329	8.666	3.31500
-6.618	151.147	22.112	1.48420	-2.604	134.814	7.524	2.73636
-6.618	152.632	23.574	1.51208	-2.604	136.299	8.849	2.40668
-6.618	154.117	25.038	1.53949	-2.604	137.783	10.195	2.21282
-6.618	155.601	26.505	1.56583	-2.604	139.268	11.550	2.10461
-6.618	157.086	27.973	1.59112	-2.604	140.753	12.912	2.04030
-6.618	158.571	29.443	1.61544	-2.604	142.238	14.282	2.00076
-6.618	160.056	30.915	1.64000	-2.604	143.723	15.658	1.97684
-5.280	133.329	4.753	1.65331	-2.604	145.208	17.041	1.96256
-5.280	134.814	6.038	1.48744	-2.604	146.692	18.431	1.95626
-5.280	136.299	7.398	1.41352	-2.604	148.177	19.827	1.95483
-5.280	137.783	8.798	1.38409	-2.604	149.662	21.229	1.95532
-5.280	139.268	10.223	1.38151	-2.604	151.147	22.636	1.96035
-5.280	140.753	11.662	1.40738	-2.604	152.632	24.049	1.96725
-5.280	142.238	13.112	1.43707	-2.604	154.117	25.466	1.97543
-5.280	143.723	14.568	1.46658	-2.604	155.601	26.888	1.98458
-5.280	145.208	16.030	1.49586	-2.604	157.086	28.314	1.99455
-5.280	146.692	17.496	1.52616	-2.604	158.571	29.744	2.00511
-5.280	148.177	18.965	1.55456	-2.604	160.056	31.177	2.01610
-5.280	149.662	20.436	1.58186				