

# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

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

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

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

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI CALABRIA	CS0617_F0
<i>Tipo di sistema</i>	INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	GENERALE	
<i>Titolo del documento</i>	MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 – RELAZIONE DI CALCOLO	

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	C	L	D	C	S	C	0	0	G	0	0	0	0	0	0	0	3	2	F	0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

INDICE .....	3
1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	6
2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	7
2.1 Riferimenti normativi.....	7
2.2 Riferimenti bibliografici .....	7
3 PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA.....	8
4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	9
4.1 Calcestruzzo per getti in opera C28/35.....	9
4.2 Acciaio per cemento armato tipo B450C.....	9
5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	10
5.1 Descrizione delle litologie prevalenti.....	10
5.2 Caratterizzazione geotecnica .....	10
5.2.1 Indagini utilizzate.....	10
5.2.2 Caratterizzazione Conglomerato di Pezzo.....	11
5.2.3 Caratterizzazione Depositi terrazzati marini.....	12
5.3 Stratigrafia di progetto .....	15
6 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITÀ .....	17
7 CARATTERISTICHE DI CALCOLO .....	20
7.1 Metodologia di calcolo .....	20
7.2 Verifiche agli stati limite ultimi.....	20
7.3 Verifiche agli stati limite di esercizio .....	22
7.4 Verifiche a fessurazione .....	23
7.5 Analisi dei carichi.....	25
7.5.1 Peso proprio.....	25
7.5.2 Peso dei terreni .....	25
7.5.3 Spinta delle terre .....	25
7.5.3.1 Coefficienti di spinta in fase statica.....	26
7.5.3.2 Coefficienti di spinta in fase sismica .....	26
7.5.4 Spinta idrostatica dell'acqua di falda.....	27
7.5.5 Sovraccarichi.....	27
7.5.6 Urto .....	27

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8	FASI COSTRUTTIVE.....	28
9	MODELLO DI CALCOLO.....	29
9.1	Caratteristiche generali dell'opera .....	29
10	VERIFICHE .....	32
10.1	Verifiche geotecniche .....	32
10.1.1	Verifica a ribaltamento .....	32
10.1.2	Verifica a scorrimento sul piano di posa.....	32
10.1.3	Verifica di capacità portante della fondazione .....	33
10.2	Verifiche strutturali.....	34
10.2.1	Verifiche agli S.L.U. ....	35
10.2.2	Verifica a flessione.....	35
10.2.2.1	Sezione S1 – Elevazione .....	35
10.2.2.2	Sezione S1 – Fondazione .....	36
10.2.2.3	Sezione S2 – Elevazione .....	38
10.2.2.4	Sezione S2 – Fondazione .....	39
10.2.3	Verifica a taglio .....	41
10.2.3.1	Sezione S1 – Elevazione .....	43
10.2.3.2	Sezione S1 – Fondazione .....	44
10.2.3.3	Sezione S2 – Elevazione .....	45
10.2.3.4	Sezione S2 – Fondazione .....	47
10.3	Verifiche agli S.L.E. ....	49
10.3.1	Sezione S1 – Elevazione.....	49
10.3.2	Sezione S1 – Fondazione .....	49
10.3.3	Sezione S2 – Elevazione.....	50
10.3.4	Sezione S2 – Fondazione .....	51
10.4	Verifiche a fessurazione .....	52
10.4.1	Sezione S1 – Elevazione.....	52
10.4.2	Sezione S1 – Fondazione .....	53
10.4.3	Sezione S2 – Elevazione.....	53
10.4.4	Sezione S2 – Fondazione .....	54
11	ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE.....	56
12	TABULATI DI CALCOLO.....	58
12.1	Sezione S1 – Input SLIDE rel. 05 – Analisi in fase statica .....	58

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.2	Sezione S1 – Output SLIDE rel. 05 – Analisi in fase statica.....	59
12.3	Sezione S1 – Input SLIDE rel. 05 – Analisi in fase sismica.....	63
12.4	Sezione S1 – Output SLIDE rel. 05 – Analisi in fase sismica .....	65

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

L'opera in oggetto è un muro in c.a. gettato in opera necessario per sostenere la piattaforma stradale tra il viadotto di accesso e l'imbocco della galleria artificiale ferroviaria. Mentre infatti sull'opera di attraversamento e sul viadotto di accesso ferrovia e autostrada presentano la stessa quota altimetrica, dopo tale viadotto la ferrovia si abbassa per raggiungere la quota di imbocco della galleria naturale; le carreggiate autostradali mantengono invece all'incirca la stessa quota che presentano sul viadotto di accesso. Si rendono quindi necessari due muri tra loro speculari, uno tra i rami C-D e il binario dispari della ferrovia (oggetto della presente relazione) e uno tra i rami A-B e il binario pari.

I binari che si trovano tra i due muri sono sorretti da una struttura in c.a. a forma di "U", la cui quota di appoggio sul terreno costituisce anche la quota del piano di posa della fondazione dei muri. Tra il manufatto a "U" e i muri sono presenti le rampe triage 1 e 2, aventi larghezza di 5.2m; per consentire la realizzazione di un marciapiede affiancato a tali rampe si è reso necessario realizzare i muri con un cordolo a sbalzo di larghezza 80cm circa.

I due muri descritti hanno sviluppo di 138m circa ognuno e altezze totali (elevazione + fondazione) comprese tra 14.5m e 11m circa; oltre alle spinte del terreno essi sono soggetti anche al carico stradale dovuto alla presenza a monte dei rami autostradali A-B e C-D.

Le unità geotecniche presenti nell'area in cui verranno realizzate le opere descritte sono principalmente due: i Depositi marini terrazzati, che costituiscono lo strato più superficiale di spessore variabile da 0m a 10m circa, e i Conglomerati di Pezzo, che rappresentano invece lo strato più profondo.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Riferimenti normativi

- [1] **Ministero dei LL.PP. - D.M. 14.01.2008:** "Norme tecniche per le Costruzioni".
- [2] **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;
- [3] **C.N.R. 10011:** "Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione";
- [4] **CIRCOLARE MIN. DEI LAV. PUBBL. 15 OTTOBRE 1996 N. 252:** "Istruzioni per l'applicazione delle «norme tecniche per il calcolo l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996".
- [5] **C.N.R. 10012:** "Istruzioni per la valutazione delle azioni sulle costruzioni";
- [6] **C.N.R. 10024:** "Analisi di strutture mediante elaboratore. Impostazione e redazione delle relazioni di calcolo";
- [7] **UNI EN 1537 - 2002:** "Esecuzione di lavori geotecnici speciali. Tiranti di ancoraggio.

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

### 2.2 Riferimenti bibliografici

- [8] **A. Migliacci, F. Mola (1985):** "Progetto agli stati limite delle strutture in c.a." – Masson Italia Editori
- [9] **Bowles J.E. (1988):** "Foundations Analysis and Design, 4<sup>th</sup> ed." – McGraw-Hill, New York
- [10] **Nova R. (2002):** "Fondamenti di meccanica delle terre" – McGraw-Hill, Milano
- [11] **Raccomandazioni A.I.C.A.P. (1993)** – Ancoraggi nei terreni e nelle rocce
- [12] **Terzaghi K. (1943):** "Theoretical Soil Mechanics" – J.Wiley & Sons, New York
- [13] **C. Cestelli Guidi (1987):** "Geotecnica e tecnica delle fondazioni" – Ulrico Hoepli Editore

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3 PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA

#### **STS Stati Limite rel. 1.1**

Distribuito dall'Ing. Dante Sangalli

*Programma di calcolo per le verifiche alle Tensioni Ammissibili ed agli Stati Limite di sezioni in c.a. e c.a.p.*

#### **Spettri di risposta ver. 1.0.3**

Distribuito dal Consiglio Superiore LL.PP.

*Foglio di calcolo per la definizione dei parametri sismici secondo la trattazione del D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le Costruzioni".*

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 Calcestruzzo per getti in opera C28/35

Classe di resistenza	C28/35	-	
Rapporto massimo acqua / cemento	0.45	-	
Slump	S4	-	
Contenuto minimo di cemento	360	kg/m <sup>3</sup>	
Diametro massimo inerte	32	mm	
Classe di esposizione	XF4	-	
Resistenza caratteristica a compressione cubica	$R_{ck} =$	<b>35.00</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck}$	<b>29.05</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	<b>37.05</b>	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_c = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	<b>32588.11</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3}$	<b>2.83</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione caratteristica (frattile 5%)	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm}$	<b>1.98</b>	N/mm <sup>2</sup>
<b>Stato Limite Ultimo</b>			
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_C =$	<b>1.50</b>	--
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} =$	<b>0.85</b>	--
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_C$	<b>16.46</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C$	<b>1.32</b>	N/mm <sup>2</sup>
<b>Stato Limite di Esercizio</b>			
Tensione max di compressione - Comb. rara	$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck}$	<b>17.43</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione max di compressione - Comb. quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck}$	<b>13.94</b>	N/mm <sup>2</sup>

### 4.2 Acciaio per cemento armato tipo B450C

Tipo di acciaio	B450C	-	
Copriferro min. netto per muri di sostegno	50	mm	
Copriferro min. netto per diaframmi	80	mm	
Sovrapposizioni continue	50	Ø	
Tensione caratteristica di rottura (frattile 5%)	$f_{tk} =$	<b>540.00</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica di snervamento (frattile 5%)	$f_{yk} =$	<b>450.00</b>	N/mm <sup>2</sup>
<b>Stato Limite Ultimo</b>			
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_S =$	<b>1.15</b>	--
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S$	<b>391.30</b>	N/mm <sup>2</sup>
<b>Stato Limite di Esercizio</b>			
Tensione massima di trazione	$\sigma_s < 0.80 \times f_{yk}$	<b>360.00</b>	N/mm <sup>2</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 5.1 Descrizione delle litologie prevalenti

La litologia prevalente è costituita dalla formazione del Conglomerato di Pezzo.

Il Conglomerato di Pezzo, di età tortoniana, è la litologia stratigraficamente più bassa della successione sedimentaria. La sua potenza è superiore ai 200 m. Il conglomerato è composto prevalentemente da clasti di graniti e gneiss cementati in matrice prevalentemente composta da frazioni arenacee fini e limose. Le dimensioni dei clasti sono eterogenee e variabili da pochi mm fino a blocchi superiori al metro, interpretati come grossi trovanti inglobati nel conglomerato. Negli affioramenti la formazione presenta un aspetto litoide con scarpate stabili. Il Conglomerato di Pezzo ha quindi generalmente caratteristiche assimilabili a quelle di rocce tenere.

Depositi terrazzati marini: sono rappresentati da depositi marini sabbiosi e sabbioso ghiaiosi fortemente pedogenizzati in prossimità della superficie. I depositi dei terrazzi marini rappresentano terre da sciolte a debolmente coesive con cementazione da debole ad assente. L'età attribuibile ai terrazzi cartografati nell'area di intervento copre l'intervallo Pleistocene medio-superiore.

Subordinatamente sono presenti i Trubi ed i Depositi di versante per i quali si rimanda alla caratterizzazione geotecnica generale.

### 5.2 Caratterizzazione geotecnica

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.

#### 5.2.1 Indagini utilizzate

Data l'esiguità dei sondaggi e delle prove localmente presenti (C210,C16), si è scelto di tenere conto anche di altri sondaggi e prove disponibili. Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

– Conglomerato di Pezzo:

Si considerano i sondaggi e le prove localmente disponibili.

- prove di carico su piastra (campagna di indagine 1988 – pozzo P2500)
- 3 prove sismiche (CS103,C423BIS,OTCCH1501)
- Prove pressiometriche e dilatometriche (C403BIS, C404, C423, C423BIS,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

OTCSPT504)

- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici e meccanici (CS103, FCBH1512, OTCLPT1505, FCCH2509, OTCSPT504, FCBH1501, OTCLPT2503)

- Depositi terrazzati marini

Si considerano i sondaggi e le prove localmente disponibili nella tratta iniziale delle rampe da 0 a km 0+500.

- prove SPT (CS102, OTCLPT1503, OTCLPT1505, OTCSPT504, OTCCH1501, C403bis)
- 3 prove sismiche (CS103, C423BIS, OTCCH1501)
- Prove pressiometriche e dilatometriche (C403BIS, C404, C423, C423BIS, OTCSPT504)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici e meccanici (CS103, FCBH1512, OTCLPT1505, FCCH2509, OTCSPT504, FCBH1501, OTCLPT2503).

## 5.2.2 Caratterizzazione Conglomerato di Pezzo

Per quanto riguarda gli spezzoni di roccia o di conglomerato prelevati nei sondaggi il peso di volume totale  $\gamma$  è risultato mediamente pari a 23 kN/m<sup>3</sup> con i valori più bassi di 20 -21 kN/m<sup>3</sup> rappresentativi degli spezzoni conglomeratici.

Per lo stato iniziale poiché la litologia in esame è quella, della successione sedimentaria, più vecchia, è difficile tenere in conto in modo sintetico della storia tensionale del deposito che è stato caratterizzato da fenomeni di preconsolidazione e cementazione. La stima può in prima approssimazione essere effettuata: considerando un età di almeno 10 milioni di anni, che  $K_{o_{nc}}=0.35\div 0.5$  ( $\phi'=30^\circ\div 40^\circ$ ) e che  $K_{o_{oc}}=0.5\div 0.6$ , tenendo dell'erosione (si stima un fattore minimo pari a 1.4 corrispondente ad OCR=2) ed infine considerando gli effetti di "aging" con la correlazione di (Mesri (1989)), si ottiene un valore compreso approssimativamente fra 0.7 e 0.9.

Per i parametri di resistenza al taglio nell'ambito dello strato superficiale più alterato ( $z < 25\div 30$ m), si fa riferimento alla caratterizzazione geotecnica generale che si basa sull'esito delle prove di carico su piastra, ritenute maggiormente rappresentative del comportamento d'insieme dell'ammasso: si considerano quelle ubicate in prossimità del blocco di ancoraggio lato Calabria (campagna di indagine 1988 – pozzo P2500) ed al proposito si è ripreso lo studio effettuato nel

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Progetto preliminare (“Le basi del progetto – Geotecnica” – Elab. PP2RA24) (Vd.Elabor. CG0800PRBDCSBC8G000000001A).

In corrispondenza di un valore medio di  $\phi'=40^\circ$  (ottenuo anche da prove pressiometriche) i valori di  $c'$  ottenuti variano linearmente, tra 0 e circa 25m di profondità, da 0 a 100 KPa circa.

La resistenza a compressione monoassiale ottenuta invece da prove di laboratorio LPT ha fornito valori molto variabili da qualche MPa ad un max di 30-40MPa.

Per i parametri di deformabilità nel contesto in esame le simiche di riferimento sono CS103, C423bis, OTCCH1501 che evidenziano una certa variabilità; cautelativamente si può porre  $G_0=115 z^{0.5}$ .

Le pressiometriche nei fori C403bis (carico), C404 (carico e scarico-ricarico), C423 (carico e scarico-ricarico), C423bis (carico), OTCSPT504 (scarico-ricarico) forniscono un range di valori variabilissimo fra 15m e 35m di profondità compreso fra 75 e 220 MPa, mediamente pari a 150 MPa.

Facendo riferimento all'esito delle prove sismiche ed al valore medio dei valori scaturiti dalle prove dilatometriche e pressiometriche si ritiene che il range  $E'=150\div 300$  MPa, nei primi 20m di spessore del Conglomerato di Pezzo, possa considerarsi adeguato per la tratta in esame.

In particolare il valore minimo di 150 MPa si ritiene mediamente rappresentativo del contesto geotecnico in esame in cui sono previste opere che mobilitano medie e grandi deformazioni in fase di carico.

### 5.2.3 Caratterizzazione Depositi terrazzati marini

Per le caratteristiche fisiche l'andamento del fuso evidenzia che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 30%), sia di materiali intermedi (sabbie 50%). Il contenuto di fino è mediamente del 17%.

Con riferimento al fuso medio si ha:

- Il valore di  $D_{50}$  è pari a 0.5mm
- Il valore di  $D_{60}$  è pari a 1.0 mm
- Il valore di  $D_{10}$  è pari a 0.008 mm

Il peso di volume dei grani  $\gamma_s$  è risultato pari a circa 26.5 kN/m<sup>3</sup>.

Da letteratura si hanno a disposizione i valori di  $\gamma_{dmax}$  e  $\gamma_{dmin}$  pari rispettivamente a 18.8 e

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

15.7kN/m<sup>3</sup>

Per lo stato iniziale si ha:

- $D_r$ : i valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con il fattore correttivo  $C_{sg}=0.85$  corrispondente al  $D_{50}=0.5mm$ .
- $e_o$ : a partire dal  $D_{50}$  stimato si ottiene di  $e_{max}-e_{min}$  pari a 0.35. Stimando per  $e_{max}$  un valore pari a 0.7 a partire dai valori di  $D_r$  è stato possibile determinare i valori di  $e_o$  in sito.
- $\gamma_d$ : in base ai valori di  $e_o$  da  $\gamma_s$  si può stimare  $\gamma$ , riportato nel grafico.
- $K_0$ : si considera la relazione di Jaky.

<b>Dr(%)</b> <b>Prevalente sabbiosa</b>	<b>Dr(%)</b> <b>Sabbie e ghiaie</b>	<b><math>\gamma_d(KN/m^3)</math></b>	<b><math>K_0</math></b>
60-70	-	18-21	0.3-0.4

Tabella 1: Riassunto dello stato iniziale dei Depositi terrazzati marini.

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza sulla base delle prove SPT si è ottenuto un valore medio di angolo di attrito di circa 40°

<b>z(m)</b>	<b><math>\phi'_p</math> (pff=0-272KPa) (°)</b>	<b><math>\phi'_p</math> (pff=272-350KPa) (°)</b>	<b><math>\phi'_{cv}</math> (°)</b>
0-10	38-43	35-40	33-35

Tabella 2: Riassunto delle caratteristiche di resistenza dei Depositi terrazzati marini.

Ai parametri di resistenza operativi al taglio in termini di sforzi efficaci si sono assegnati i seguenti valori operativi:

$c' = 0$  kPa = coesione apparente

$\phi' = 38^\circ \div 40^\circ$  =angolo di resistenza al taglio

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

$c'_r = 0$  kPa = coesione apparente

$\phi'_r = 33^\circ \div 35^\circ$  =angolo di resistenza al taglio

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per le caratteristiche di deformabilità in base alle SPT e alle sismiche si può assumere:

<b>z(m)</b>	<b>G0(MPa)</b>	<b>E0(MPa)</b>	<b>E'(MPa)</b>
0-10	50-200	120-480	16-40 / 64-160

*Tabella 3:* Riassunto delle caratteristiche di deformabilità dei Depositi terrazzati marini.

con i valori di E pari rispettivamente a circa  $1/10 \div 1/5$  (medie e grandi deformazioni) ed  $1/3$  (piccole deformazioni) di quelli iniziali.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 5.3 Stratigrafia di progetto

Di seguito si riporta la stratigrafia di progetto ottenuta sulla base dei profili Geologico-Geotecnici e i parametri geotecnici caratteristici delle varie unità assunti nei calcoli.

Materiale	Profondità [m]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'_k$ [kPa]	$\phi'_k$ [°]	$E'$ [MPa]
Depositi marini terrazzati	0÷2	17.3	0	38	16÷64 (0÷10m)
Conglomerato di Pezzo	> 2	21.5	0÷100 (0÷25m)	40	150÷300 (0÷20m)

Tabella 4: Stratigrafia di progetto e parametri caratteristici dei materiali.

dove:

- $\gamma_n$  = peso di volume naturale
- $c'$  = coesione drenata
- $\phi'$  = angolo di attrito efficace
- $E'$  = modulo elastico per medie-grandi deformazioni

Come si evince dalla stratigrafia, l'unico materiale che interessa la fondazione del muro è il Conglomerato di Pezzo. Le caratteristiche del materiale a monte del muro sono riportate nella tabella sottostante.

Materiale	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'_k$ [kPa]	$\phi'_k$ [°]
Materiale da rilevato	20	0	38

Tabella 5: Parametri caratteristici del materiale a monte del muro.

dove i simboli assumono il significato specificato sopra.

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6 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' 49.42" N
Long.	15° 38' 43.88" E

$a_{g-SLV}$	0.437
$a_{g-SLD}$	0.170

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 B ( $V_{s30}$  dalla prova nel sondaggio CS103), corrispondente a "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti", mentre la categoria topografica è T1 in quanto il rilievo considerato ha altezza inferiore a 30m; si ottengono quindi questi valori di  $a_{max}$ :

$S_S$	1
$S_T$	1

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: center;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

$$\begin{array}{l}
 a_{max-SLV} \\
 a_{max-SLD}
 \end{array}
 \left| \begin{array}{l}
 a_{g-SLV} \cdot S_s \cdot S_T \\
 a_{g-SLD} \cdot S_s \cdot S_T
 \end{array} \right. = \begin{array}{l}
 0.437 \\
 0.170
 \end{array}$$

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

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

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

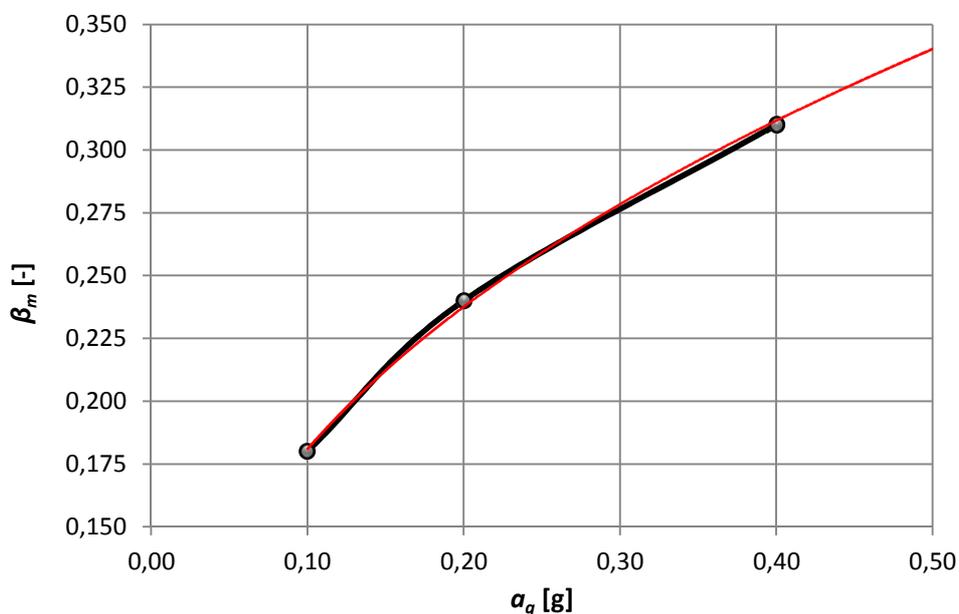


Figura 1: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di  $\beta_m$ .

Cautelativamente si è assunto  $\beta_m = 0.35$ .

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

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

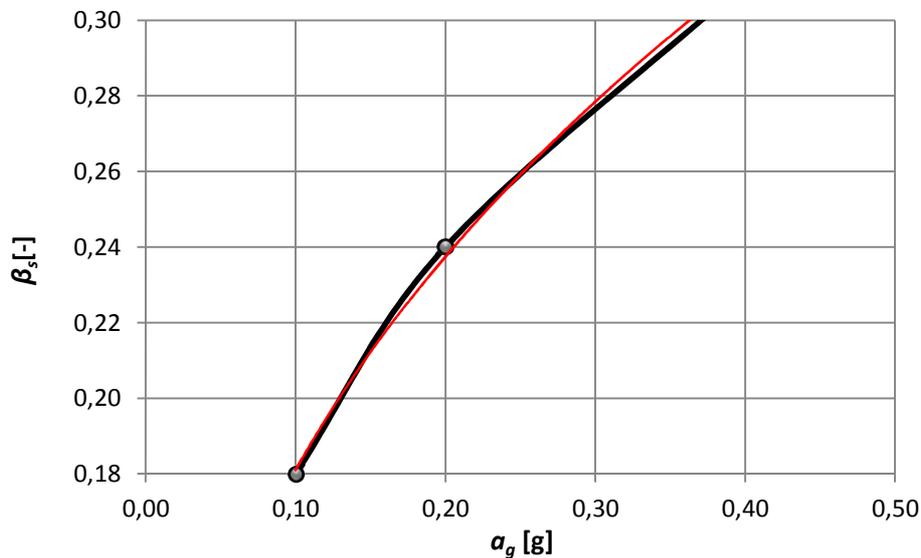


Figura 2: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di  $\beta_s$ .

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 7 CARATTERISTICHE DI CALCOLO

### 7.1 Metodologia di calcolo

Le verifiche dei muri sono condotte secondo il metodo degli Stati Limite, come prescritto dalle “Nuove norme tecniche sulle costruzioni” del 14 gennaio 2008.

Si eseguono verifiche agli stati limite ultimi, con lo scopo di verificare la sicurezza delle opere, e agli stati limite di esercizio, necessarie per verificare che i cedimenti attesi siano compatibili con la funzionalità dei vari elementi e che i tassi di lavoro all’interno delle strutture garantiscano i livelli prestazionali richiesti per tutto il periodo di vita utile delle opere.

### 7.2 Verifiche agli stati limite ultimi

Sono effettuate le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU):
  - stabilità globale del complesso muro-terreno;
  - scorrimento sul piano di posa;
  - collasso per carico limite dell’insieme fondazione-terreno;
  - ribaltamento;
- SLU di tipo strutturale (STR)
  - raggiungimento della resistenza nelle strutture in c.a.

Per ogni stato limite considerato si accerta che sia soddisfatta la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  e  $R_d$  rappresentano rispettivamente le sollecitazioni e le resistenze di progetto.

L’applicazione del metodo di verifica semiprobabilistico agli stati limite, nella forma proposta dal D.M. 14/01/2008, prevede l’applicazione di set di fattori di sicurezza parziali sulle azioni (A1 e A2, riportati nella Tabella 6), sui parametri geotecnici (M1 e M2, riportati nella Tabella 7) e sulle resistenze (R1, R2 e R3, riportati nella Tabella 8).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6: Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi_k$	$\gamma_\phi$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	$c_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_g$	1,0	1,0

Tabella 7: Coefficienti parziali dei parametri geotecnici del terreno.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE
	(R1)	(R2)	(R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Tabella 8: Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.

Nel Progetto in oggetto le verifiche sono effettuate secondo l'Approccio 1, applicando le seguenti combinazioni di carico (dove il segno '+' in ossequio alla normativa ha il significato di 'combinato con'):

- Combinazione 1: A1 + M1 + R1
- Combinazione 2: A2 + M2 + R2

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera è effettuata secondo l'approccio 1, combinazione 2:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

A2+M2+R2

Il coefficiente parziale sulle resistenza, associato al caso 'R2', è pari a 1.1, mentre i coefficienti A2 e M2 sono quelli già citati sopra. In fase sismica, l'analisi viene condotta ponendo pari ad uno tutti i coefficienti A e cercando un fattore di sicurezza pari a 1.1.

Di seguito si riportano i coefficienti di combinazione utilizzati nelle analisi.

		Peso proprio	Peso terreno	Peso permanenti	Peso accidentali	Spinta terre	Spinta permanenti	Spinta accidentali	Azioni in testa muro	Azioni sismiche	
Combinazioni per verifiche geotecniche e strutturali	SLU	EQU	0,90	0,90	0,90	0,00	1,10	1,10	1,50	0,00	0,00
	GEO-F1	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,30	0,00	0,00	
	GEO-F2	1,00	1,00	1,00	1,30 <sup>a</sup>	1,00	1,00	1,30	0,00	0,00	
	GEO-ECC	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	
	GEO-SISM ↓	1,00	1,00	1,00	1,00 <sup>a</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
	GEO-SISM ↑	1,00	1,00	1,00	1,00 <sup>a</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
	STR_F1	1,00	1,00	1,00	0,00	1,30	1,30	1,50	0,00	0,00	
	STR_F2	1,00	1,00	1,00	1,50	1,30	1,30	1,50	0,00	0,00	
Combinazioni per verifiche strutturali	SLE	SLE-QP	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
	SLE-FR	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,70	0,00	0,00	
	SLE-CAR	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	
	SLE-SISM ↓	1,00	1,00	1,00	1,00 <sup>a</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
	SLE-SISM ↑	1,00	1,00	1,00	1,00 <sup>a</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	

Tabella 9: coefficienti di combinazione utilizzati nelle analisi (<sup>a</sup> il carico accidentale è stato considerato pari a 20kPa in fase statica e pari a 10kPa in fase sismica).

### 7.3 Verifiche agli stati limite di esercizio

Le analisi allo stato limite di esercizio sono eseguite con riferimento ai valori caratteristici delle azioni e dei parametri di resistenza dei materiali e si risolvono nel controllare che i valori di tensione nei materiali siano inferiori ai limiti di normativa (punto 4.1.2.2.5 del D.M. 14/01/2008).

– Calcestruzzo compresso:

– Comb. rara  $\sigma_c < 0.60 \times f_{ck}$  per cls  $R_{ck} 30 \rightarrow \sigma_c < 14.94 \text{ N/mm}^2$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Comb. quasi permanente  $\sigma_c < 0.45 \times f_{ck}$  per cls  $R_{ck}$  30  $\rightarrow \sigma_c < 11.21 \text{ N/mm}^2$
- Acciaio teso:
  - Comb. rara  $\sigma_s < 0.80 \times f_{yk}$  per acciaio B450  $\rightarrow \sigma_s < 360.0 \text{ N/mm}^2$

## 7.4 Verifiche a fessurazione

Viene eseguita la verifica allo stato limite di apertura delle fessure con riferimento al D.M. 14/01/2008.

Prima di procedere alle verifiche a fessurazione è necessario definire delle apposite combinazioni di carico ed effettuare una valutazione relativa al grado di protezione delle armature metalliche contro la corrosione (in termini di condizioni ambientali e sensibilità delle armature stesse alla corrosione). Si distinguono i seguenti casi (riportati nella tabella 4.1.II del D.M. 14/01/2008):

- *Combinazioni di azioni:*
  - Frequente (indicata con FR);
  - Quasi Permanente (indicata con QP).
- *Condizioni ambientali:*
  - Ordinarie;
  - Aggressive;
  - Molto Aggressive.
- *Sensibilità delle armature alla corrosione:*
  - Sensibili (acciai da precompresso);
  - Poco sensibili (acciai ordinari).

Come criteri di scelta dello stato limite di fessurazione si fa riferimento alla tabella di seguito riportata.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
<b>a</b>	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi perman.	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
<b>b</b>	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi perman.	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
<b>c</b>	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi perman.	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Tabella 10: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Si considerano i seguenti valori limite di apertura delle fessure:

- $w_1 = 0.2$  mm;
- $w_2 = 0.3$  mm;
- $w_3 = 0.4$  mm.

In base alla tabella 4.1.III del D.M. 14.01.2008, le classi di esposizione individuate per le opere in esame riconducono a condizioni ambientali del tipo "Ordinarie". Pertanto, secondo la tabella 4.1.IV:

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione	Armatura poco sensibile	
			Stato Limite	$w_d$
a	Molto aggressive (XF4)	Frequente	Apertura fessure	$\leq w_1 = 0.2$ mm
		Quasi permanente	Apertura fessure	$\leq w_1 = 0.2$ mm

*Tabella 11: Apertura delle fessure considerata nel calcolo.*

Il calcolo è condotto attraverso i seguenti passaggi:

- Valutazione della distanza media tra le fessure ( $\Delta_{sm}$ );
- Valutazione della deformazione media delle barre d'armatura ( $\epsilon_{sm}$ );
- Valutazione dell'ampiezza delle fessure (valore medio e valore di calcolo).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 7.5 Analisi dei carichi

Nel seguito si riportano i valori caratteristici dei carichi utilizzati per le verifiche del muro in oggetto. A seconda delle diverse combinazioni di carico prescritte dalla normativa, tali carichi sono poi stati amplificati per i corrispondenti coefficienti parziali.

### 7.5.1 Peso proprio

Il peso proprio del muro in c.a. è valutato in ragione di 25.00 kN/m<sup>3</sup>.

### 7.5.2 Peso dei terreni

Il peso delle diverse unità geotecniche è riportato nel Capitolo 5.

### 7.5.3 Spinta delle terre

Le spinte del terreno sono valutate in base alle caratteristiche geotecniche dei rilevati riportate nel Capitolo 5. Il valore di spinta sulla struttura è calcolato secondo la seguente espressione:

$$S_{\text{ter}} = \left( \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H - 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_a} \right) \cdot H$$

dove:

$\gamma$	peso terreno a monte del muro per unità di volume
$\phi$	angolo di attrito interno del terreno a monte del muro
$c'$	coesione efficace del terreno a monte del muro
$K_a$	coefficiente di spinta attiva secondo Rankine (in fase statica) o secondo Mononobe-Okabe (in fase sismica)
$H$	altezza di spinta

Nel calcolo delle spinte si è considerato un angolo d'attrito terreno-muro pari a  $2/3 \cdot \phi$  sia per i muri prefabbricati sia per quelli gettati in opera.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 7.5.3.1 Coefficienti di spinta in fase statica

Il coefficiente di spinta attiva  $K_a$  del terreno a monte del muro è stato calcolato secondo la relazione di Rankine sotto riportata, nella quale il valore dell'angolo di attrito terreno-muro  $\delta$  è stato assunto pari a  $(2/3) \cdot \phi$ :

$$K_a = \frac{\sin(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

dove:

- $\alpha$  | angolo di inclinazione rispetto alla verticale del paramento di monte del muro
- $\beta$  | angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale del terreno a monte del muro
- $\phi$  | angolo di attrito efficace del terreno a monte del muro
- $\delta$  | angolo di attrito terreno-muro

La tabella seguente riassume i coefficienti di spinta utilizzati nei calcoli effettuati; il pedice 'h' indica che i coefficienti di spinta attiva e passiva sono stati calcolati in direzione orizzontale.

Strato	S.L.	Parametri del terreno	Approccio	$\phi$ [°]	$k_{ah}$ $i^{(*)} = 0^\circ$
Materiale da rilevato	S.L.E.	Caratteristici	-	38	0.217
	S.L.U.	Caratteristici	A1+M1+R1	38	0.217
	S.L.U.	Progetto	A2+M2+R2	32	0.275

Tabella 12: Coefficienti di spinta caso statico. ( $i^{(*)}$  = pendenza del terreno a monte del muro).

### 7.5.3.2 Coefficienti di spinta in fase sismica

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

$$K_{a,sism} = \frac{\sin^2(\alpha + \phi - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \sin^2 \phi \cdot \sin(\alpha - \vartheta - \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \vartheta)}{\sin(\alpha - \vartheta - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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:

Strato	S.L.	Parametri del terreno	Approccio	$\phi$ [°]	$k_{ah}$ $i (^{\circ}) = 0^{\circ}$	
					$k_v > 0$	$k_v < 0$
Materiale da rilevato	S.L.E.	Caratteristici	-	38	0.238	0.239
	S.L.U.	Progetto	A2+M2+R2	32	0.373	0.393

Tabella 13: Coefficienti di spinta caso sismico. (<sup>(\*)</sup>  $i$  = pendenza del terreno a monte del muro).

#### 7.5.4 Spinta idrostatica dell'acqua di falda

Poiché in presenza di falda si disporranno opportuni drenaggi a tergo dei muri, nelle analisi non si è considerata la spinta dell'acqua sul paramento del muro.

#### 7.5.5 Sovraccarichi

A monte del muro si trova una carreggiata autostradale; il sovraccarico stradale è stato rappresentato come un carico uniformemente distribuito. In base a quanto richiesto dalle specifiche, il valore caratteristico di tale carico è stato assunto pari a 20kN/m<sup>2</sup> nelle analisi in condizione statica e a 10kN/m<sup>2</sup> nelle analisi in condizione sismica.

#### 7.5.6 Urto

Poiché a monte del muro è presente la carreggiata autostradale, nel calcolo di è tenuto conto anche della forza trasmessa al muro da un veicolo in svio che urtasse la barriera di sicurezza. Tale forza è stata assunta pari a 100kN e la si è considerata distribuita uniformemente su un tratto di muro di lunghezza 3m.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 8 FASI COSTRUTTIVE

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

1. Scavo fino alla quota di imposta della fondazione dei muri;
2. Getto in opera dei muri;
3. Riempimento con materiale da rilevato della zone a monte dei muri e della zona a valle fino a raggiungere la quota di imposta del manufatto a "U" della ferrovia;
4. Getto in opera del manufatto a "U" della ferrovia;
5. Riempimento del manufatto a "U" della ferrovia con materiale idoneo e realizzazione delle rampe triage 1 e 2;
6. Posa della pavimentazione stradale e dei binari ferroviari.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 9 MODELLO DI CALCOLO

### 9.1 Caratteristiche generali dell'opera

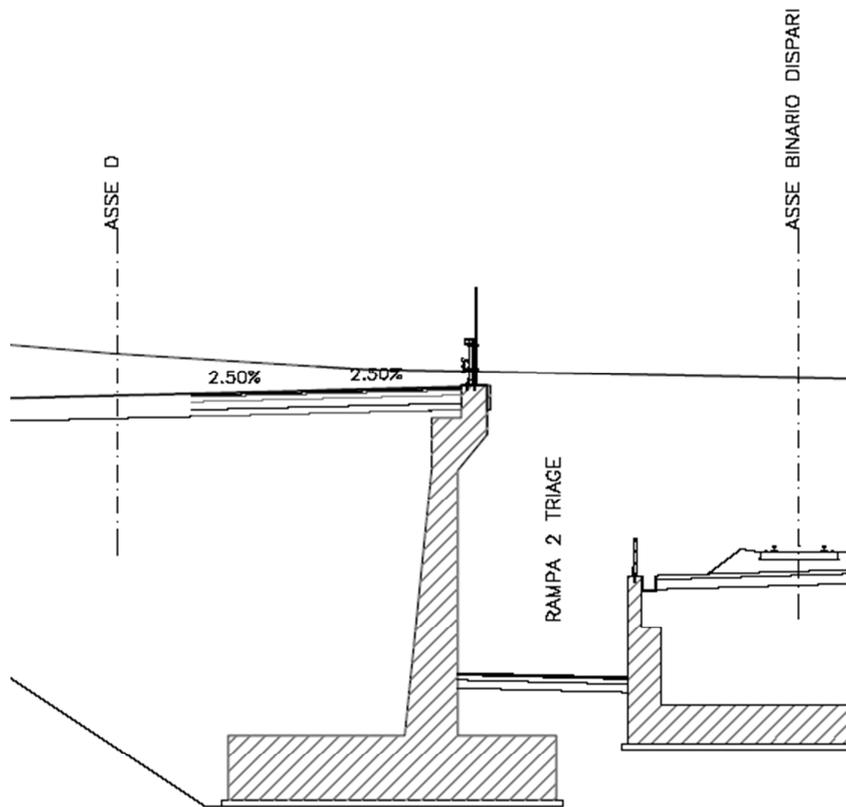
Il muro in analisi ha sviluppo di circa 138m e ha altezza dell'elevazione variabile tra 12.7m e 9.25m circa; nell'ottica di ottimizzare la progettazione il muro è stato dimensionato considerando due sezioni di calcolo:

- Sezione S1:  $H_{spinta}=13m$ , applicata tra pk 0+282 e pk 0+315 circa;
- Sezione S2:  $H_{spinta}=10.5m$ , applicata tra pk 0+315 e pk 0+420 circa.

Le altezze di spinta utilizzate nel calcolo delle sezioni sono stata ottenute mediando l'altezza dell'elevazione nei primi dieci metri di applicazione della sezione, che sono quelli in cui il muro è più alto.

Il paramento di valle del muro è verticale, mentre quello di monte presenta un primo tratto verticale che si estende fino a 2.6m al di sotto del piano stradale, per poi assumere un'inclinazione rispetto alla verticale di circa 1/10; in testa al muro è presente un cordolo a sbalzo avente la funzione di sostenere la barriera di sicurezza. A causa dell'inclinazione del paramento di monte lo spessore del muro varia da un minimo (in corrispondenza del tratto verticale) di 80cm ad un massimo (alla base dell'elevazione) di 1.84m e 1.59m rispettivamente per le sezioni S1 e S2.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						



In

Figura 3 si riporta una sezione rappresentativa del muro; per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

La fondazione del muro ha le seguenti dimensioni per le due sezioni tipo considerate:

- Sezione S1: lunghezza 10m, spessore 2m;
- Sezione S2: lunghezza 6.5m, spessore 1.5m.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

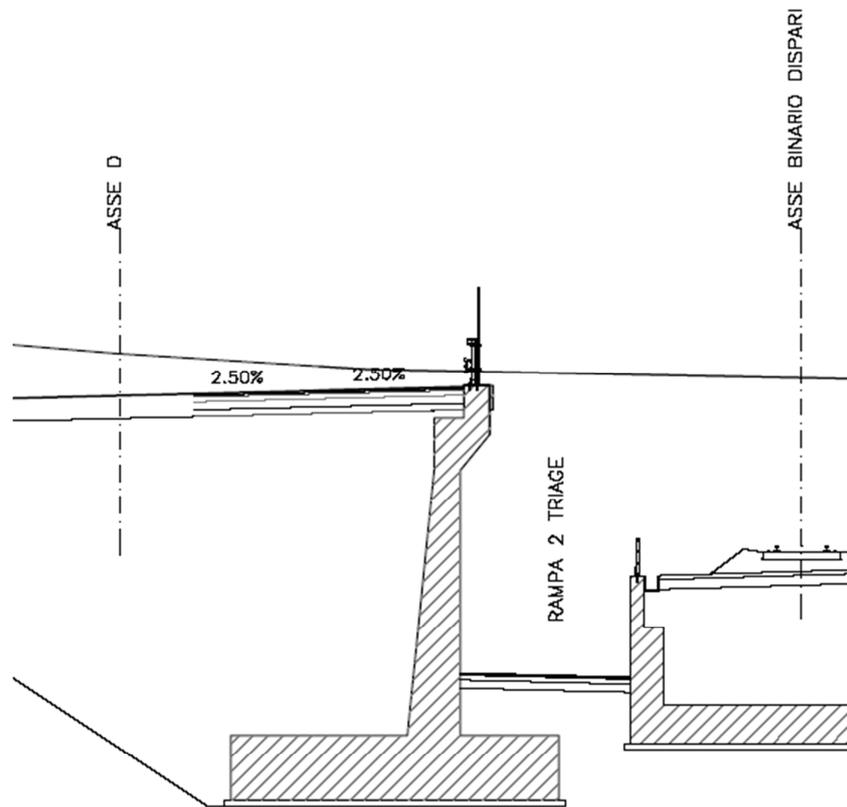


Figura 3: Sezione del muro in oggetto.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 10 VERIFICHE

### 10.1 Verifiche geotecniche

#### 10.1.1 Verifica a ribaltamento

Combinazione	$M_{RIB}$ [kN · m]		$M_{STAB}$ [kN · m]		$F_{S RIB}$	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
EQU	1202	955	13150	4612	10.94	4.83
GEO-ECC	4297	2471	14611	5124	3.40	2.07
GEO-SISMA ↓	6469	3180	13905	4895	2.15	1.54
GEO-SISMA ↑	6676	3286	16140	5676	2.42	1.73

Tabella 14: Verifica a ribaltamento.

#### 10.1.2 Verifica a scorrimento sul piano di posa

Nella verifica a scorrimento è stata considerata anche il 50% dell'adesione tra muro e terreno di fondazione.

Combinazione	$T_{SOLL}$ [kN/m]		$T_{RES}$ [kN/m]		$F_{S SCORR}$	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
GEO-F1	679	451	2092	1190	3.08	2.64
GEO-F2	679	451	2219	1273	3.27	2.82
GEO-ECC	690	466	2092	1190	3.03	2.56
GEO-SISMA ↓	1152	709	1987	1131	1.73	1.60
GEO-SISMA ↑	1193	735	2295	1305	1.92	1.77
STR-F1	661	437	2092	1190	3.16	2.72
STR-F2	661	437	2238	1286	3.38	2.94

Tabella 15: Verifica a scorrimento sul piano di posa.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 10.1.3 Verifica di capacità portante della fondazione

Per il calcolo della capacità portante della fondazione è stata utilizzata la relazione proposta da Vesić:

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

dove:

- $c'$  è la coesione efficace del terreno di fondazione;
- $\varphi'$  è l'angolo d'attrito interno del terreno di fondazione;
- $\gamma$  è il peso per unità di volume del terreno di fondazione;
- $q$  è il sovraccarico laterale dovuto al ricoprimento della fondazione;
- $B$  è il lato minore della fondazione;
- i coefficienti  $s_i$ ,  $d_i$ ,  $i_i$ ,  $g_i$ ,  $d_{i_i}$ , funzione dei parametri di resistenza del terreno, tengono conto rispettivamente della forma della fondazione, dell'approfondimento della fondazione, dell'inclinazione del carico, dell'inclinazione del terreno e dell'inclinazione del piano i posa.

Per l'espressione dei coefficienti si rimanda a [9].

La capacità portante ottenuta è stata confrontata con lo sforzo  $\sigma_{soll}$  trasmesso al terreno dalla fondazione del muro; nel caso in cui il terreno risultante soggetto a (irrealistici) sforzi di trazione si è considerata una fondazione di dimensioni opportunamente ridotte, così da ottenere uno sforzo di compressione ovunque.

Combinazione	$\sigma_{soll}$ [kN/m]		$q_{ult}$ [kN/m]		$F_{S\ SCORR}$	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
GEO-F1	297	353	2475	1472	8.33	4.17
GEO-F2	302	346	2683	1636	8.88	4.73
GEO-ECC	307	399	2389	1360	7.78	3.41
GEO-SISMA ↓	347	482	938	569	2.70	1.18
GEO-SISMA ↑	368	466	1233	761	3.35	1.63
STR-F1	302	359	6348	3618	21.02	10.07
STR-F2	308	350	6980	4107	22.70	11.72

Tabella 16: Verifica di capacità portante della fondazione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 10.2 Verifiche strutturali

Si riportano di seguito le sollecitazioni nell'elevazione e nella fondazione del muro per le tre sezioni di calcolo per ognuna delle combinazioni considerate.

Combinazione	$M_{d, ELEV}$ [kN·m/m]		$V_{d, ELEV}$ [kN/m]		$M_{d, FOND}$ [kN·m/m]		$V_{d, FOND}$ [kN/m]	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
GEO-F1	2924	1626	623	423	2254	1191	788	525
GEO-F2	2924	1626	623	423	2241	1294	793	525
GEO-ECC	3235	1907	632	437	2455	1182	829	585
GEO-SISMA ↓	3419	1824	730	481	3875	1525	1101	836
GEO-SISMA ↑	3419	1824	759	500	3579	1271	1178	809
STR-F1	2868	1587	615	416	2209	1194	779	516
STR-F2	2868	1587	615	416	2195	1262	785	517
SLE-QP	1742	918	402	262	1215	690	576	364
SLE-FR	2024	1102	445	297	1447	840	624	403
SLE-CAR	2144	1180	464	312	1546	904	644	420
SLE- SISMA ↓	1993	1056	452	296	1886	1052	685	429
SLE- SISMA ↑	2000	1060	453	297	2563	1292	885	563

Tabella 17: Sollecitazioni nel muro allo SLE e allo SLU.

Il momento flettente provocato dal cordolo a sbalzo in testa al muro è stato valutato in ragione di 50kN·m/m; nelle verifiche tale momento è stato sommato a quelli ottenuti dall'analisi.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 10.2.1 Verifiche agli S.L.U.

Le verifiche vengono effettuate agli stati limite ultimi confrontando le sollecitazioni massime ottenute dal calcolo nella condizione più sfavorevole con i domini di progetto delle sezioni. Nella seguente tabella si riportano le sollecitazioni massime di progetto in elevazione e in fondazione per metro di muro; a favore di sicurezza la fondazione è stata dimensionata tutta sulla base delle sollecitazioni nella porzione più sollecitata, vale a dire la mensola posteriore.

### 10.2.2 Verifica a flessione

A favore di sicurezza, la verifica dell'elevazione nel confronto delle sollecitazioni flettenti è stata effettuata trascurando l'azione assiale.

#### 10.2.2.1 Sezione S1 – Elevazione

Si considera un'armatura doppia simmetrica costituita da barre  $\Phi 22$  disposte su quattro strati (2 in zona tesa e 2 in zona compressa) comprendenti 10 barre ognuno, copriferro netto 5cm. Di seguito si riporta la verifica eseguita con il programma STS.

#### METODO SEMIPROBABILISTICO - VERIFICA A ROTTURA

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
 Unita` di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100,0  
 h2 165,0 b3 100,0

#### Descrizione dell'armatura normale

10  $\emptyset 22$  mm posizionati a 6,1 cm da intradosso  
 10  $\emptyset 22$  mm posizionati a 11,8 cm da intradosso  
 10  $\emptyset 22$  mm posizionati a 153,2 cm da intradosso  
 10  $\emptyset 22$  mm posizionati a 158,9 cm da intradosso

Area armatura normale =15205,3 (mm<sup>2</sup>) a 82,5 cm da intrad.

#### Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000,0 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Modulo Elastico calcestruzzo = 33674,9 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Resistenza cubica del calcestruzzo:  $R_{ck}$  = 35,00 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Resistenza cubica iniziale (alla tesatura):  $R_{ckj}$  = 35,00 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Soglia di snervamento acciaio normale:  $F_{yk}$  = 450,00 (N/mm<sup>2</sup>)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo  
Accorciamento ultimo a flessione = 0,3500 %  
Accorciamento ultimo a compress. = 0,2000 %  
Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare  
Allungamento ultimo acciaio normale = 0,675 %  
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo :  $\gamma_c = 1,500$   
Coefficiente di sicurezza acciaio :  $\gamma_s = 1,150$   
Termine di lunga durata :  $F_1 = 0,850$   
Rapporto  $R_{cy1}/R_{cubo}$  :  $F_2 = 0,830$   
Resistenza di progetto calcestruzzo :  $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \gamma_c = 0,47 R_{cubo}$   
Resistenza di progetto dell'acciaio :  $F_{sd} = F_{yk} / \gamma_s = 0,87 F_{yk}$

#### Resistenze di progetto

Calcestruzzo = 16,46 (N/mm<sup>2</sup>)  
Acciaio normale = 391,30 (N/mm<sup>2</sup>)

#### Convenzioni di segno

Sono positive le trazioni  
Sono positivi i momenti che tendono l'intradosso sezione

#### Condizione di carico 1

Momento di Progetto  $M_d = 3469,0$  (KN.m)  
Sforzo di Progetto  $N_d = 0,0$  (KN)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 23,5 (cm)  
Momento di Rottura  $M_r = 4394,8$  (KN.m)  
Sforzo di Rottura  $N_r = -0,4$  (KN)  
Rottura nel Dominio 2  
Rapporto  $M_r/M_d = 1,267$

### **10.2.2.2 Sezione S1 – Fondazione**

Si considera un'armatura doppia simmetrica costituita da barre  $\Phi 22$  disposte su quattro strati (2 in zona tesa e 2 in zona compressa) comprendenti 8 barre ognuno, copriferro netto di 5cm. Di seguito si riporta la verifica eseguita con il programma STS.

#### METODO SEMIPROBABILISTICO - VERIFICA A ROTTURA

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
Unita` di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100,0  
h2 200,0 b3 100,0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: center;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

#### Descrizione dell'armatura normale

8 ø22 mm posizionati a 6,1 cm da intradosso  
8 ø22 mm posizionati a 11,8 cm da intradosso  
8 ø22 mm posizionati a 188,2 cm da intradosso  
8 ø22 mm posizionati a 193,9 cm da intradosso

Area armatura normale = 12164,3 (mm<sup>2</sup>) a 100,0 cm da intrad.

#### Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000,0 (N/mm<sup>2</sup>)  
Modulo Elastico calcestruzzo = 33674,9 (N/mm<sup>2</sup>)  
Resistenza cubica del calcestruzzo:  $R_{ck} = 35,00$  (N/mm<sup>2</sup>)  
Resistenza cubica iniziale (alla tesatura):  $R_{ckj} = 35,00$  (N/mm<sup>2</sup>)  
Soglia di snervamento acciaio normale:  $F_{yk} = 450,00$  (N/mm<sup>2</sup>)

#### Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo  
Accorciamento ultimo a flessione = 0,3500 %  
Accorciamento ultimo a compress. = 0,2000 %  
Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare  
Allungamento ultimo acciaio normale = 0,675 %  
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo :  $\gamma_c = 1,500$   
Coefficiente di sicurezza acciaio :  $\gamma_s = 1,150$   
Termine di lunga durata :  $F_1 = 0,850$   
Rapporto  $R_{cyl}/R_{cubo} : F_2 = 0,830$   
Resistenza di progetto calcestruzzo :  $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \gamma_c = 0,47 R_{cubo}$   
Resistenza di progetto dell'acciaio :  $F_{sd} = F_{yk} / \gamma_s = 0,87 F_{yk}$

#### Resistenze di progetto

Calcestruzzo = 16,46 (N/mm<sup>2</sup>)  
Acciaio normale = 391,30 (N/mm<sup>2</sup>)

#### Convenzioni di segno

Sono positive le trazioni  
Sono positivi i momenti che tendono l'intradosso sezione

#### Condizione di carico 1

Momento di Progetto  $M_d = 3925,0$  (KN.m)  
Sforzo di Progetto  $N_d = 0,0$  (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 24,2 (cm)  
Momento di Rottura  $M_r = 4347,3$  (KN.m)  
Sforzo di Rottura  $N_r = -1,2$  (KN)  
Rottura nel Dominio 2  
Rapporto  $M_r/M_d = 1,108$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 10.2.2.3 Sezione S2 – Elevazione

Si considera un'armatura doppia simmetrica costituita da barre  $\Phi 24$  disposte su due strati (uno in zona tesa e uno in zona compressa) comprendenti 10 barre ognuno, copriferro netto 5cm. Di seguito si riporta la verifica eseguita con il programma STS.

#### METODO SEMIPROBABILISTICO - VERIFICA A ROTTURA

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
Unita` di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100,0  
h2 145,0 b3 100,0

Descrizione dell'armatura normale

10  $\emptyset 24$  mm posizionati a 6,2 cm da intradosso  
10  $\emptyset 24$  mm posizionati a 138,8 cm da intradosso

Area armatura normale = 9047,8 (mm<sup>2</sup>) a 72,5 cm da intrad.

Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000,0 (N/mm<sup>2</sup>)  
Modulo Elastico calcestruzzo = 33674,9 (N/mm<sup>2</sup>)  
Resistenza cubica del calcestruzzo:  $R_{ck}$  = 35,00 (N/mm<sup>2</sup>)  
Resistenza cubica iniziale (alla tesatura):  $R_{ckj}$  = 35,00 (N/mm<sup>2</sup>)  
Soglia di snervamento acciaio normale:  $F_{yk}$  = 450,00 (N/mm<sup>2</sup>)

Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo  
Accorciamento ultimo a flessione = 0,3500 %  
Accorciamento ultimo a compress. = 0,2000 %  
Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare  
Allungamento ultimo acciaio normale = 0,675 %  
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo :  $\gamma_c$  = 1,500  
Coefficiente di sicurezza acciaio :  $\gamma_s$  = 1,150  
Termine di lunga durata :  $F_1$  = 0,850  
Rapporto  $R_{cyl}/R_{cubo}$  :  $F_2$  = 0,830  
Resistenza di progetto calcestruzzo :  $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \gamma_c = 0,47 R_{cubo}$   
Resistenza di progetto dell'acciaio :  $F_{sd} = F_{yk} / \gamma_s = 0,87 F_{yk}$

Resistenze di progetto

Calcestruzzo = 16,46 (N/mm<sup>2</sup>)  
Acciaio normale = 391,30 (N/mm<sup>2</sup>)

Convenzioni di segno

Sono positive le trazioni  
Sono positivi i momenti che tendono l'intradosso sezione

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### Condizione di carico 1

Momento di Progetto  $M_d = 1957,0$  (KN.m)  
Sforzo di Progetto  $N_d = 0,0$  (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 17,5 (cm)  
Momento di Rottura  $M_r = 2349,2$  (KN.m)  
Sforzo di Rottura  $N_r = -1,3$  (KN)  
Rottura nel Dominio 2  
Rapporto  $M_r/M_d = 1,2$

### **10.2.2.4 Sezione S2 – Fondazione**

Si considera un'armatura doppia simmetrica costituita da barre  $\Phi 22$  disposte su due strati (uno in zona tesa e uno in zona compressa) comprendenti 8 barre ognuno, copriferro 5cm. Di seguito si riporta la verifica eseguita con il programma STS.

#### METODO SEMIPROBABILISTICO - VERIFICA A ROTTURA

##### Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
Unita` di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100,0  
h2 150,0 b3 100,0

##### Descrizione dell'armatura normale

10  $\emptyset 24$  mm posizionati a 6,2 cm da intradosso  
10  $\emptyset 24$  mm posizionati a 143,8 cm da intradosso

Area armatura normale = 9047,8 (mm<sup>2</sup>) a 75,0 cm da intrad.

##### Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000,0 (N/mm<sup>2</sup>)  
Modulo Elastico calcestruzzo = 33674,9 (N/mm<sup>2</sup>)  
Resistenza cubica del calcestruzzo:  $R_{ck} = 35,00$  (N/mm<sup>2</sup>)  
Resistenza cubica iniziale (alla tesatura):  $R_{ckj} = 35,00$  (N/mm<sup>2</sup>)  
Soglia di snervamento acciaio normale:  $F_{yk} = 450,00$  (N/mm<sup>2</sup>)

##### Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo  
Accorciamento ultimo a flessione = 0,3500 %  
Accorciamento ultimo a compress. = 0,2000 %  
Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare  
Allungamento ultimo acciaio normale = 0,675 %  
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo :  $\gamma_c = 1,500$   
Coefficiente di sicurezza acciaio :  $\gamma_s = 1,150$   
Termine di lunga durata :  $F_1 = 0,850$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Rapporto  $R_{cyl}/R_{cubo}$ :  $F_2 = 0,830$

Resistenza di progetto calcestruzzo :  $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \gamma_c = 0,47 R_{cubo}$

Resistenza di progetto dell'acciaio :  $F_{sd} = F_{yk} / \gamma_s = 0,87 F_{yk}$

#### Resistenze di progetto

Calcestruzzo = 16,46 (N/mm<sup>2</sup>)

Acciaio normale = 391,30 (N/mm<sup>2</sup>)

#### Convenzioni di segno

Sono positive le trazioni

Sono positivi i momenti che tendono l'intradosso sezione

#### Condizione di carico 1

Momento di Progetto  $M_d$  = 1575,0 (KN.m)

Sforzo di Progetto  $N_d$  = 0,0 (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 17,8 (cm)

Momento di Rottura  $M_r$  = 2437,0 (KN.m)

Sforzo di Rottura  $N_r$  = -2,1 (KN)

Rottura nel Dominio 2

Rapporto  $M_r/M_d$  = 1,547

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 10.2.3 Verifica a taglio

Si esegue dapprima la verifica degli *elementi senza armature resistenti a taglio* secondo quanto previsto nel D.M. 14/01/2008 al punto 4.1.2.1.3.1.

Indicato con  $V_{Ed}$  il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente allo SLU (corrispondente alla massima sollecitazione a taglio di progetto), si verifica controllando che risulti:

$$V_{Ed} < V_{Rd} = \max \left\{ \left( 0.18 \cdot k \cdot \frac{\sqrt[3]{100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck}}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d ; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \quad v_{min} = 0.035 \cdot \sqrt{k^3} \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad \rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02 \quad \sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2 \cdot f_{cd}$$

dove:

$d$  | altezza utile della sezione espressa in mm  
 $b_w$  | larghezza minima della sezione espressa in mm

Qualora la verifica non andasse a buon fine è necessario ricorrere ad *elementi provvisti di armature resistenti a taglio* secondo quanto previsto al punto 4.1.2.1.3.2 del già citato D.M.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a “*taglio-trazione*” si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \vartheta) \cdot \sin \alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a “*taglio-compressione*” si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{\cot \alpha + \cot \vartheta}{1 + \cot^2 \vartheta}$$

La resistenza a taglio dell'elemento strutturale è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd} ; V_{Rcd}) 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \vartheta) \cdot \sin \alpha$$

Nelle precedenti espressioni, i nuovi parametri, introdotti rispetto al caso di elementi sprovvisti di armatura a taglio, assumono il seguente significato:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$\vartheta$	inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento con la limitazione $1.0 \leq \text{ctg } \vartheta \leq 2.5$								
$\alpha$	inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento								
$A_{sw}$	area dell'armatura trasversale								
$s$	interasse tra due armature trasversali consecutive								
$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$	resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima								
$\alpha_c$	coefficiente maggiorativi pari a: <table border="0" style="margin-left: 20px; width: 80%;"> <tr> <td style="padding-right: 10px;">1</td> <td>per membrature non compresse</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;"><math>1 + \sigma_{cp}/f_{cd}</math></td> <td>per <math>0 \leq \sigma_{cp} &lt; 0.25 \cdot f_{cd}</math></td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;">1.25</td> <td>per <math>0.25 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0.5 \cdot f_{cd}</math></td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;"><math>2.5 \cdot (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})</math></td> <td>per <math>0.5 \cdot f_{cd} &lt; \sigma_{cp} &lt; f_{cd}</math></td> </tr> </table>	1	per membrature non compresse	$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 \cdot f_{cd}$	1.25	per $0.25 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0.5 \cdot f_{cd}$	$2.5 \cdot (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0.5 \cdot f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$
1	per membrature non compresse								
$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 \cdot f_{cd}$								
1.25	per $0.25 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0.5 \cdot f_{cd}$								
$2.5 \cdot (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0.5 \cdot f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$								

In presenza di significativo sforzo assiale, come ad esempio nel caso della precompressione, è necessario considerare un'ulteriore limitazione relativa all'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo:

$$\cot \vartheta_1 \leq \cot \vartheta$$

in cui:

$\vartheta_1$	angolo di inclinazione della prima fessurazione ricavato come $\cot \vartheta_1 = \tau / \sigma_1$
$\tau$	tensione tangenziale sulla corda baricentrica della sezione interamente reagente
$\sigma_1$	tensione principale di trazione sulla corda baricentrica della sezione interamente reagente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 10.2.3.1 Sezione S1 – Elevazione

#### **Caratteristiche dei materiali:**

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	$R_{ck}$	=	35	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	$f_{ck}$	=	28	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del cls	$f_{cd}$	=	15,87	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	$f_{yd}$	=	391,30	N/mm <sup>2</sup>

#### **Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):**

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	$V_{Ed}$	=	759,00	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$	$N(V_{Ed})$	=	0,00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$	$M(V_{Ed})$	=	3469,00	kNm

#### **Caratteristiche geometriche della sezione:**

Altezza utile della sezione	$d$	=	1594	mm
Larghezza minima della sezione	$b_w$	=	1000	mm

#### **Armatura della sezione in zona tesa:**

Diametro ferri longitudinali	$\varnothing$	=	22	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n$	=	20	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl}$	=	7600	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ )	$\rho_l$	=	0,0048	--

#### VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione ( $\leq 2$ )	$k$	=	1,35	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	$v_{min}$	=	0,29	N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 \times f_{cd}$ )	$\sigma_{cp}$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	465,23	kN
<b>Resistenza ultima a taglio (<math>V_{Rd} \geq V_{Rd,min}</math>)</b>	$V_{Rd}$	=	614,50	kN

#### VERIFICA NON SODDISFATTA:

occorre procedere al dimensionamento dell'armatura trasversale resistente a taglio.

#### VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2)

#### **Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento	$\alpha$	=	90	°
Diametro ferri a taglio	$\varnothing_{sw}$	=	12	mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	$n_{sw}$	=	3	--
Passo in direzione asse elemento	$s$	=	200	mm
Area totale di armatura a taglio	$A_{sw}$	=	339	mm <sup>2</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Fattori di resistenza a compressione:**

Angolo di inclinazione dei puntoni di cls  
 Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima  
 Tensione media di compressione nella sezione  
 Coefficiente maggiorativo per membrature compresse

$$\theta = 45^\circ$$

$$f'_{cd} = 7,93 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{cp} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha_c = 1,00 \text{ --}$$

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura  
 Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls

$$V_{Rsd} = 951,51 \text{ kN}$$

$$V_{Rcd} = 5690,58 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 951,51 \text{ kN}$$

**Resistenza ultima a taglio**

**VERIFICA SODDISFATTA.**

Affinché la verifica al taglio sia soddisfatta occorre quindi inserire delle staffe  $\phi 12$ , passo 20cm, disposte in modo da presentare 3 bracci/m.

**10.2.3.2 Sezione S1 – Fondazione**

**Caratteristiche dei materiali:**

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls  
 Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls  
 Resistenza di calcolo a compressione del cls  
 Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio

$$R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = 15,87 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$$

**Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):**

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente  
 Valore di calcolo della forza assiale associata a  $V_{Ed}$   
 Valore di calcolo del momento flettente associato a  $V_{Ed}$

$$V_{Ed} = 1178,00 \text{ kN}$$

$$N(V_{Ed}) = 0,00 \text{ kN}$$

$$M(V_{Ed}) = 3629,00 \text{ kNm}$$

**Caratteristiche geometriche della sezione:**

Altezza utile della sezione  
 Larghezza minima della sezione

$$d = 1939 \text{ mm}$$

$$b_w = 1000 \text{ mm}$$

**Armatura della sezione in zona tesa:**

Diametro ferri longitudinali  
 Numero tondini longitudinali utilizzati  
 Area totale di armatura longitudinale in zona tesa  
 Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ )

$$\emptyset = 22 \text{ mm}$$

$$n = 16 \text{ --}$$

$$A_{sl} = 6080 \text{ mm}^2$$

$$\rho_l = 0,0031 \text{ --}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

#### VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione ( $\leq 2$ )		<b>k</b>	<b>=</b>	1,32	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls		<b>v<sub>min</sub></b>	<b>=</b>	0,28	N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 \times f_{cd}$ )		<b><math>\sigma_{cp}</math></b>	<b>=</b>	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima		<b>V<sub>Rd,min</sub></b>	<b>=</b>	545,33	kN
<b>Resistenza ultima a taglio (<math>V_{Rd} \geq V_{Rd,min}</math>)</b>		<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>=</b>	634,18	kN

#### VERIFICA NON SODDISFATTA:

**occorre procedere al dimensionamento dell'armatura trasversale resistente a taglio.**

#### VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2)

##### Armatura aggiuntiva resistente a taglio:

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento		<b><math>\alpha</math></b>	<b>=</b>	90	°
Diametro ferri a taglio		<b><math>\varnothing_{sw}</math></b>	<b>=</b>	12	mm
Numero dei bracci in sezione trasversale		<b>n<sub>sw</sub></b>	<b>=</b>	4	--
Passo in direzione asse elemento		<b>s</b>	<b>=</b>	250	mm
Area totale di armatura a taglio		<b>A<sub>sw</sub></b>	<b>=</b>	452	mm <sup>2</sup>

##### Fattori di resistenza a compressione:

Angolo di inclinazione dei puntoni di cls		<b><math>\theta</math></b>	<b>=</b>	45	°
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima		<b>f'<sub>cd</sub></b>	<b>=</b>	7,93	N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione		<b><math>\sigma_{cp}</math></b>	<b>=</b>	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse		<b><math>\alpha_c</math></b>	<b>=</b>	1,00	--

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura		<b>V<sub>Rsd</sub></b>	<b>=</b>	1234,62	kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls		<b>V<sub>Rcd</sub></b>	<b>=</b>	6922,23	kN
<b>Resistenza ultima a taglio</b>		<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>=</b>	1234,62	kN

#### VERIFICA SODDISFATTA.

Affinché la verifica al taglio sia soddisfatta occorre quindi inserire delle staffe  $\phi 12$ , passo 25cm, disposte in modo da presentare 4 bracci/m.

#### 10.2.3.3 Sezione S2 – Elevazione

##### Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls		<b>R<sub>ck</sub></b>	<b>=</b>	35	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls		<b>f<sub>ck</sub></b>	<b>=</b>	28	N/mm <sup>2</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 70%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Resistenza di calcolo a compressione del cls		$f_{cd}$	=	15,87	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio		$f_{yd}$	=	391,30	N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):**

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente		$V_{Ed}$	=	500,00	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$		$N(V_{Ed})$	=	0,00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$		$M(V_{Ed})$	=	1874,00	kNm

**Caratteristiche geometriche della sezione:**

Altezza utile della sezione		$d$	=	1389	mm
Larghezza minima della sezione		$b_w$	=	1000	mm

**Armatura della sezione in zona tesa:**

Diametro ferri longitudinali		$\emptyset$	=	24	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati		$n$	=	10	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa		$A_{sl}$	=	4520	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ )		$\rho_l$	=	0,0033	--

**VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)**

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione ( $\leq 2$ )		$k$	=	1,38	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls		$v_{min}$	=	0,30	N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 \times f_{cd}$ )		$\sigma_{cp}$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima		$V_{Rd,min}$	=	416,79	kN
<b>Resistenza ultima a taglio (<math>V_{Rd} \geq V_{Rd,min}</math>)</b>		$V_{Rd}$	=	480,24	kN

**VERIFICA NON SODDISFATTA:**

**occorre procedere al dimensionamento dell'armatura trasversale resistente a taglio.**

**VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2)**

**Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento		$\alpha$	=	90	°
Diametro ferri a taglio		$\emptyset_{sw}$	=	12	mm
Numero dei bracci in sezione trasversale		$n_{sw}$	=	3	--
Passo in direzione asse elemento		$s$	=	250	mm
Area totale di armatura a taglio		$A_{sw}$	=	339	mm <sup>2</sup>

**Fattori di resistenza a compressione:**

Angolo di inclinazione dei puntoni di cls		$\theta$	=	45	°
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima		$f'_{cd}$	=	7,93	N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione		$\sigma_{cp}$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse		$\alpha_c$	=	1,00	--

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura  
 Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls  
**Resistenza ultima a taglio**  
**VERIFICA SODDISFATTA.**

$V_{Rsd}$	=	663,31	kN
$V_{Rcd}$	=	4958,73	kN
$V_{Rd}$	=	663,31	kN

Affinché la verifica al taglio sia soddisfatta occorre quindi inserire delle staffe  $\phi 12$ , passo 25cm, disposte in modo da presentare 3 bracci/m.

#### 10.2.3.4 Sezione S2 – Fondazione

##### **Caratteristiche dei materiali:**

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	$R_{ck}$	=	35	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	$f_{ck}$	=	28	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del cls	$f_{cd}$	=	15,87	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	$f_{yd}$	=	391,30	N/mm <sup>2</sup>

##### **Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):**

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	$V_{Ed}$	=	836,00	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$	$N(V_{Ed})$	=	0,00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$	$M(V_{Ed})$	=	1575,00	kNm

##### **Caratteristiche geometriche della sezione:**

Altezza utile della sezione	$d$	=	1438	mm
Larghezza minima della sezione	$b_w$	=	1000	mm

##### **Armatura della sezione in zona tesa:**

Diametro ferri longitudinali	$\emptyset$	=	24	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n$	=	10	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl}$	=	4520	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ )	$\rho_l$	=	0,0031	--

#### **VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)**

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione ( $\leq 2$ )	$k$	=	1,37	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	$v_{min}$	=	0,30	N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 \times f_{cd}$ )	$\sigma_{cp}$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	428,43	kN
<b>Resistenza ultima a taglio (<math>V_{Rd} \geq V_{Rd,min}</math>)</b>	$V_{Rd}$	=	489,14	kN

**VERIFICA NON SODDISFATTA:**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

**occorre procedere al dimensionamento dell'armatura trasversale resistente a taglio.**

#### VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2)

##### **Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento	α	=	90 °
Diametro ferri a taglio	Ø <sub>sw</sub>	=	12 mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	n <sub>sw</sub>	=	4 --
Passo in direzione asse elemento	s	=	250 mm
Area totale di armatura a taglio	A <sub>sw</sub>	=	452 mm <sup>2</sup>

##### **Fattori di resistenza a compressione:**

Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	θ	=	45 °
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	f' <sub>cd</sub>	=	7,93 N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione	σ <sub>cp</sub>	=	0,00 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse	α <sub>c</sub>	=	1,00 --

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura	V <sub>Rsd</sub>	=	915,62 kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls	V <sub>Rcd</sub>	=	5133,66 kN
<b>Resistenza ultima a taglio</b>	V <sub>Rd</sub>	=	915,62 kN

**VERIFICA SODDISFATTA.**

Affinché la verifica al taglio sia soddisfatta occorre quindi inserire delle staffe φ12, passo 25cm, disposte in modo da presentare 4 bracci/m.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 10.3 Verifiche agli S.L.E.

Di seguito si riportano le verifiche eseguite con il programma STS.

#### 10.3.1 Sezione S1 – Elevazione

##### STATI LIMITE DI ESERCIZIO - VERIFICA DELLA SEZIONE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
Unita` di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100,0  
h2 165,0 b3 100,0

Descrizione dell'armatura normale

10 ø22 mm posizionati a 6,1 cm da intradosso  
10 ø22 mm posizionati a 11,8 cm da intradosso  
10 ø22 mm posizionati a 153,2 cm da intradosso  
10 ø22 mm posizionati a 158,9 cm da intradosso

Area armatura normale =15205,3 (mm<sup>2</sup>) a 82,5 cm da intrad.

Convenzioni di segno

Sono positive le trazioni  
Sono positivi i momenti che tendono l'intradosso sezione

Coefficiente d'omogeneizzazione dell'armatura =15

Condizione di carico 1

Momento = 2194,0(KN.m)  
Sforzo normale = 0,0(KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -5,05(N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 205,99(N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 42,7 (cm)  
Braccio di leva interno = 143,2 (cm)

Le tensioni nell'acciaio e nel calcestruzzo risultano inferiori alle tensioni limite da normativa.

#### 10.3.2 Sezione S1 – Fondazione

##### STATI LIMITE DI ESERCIZIO - VERIFICA DELLA SEZIONE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: center;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
Unita` di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100,0  
h2 200,0 b3 100,0

Descrizione dell'armatura normale

8 ø22 mm posizionati a 6,1 cm da intradosso  
8 ø22 mm posizionati a 11,8 cm da intradosso  
8 ø22 mm posizionati a 188,2 cm da intradosso  
8 ø22 mm posizionati a 193,9 cm da intradosso

Area armatura normale =12164,3 (mm<sup>2</sup>) a 100,0 cm da intrad.

Convenzioni di segno

Sono positive le trazioni  
Sono positivi i momenti che tendono l'intradosso sezione

Coefficiente d'omogeneizzazione dell'armatura =15

Condizione di carico 1

Momento = 2613,0(KN.m)  
Sforzo normale = 0,0(KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -4,95(N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 246,40(N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 44,9 (cm)

Braccio di leva interno = 177,2 (cm)

Le tensioni nell'acciaio e nel calcestruzzo risultano inferiori alle tensioni limite da normativa.

### 10.3.3 Sezione S2 – Elevazione

**METODO DELLE TENSIONI AMMISSIBILI - VERIFICA DELLA SEZIONE**

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
Unita` di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100,0  
h2 145,0 b3 100,0

Descrizione dell'armatura normale

10 ø24 mm posizionati a 6,2 cm da intradosso  
10 ø24 mm posizionati a 138,8 cm da intradosso

Area armatura normale = 9047,8 (mm<sup>2</sup>) a 72,5 cm da intrad.

Convenzioni di segno

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sono positive le trazioni  
Sono positivi i momenti che tendono l'intradosso sezione

Coefficiente d'omogeneizzazione dell'armatura =15

Condizione di carico 1

Momento = 1230,0(KN.m)  
Sforzo normale = 0,0(KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -4,35(N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 210,62(N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 32,9 (cm)  
Braccio di leva interno = 128,8 (cm)

Le tensioni nell'acciaio e nel calcestruzzo risultano inferiori alle tensioni limite da normativa.

### 10.3.4 Sezione S2 – Fondazione

**STATI LIMITE DI ESERCIZIO - VERIFICA DELLA SEZIONE**

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
Unita` di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100,0  
h2 150,0 b3 100,0

Descrizione dell'armatura normale

10 ø24 mm posizionati a 6,2 cm da intradosso  
10 ø24 mm posizionati a 143,8 cm da intradosso

Area armatura normale = 9047,8 (mm<sup>2</sup>) a 75,0 cm da intrad.

Convenzioni di segno

Sono positive le trazioni  
Sono positivi i momenti che tendono l'intradosso sezione

Coefficiente d'omogeneizzazione dell'armatura =15

Condizione di carico 1

Momento = 1342,0(KN.m)  
Sforzo normale = 0,0(KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -4,50(N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 221,62(N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 33,5 (cm)  
Braccio di leva interno = 133,9 (cm)

Le tensioni nell'acciaio e nel calcestruzzo risultano inferiori alle tensioni limite da normativa.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: center;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## 10.4 Verifiche a fessurazione

Di seguito si riportano le verifiche eseguite con il programma STS.

### 10.4.1 Sezione S1 – Elevazione

#### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
Unita` di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100,0  
h2 165,0 b3 100,0

Descrizione dell'armatura normale

10 ø22 mm posizionati a 6,1 cm da intradosso  
10 ø22 mm posizionati a 11,8 cm da intradosso  
10 ø22 mm posizionati a 153,2 cm da intradosso  
10 ø22 mm posizionati a 158,9 cm da intradosso

Area armatura normale =15205,3 (mm<sup>2</sup>) a 82,5 cm da intrad.

Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'intradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2,5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5,0 cm

Interferro = 20,0 cm

Diametro massimo barre = 22,0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0,0 cm<sup>-1</sup>

Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 28,8 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 1,46E+03 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = 1,738E+03 (KN.m)

Stadio non fessurato

Coefficiente di omogeneizzazione = 15

Distanza asse neutro da lembo teso = 82,5 cm

Altezza del tirante ideale = 27,2 cm

Densità d'armatura del tirante ideale = 2,795 %

Stadio fessurato

Coefficiente di omogeneizzazione = 15

Distanza media fra due fessure attigue  $S_m$  = 20,6 cm

Momento di fessurazione; Trazione acciaio = 163,2 (N/mm<sup>2</sup>)

Coeff.  $K_3$  ( $= [0.25 \cdot (\sigma_1 + \sigma_2) / (2 \cdot \sigma_1)]$ ) = 0,209

Trazione nell'acciaio per il calcolo della fessura = 206,0 (N/mm<sup>2</sup>)

Ampiezza della fessura ( $w = 1.7 \cdot S_m \cdot \sigma_{sm} / E_s$ ) = 0,0915 - 0,1569 mm

L'ampiezza delle fessure risulta inferiore rispetto al limite da normativa.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## 10.4.2 Sezione S1 – Fondazione

### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
Unita` di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100,0  
h2 200,0 b3 100,0

Descrizione dell'armatura normale

8 ø22 mm posizionati a 6,1 cm da intradosso  
8 ø22 mm posizionati a 11,8 cm da intradosso  
8 ø22 mm posizionati a 188,2 cm da intradosso  
8 ø22 mm posizionati a 193,9 cm da intradosso

Area armatura normale =12164,3 (mm<sup>2</sup>) a 100,0 cm da intrad.

Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'intradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2,5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5,0 cm

Interferro = 20,0 cm

Diametro massimo barre = 22,0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0,0 cm<sup>-1</sup>

Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 28,8 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 1,979E+03 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = 2,357E+03 (KN.m)

Stadio non fessurato

Coefficiente di omogeneizzazione = 15

Distanza asse neutro da lembo teso = 100,0 cm

Altezza del tirante ideale = 27,2 cm

Densità d'armatura del tirante ideale = 2,236 %

Stadio fessurato

Coefficiente di omogeneizzazione = 15

Distanza media fra due fessure attigue  $S_m = 22,5$  cm

Momento di fessurazione; Trazione acciaio = 222,2 (N/mm<sup>2</sup>)

Coeff.  $K_3$  ( $= [0.25 \cdot (\sigma_1 + \sigma_2) / (2 \cdot \sigma_1)]$ ) = 0,216

Trazione nell'acciaio per il calcolo della fessura = 246,4 (N/mm<sup>2</sup>)

Ampiezza della fessura ( $w = 1.7 \cdot S_m \cdot \sigma_{sm} / E_s$ ) = 0,1197 - 0,1775 mm

L'ampiezza delle fessure risulta inferiore rispetto al limite da normativa.

## 10.4.3 Sezione S2 – Elevazione

### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: center;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
Unita` di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100,0  
h2 145,0    b3 100,0

Descrizione dell'armatura normale

10 ø24 mm posizionati a 6,2 cm da intradosso  
10 ø24 mm posizionati a 138,8 cm da intradosso

Area armatura normale = 9047,8 (mm<sup>2</sup>)    a 72,5 cm da intrad.

Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'intradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2,5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5,0 cm

Interferro = 20,0 cm

Diametro massimo barre = 24,0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0,0 cm<sup>-1</sup>

Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 28,8 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 1,047E+03 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = 1,246E+03 (KN.m)

Stadio non fessurato

Coefficiente di omogeneizzazione = 15

Distanza asse neutro da lembo teso = 72,5 cm

Altezza del tirante ideale = 23,0 cm

Densità d'armatura del tirante ideale = 1,967 %

Stadio fessurato

Coefficiente di omogeneizzazione = 15

Distanza media fra due fessure attigue  $S_m$  = 24,3 cm

Momento di fessurazione; Trazione acciaio = 213,4 (N/mm<sup>2</sup>)

Coeff.  $K_3$  ( $= [0.25 \cdot (\sigma_1 + \sigma_2) / (2 \cdot \sigma_1)]$ ) = 0,210

Trazione nell'acciaio per il calcolo della fessura = 210,6 (N/mm<sup>2</sup>)

Ampiezza della fessura ( $w = 1.7 \cdot S_m \cdot \sigma_{sm} / E_s$ ) = 0,1103 - 0,1342 mm

L'ampiezza delle fessure risulta inferiore rispetto al limite da normativa.

## 10.4.4 Sezione S2 – Fondazione

### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

#### Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
Unita` di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100,0  
h2 150,0    b3 100,0

Descrizione dell'armatura normale

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10 ø24 mm posizionati a 6,2 cm da intradosso  
10 ø24 mm posizionati a 143,8 cm da intradosso

Area armatura normale = 9047,8 (mm<sup>2</sup>) a 75,0 cm da intrad.

Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'intradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2,5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5,0 cm

Interferro = 20,0 cm

Diametro massimo barre = 24,0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0,0 cm<sup>-1</sup>

Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 28,8 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 1,115E+03 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = 1,327E+03 (KN.m)

#### Stadio non fessurato

Coefficiente di omogeneizzazione = 15

Distanza asse neutro da lembo teso = 75,0 cm

Altezza del tirante ideale = 23,0 cm

Densità d'armatura del tirante ideale = 1,967 %

#### Stadio fessurato

Coefficiente di omogeneizzazione = 15

Distanza media fra due fessure attigue  $S_m$  = 24,3 cm

Momento di fessurazione; Trazione acciaio = 219,1 (N/mm<sup>2</sup>)

Coeff.  $K_3$  ( $= [0.25 \cdot (\sigma_1 + \sigma_2) / (2 \cdot \sigma_1)]$ ) = 0,212

Trazione nell'acciaio per il calcolo della fessura = 221,6 (N/mm<sup>2</sup>)

Ampiezza della fessura ( $w = 1.7 \cdot S_m \cdot \sigma_{sm} / E_s$ ) = 0,1164 - 0,1487 mm

L'ampiezza delle fessure risulta inferiore rispetto al limite da normativa.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11 ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE

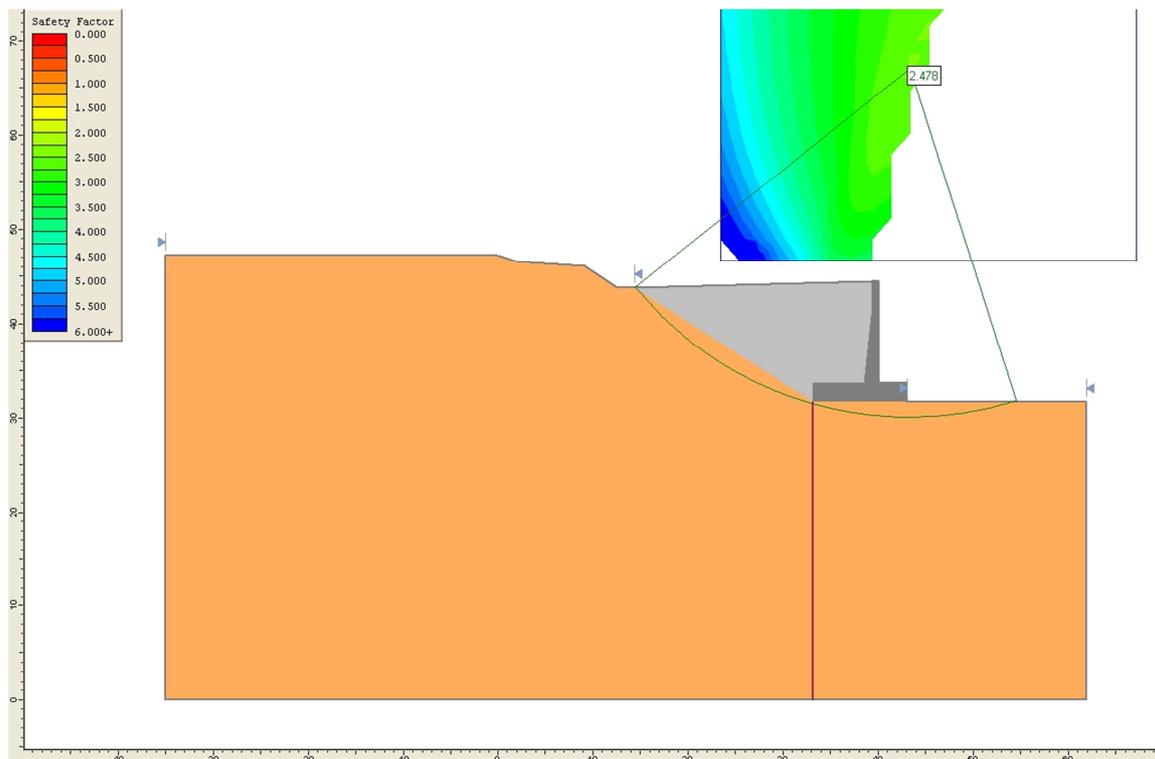
Al fine di valutare le condizioni di stabilità globale del versante in cui si inserisce l'opera in progetto sono state condotte analisi di stabilità all'equilibrio limite con il metodo di Bishop, basato sull'equilibrio dei momenti e delle forze verticali, con risultante delle forze tra i conci contigui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

Le analisi di stabilità sono state condotte sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche solamente per la sezione di maggiore altezza (Sezione S1); in accordo i punti 6.8.2 del D.M. 14/01/2008 e C7.11.4 della Circolare 617 del 02/02/2009 si assume un coefficiente parziale sulle resistenze pari a:

$$\gamma_r \geq 1.1$$

sia in fase statica sia in fase sismica.

Il sisma è stato rappresentato da un'accelerazione orizzontale e una verticale nelle due direzioni possibili; nel seguito, però, sono riportati solo i risultati del caso più gravoso.



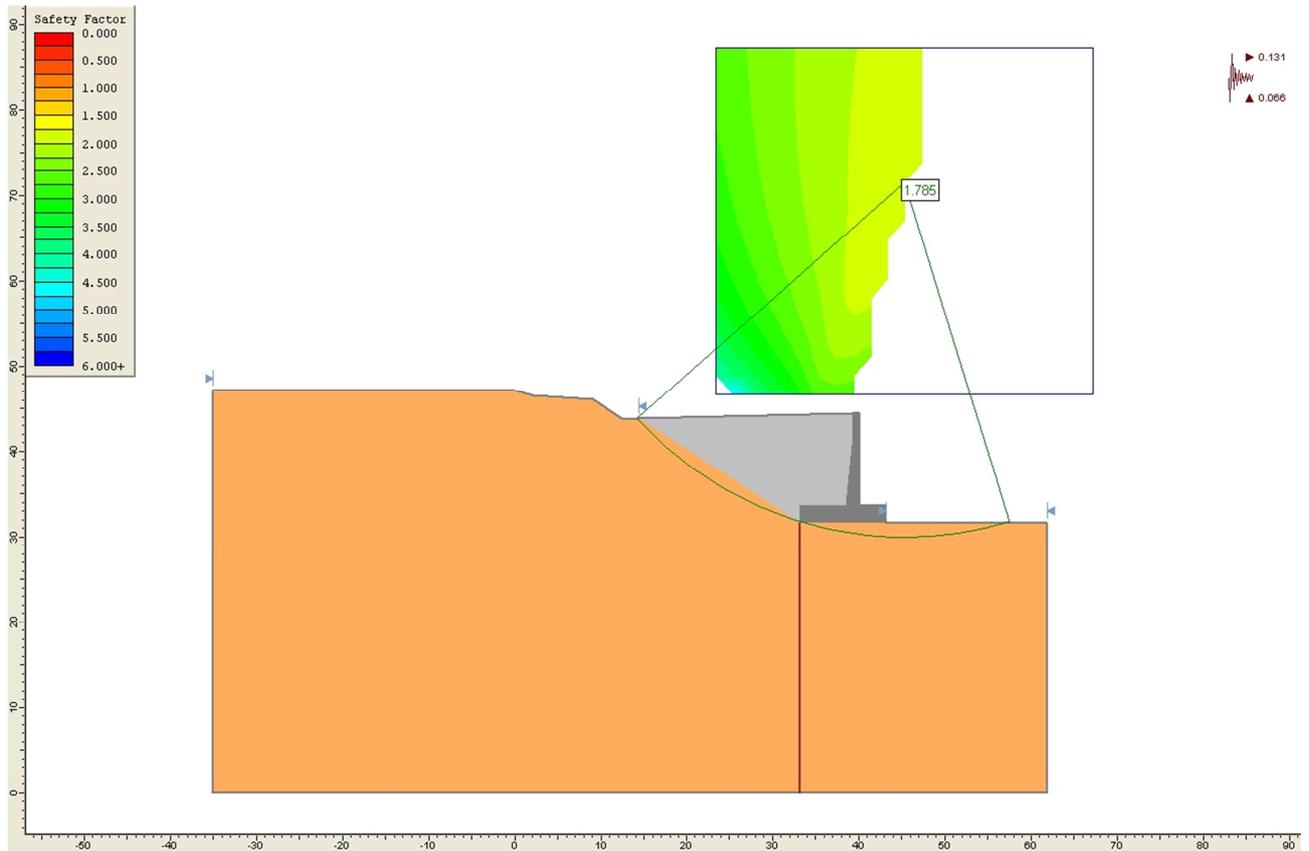
**Analisi di stabilità caso statico: FS=2.478**

MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0617\_F0

Rev  
F0

Data  
20/06/2011



**Analisi di stabilità caso sismico: FS=1.705**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## 12 TABULATI DI CALCOLO

### 12.1 Sezione S1 – Input SLIDE rel. 05 – Analisi in fase statica

#### *Slide Analysis Information*

##### Document Name

File Name: Muro asse C 0+282 0+420-Sez S1-statica.sli

##### Project Settings

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

##### Analysis Methods

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

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

##### Surface Options

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

##### Material Properties

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

##### Material: c.a.

Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 25 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 50 kPa  
Friction Angle: 40 degrees

Water Surface: None

##### Material: congPezzo

Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 21.5 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 16 kPa  
Friction Angle: 33 degrees  
Water Surface: None

##### List of All Coordinates

##### Material Boundary

38.48533.671  
39.30041.821  
39.30043.421  
39.30044.421

##### Material Boundary

33.10031.671  
33.10033.671  
38.48533.671

##### Material Boundary

14.36543.828  
33.10031.671  
43.10031.671

##### External Boundary

61.90031.671  
43.10031.671  
43.10033.671  
40.10033.671  
40.10035.593  
40.10041.817  
40.10041.821  
40.10044.421  
39.30044.421  
14.36543.828  
12.50043.785  
9.067 46.074  
1.996 46.513  
0.000 47.198  
-35.000 47.198  
-35.000 0.000  
61.9000.000

##### Focus/Block Search Line

33.100-0.000  
33.10031.671

##### Search Grid

23.40846.685  
67.20246.685  
67.20287.346  
23.40887.346

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 12.2 Sezione S1 – Output SLIDE rel. 05 – Analisi in fase statica

Raw Data for Minimum Circle Results				27.389	82.828	55.973	4.13913
Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety	27.389	85.087	58.053	4.14891
23.408	46.685	24.763	-114.00000	27.389	87.346	60.910	4.15966
23.408	48.944	34.192	6.41435	29.380	46.685	26.530	5.31347
23.408	51.203	33.907	6.03630	29.380	48.944	26.488	4.93779
23.408	53.462	35.315	5.74285	29.380	51.203	28.088	4.66609
23.408	55.721	36.805	5.51302	29.380	53.462	29.769	4.46381
23.408	57.980	38.366	5.33061	29.380	55.721	31.515	4.30142
23.408	60.238	39.992	5.18476	29.380	57.980	33.318	4.17837
23.408	62.497	41.673	5.06811	29.380	60.238	35.169	4.08568
23.408	64.756	43.404	4.97441	29.380	62.497	37.062	4.01635
23.408	67.015	45.179	4.89923	29.380	64.756	38.989	3.96480
23.408	69.274	46.993	4.83919	29.380	67.015	40.948	3.92758
23.408	71.533	48.842	4.79185	29.380	69.274	42.934	3.90178
23.408	73.792	50.722	4.75525	29.380	71.533	44.943	3.88484
23.408	76.051	52.630	4.72768	29.380	73.792	46.973	3.87557
23.408	78.310	54.564	4.70894	29.380	76.051	49.022	3.87258
23.408	80.569	56.520	4.69692	29.380	78.310	51.087	3.87456
23.408	82.828	58.498	4.69013	29.380	80.569	53.167	3.88049
23.408	85.087	60.494	4.68781	29.380	82.828	55.260	3.88985
23.408	87.346	62.507	4.68941	29.380	85.087	57.365	3.90286
25.399	46.685	23.211	7.96064	29.380	87.346	59.481	3.91975
25.399	48.944	30.992	5.88082	31.370	46.685	23.543	4.80895
25.399	51.203	32.375	5.53436	31.370	48.944	25.138	4.47810
25.399	53.462	33.849	5.27284	31.370	51.203	26.821	4.24712
25.399	55.721	34.017	5.06431	31.370	53.462	28.575	4.08067
25.399	57.980	35.695	4.89945	31.370	55.721	30.389	3.95811
25.399	60.238	37.430	4.77117	31.370	57.980	32.253	3.86685
25.399	62.497	39.216	4.67421	31.370	60.238	34.160	3.79248
25.399	64.756	41.045	4.59881	31.370	62.497	36.103	3.73621
25.399	67.015	42.913	4.54061	31.370	64.756	38.077	3.69600
25.399	69.274	44.814	4.49641	31.370	67.015	40.079	3.66861
25.399	71.533	46.746	4.46367	31.370	69.274	42.104	3.65134
25.399	73.792	48.703	4.44019	31.370	71.533	44.149	3.64184
25.399	76.051	51.653	4.42423	31.370	73.792	46.213	3.63887
25.399	78.310	53.621	4.41176	31.370	76.051	48.292	3.64136
25.399	80.569	55.609	4.40485	31.370	78.310	50.386	3.64805
25.399	82.828	57.617	4.40275	31.370	80.569	52.493	3.65822
25.399	85.087	59.642	4.40462	31.370	82.828	54.611	3.67149
25.399	87.346	61.682	4.40975	31.370	85.087	56.739	3.68734
27.389	46.685	24.912	6.04831	31.370	87.346	58.876	3.70542
27.389	48.944	29.446	5.40406	33.361	46.685	20.513	4.15568
27.389	51.203	30.901	5.08300	33.361	48.944	22.535	4.00048
27.389	53.462	32.444	4.84432	33.361	51.203	25.652	3.85267
27.389	55.721	34.061	4.66263	33.361	53.462	27.479	3.72313
27.389	57.980	34.468	4.51996	33.361	55.721	28.221	3.62938
27.389	60.238	36.262	4.41050	33.361	57.980	30.205	3.56249
27.389	62.497	38.101	4.32684	33.361	60.238	32.221	3.51659
27.389	64.756	39.980	4.26295	33.361	62.497	35.232	3.48546
27.389	67.015	41.894	4.21498	33.361	64.756	37.250	3.46248
27.389	69.274	43.839	4.17975	33.361	67.015	39.291	3.44057
27.389	71.533	45.810	4.15458	33.361	69.274	41.352	3.42603
27.389	73.792	47.805	4.13934	33.361	71.533	43.431	3.42182
27.389	76.051	49.821	4.13172	33.361	73.792	45.526	3.42426
27.389	78.310	51.855	4.12979	33.361	76.051	47.634	3.43155
27.389	80.569	53.906	4.13254	33.361	78.310	49.754	3.44244
				33.361	80.569	51.886	3.45657

MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0617\_F0

Rev  
F0

Data  
20/06/2011

33.361	82.828	54.026	3.47336	41.324	51.203	27.949	3.22673
33.361	85.087	56.176	3.49222	41.324	53.462	28.628	2.99272
33.361	87.346	58.333	3.51276	41.324	55.721	29.465	2.81859
35.352	46.685	21.180	3.61942	41.324	57.980	30.447	2.68551
35.352	48.944	21.601	3.40459	41.324	60.238	31.561	2.59438
35.352	51.203	22.245	3.31959	41.324	62.497	32.792	2.54296
35.352	53.462	24.249	3.30909	41.324	64.756	34.129	2.52677
35.352	55.721	26.322	3.31793	41.324	67.015	36.288	2.58701
35.352	57.980	29.415	3.28029	41.324	69.274	38.491	2.64911
35.352	60.238	31.479	3.24775	41.324	71.533	40.701	2.71420
35.352	62.497	33.564	3.22751	41.324	73.792	42.916	2.74887
35.352	64.756	35.668	3.22144	41.324	76.051	45.135	2.77507
35.352	67.015	37.787	3.22231	41.324	78.310	47.358	2.80063
35.352	69.274	39.920	3.22860	41.324	80.569	49.584	2.82859
35.352	71.533	42.793	3.23880	41.324	82.828	51.813	2.85715
35.352	73.792	44.916	3.24159	41.324	85.087	54.045	2.88638
35.352	76.051	47.050	3.24852	41.324	87.346	56.278	2.91606
35.352	78.310	49.194	3.25911	43.314	46.685	29.090	-1000.00000
35.352	80.569	51.347	3.27322	43.314	48.944	29.398	-1000.00000
35.352	82.828	53.508	3.29259	43.314	51.203	29.874	-1000.00000
35.352	85.087	55.677	3.31371	43.314	53.462	30.510	-1000.00000
35.352	87.346	57.852	3.33634	43.314	55.721	31.297	-1000.00000
37.342	46.685	23.154	3.53333	43.314	57.980	32.223	-1000.00000
37.342	48.944	23.540	3.24185	43.314	60.238	33.277	2.69899
37.342	51.203	24.132	3.04249	43.314	62.497	34.447	2.60132
37.342	53.462	24.915	2.92835	43.314	64.756	35.722	2.52601
37.342	55.721	25.873	2.88917	43.314	67.015	37.090	2.47831
37.342	57.980	26.986	2.92572	43.314	69.274	38.965	2.50496
37.342	60.238	29.994	2.97676	43.314	71.533	41.150	2.56113
37.342	62.497	32.970	3.01002	43.314	73.792	43.341	2.62195
37.342	64.756	35.106	3.01117	43.314	76.051	45.540	2.67643
37.342	67.015	37.255	3.01754	43.314	78.310	47.744	2.70224
37.342	69.274	39.415	3.02813	43.314	80.569	49.953	2.72838
37.342	71.533	41.584	3.04199	43.314	82.828	52.166	2.75427
37.342	73.792	43.761	3.06032	43.314	85.087	54.383	2.78247
37.342	76.051	45.945	3.08251	43.314	87.346	56.604	2.81316
37.342	78.310	48.136	3.10738	45.305	46.685	31.072	-1000.00000
37.342	80.569	50.880	3.12299	45.305	48.944	31.360	-1000.00000
37.342	82.828	53.059	3.14056	45.305	51.203	31.807	-1000.00000
37.342	85.087	55.244	3.15993	45.305	53.462	32.405	-1000.00000
37.342	87.346	57.435	3.18105	45.305	55.721	33.147	-1000.00000
39.333	46.685	25.131	3.65584	45.305	57.980	34.023	-1000.00000
39.333	48.944	25.487	3.31553	45.305	60.238	35.023	-1000.00000
39.333	51.203	26.034	3.05781	45.305	62.497	36.136	-1000.00000
39.333	53.462	26.762	2.87121	45.305	64.756	37.353	-1000.00000
39.333	55.721	27.656	2.74874	45.305	67.015	38.664	2.57562
39.333	57.980	28.700	2.67761	45.305	69.274	40.060	2.51100
39.333	60.238	29.878	2.65507	45.305	71.533	41.688	2.48394
39.333	62.497	31.450	2.69061	45.305	73.792	43.853	2.53473
39.333	64.756	33.667	2.75195	45.305	76.051	46.027	2.58420
39.333	67.015	35.889	2.81835	45.305	78.310	48.209	2.64603
39.333	69.274	38.690	2.85437	45.305	80.569	50.398	2.67624
39.333	71.533	40.892	2.87180	45.305	82.828	52.592	2.70244
39.333	73.792	43.100	2.89320	45.305	85.087	54.792	2.72890
39.333	76.051	45.312	2.91823	45.305	87.346	56.996	2.75515
39.333	78.310	47.529	2.94437	47.296	46.685	33.054	-1000.00000
39.333	80.569	49.749	2.97158	47.296	48.944	33.326	-1000.00000
39.333	82.828	51.973	2.99962	47.296	51.203	33.746	-1000.00000
39.333	85.087	54.620	3.02812	47.296	53.462	34.311	-1000.00000
39.333	87.346	56.833	3.04779	47.296	55.721	35.012	-1000.00000
41.324	46.685	27.110	-1000.00000	47.296	57.980	35.843	-1000.00000
41.324	48.944	27.440	-1000.00000	47.296	60.238	36.793	-1000.00000

MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420  
RELAZIONE DI CALCOLO

*Codice documento*  
CS0617\_F0

*Rev*  
F0

*Data*  
20/06/2011

47.296	62.497	37.855	-1000.00000	53.267	73.792	49.104	-1000.00000
47.296	64.756	39.018	-1000.00000	53.267	76.051	50.515	-1000.00000
47.296	67.015	40.275	-1000.00000	53.267	78.310	51.985	-1000.00000
47.296	69.274	41.616	-1000.00000	53.267	80.569	53.510	-1000.00000
47.296	71.533	43.035	-1000.00000	53.267	82.828	55.085	-1000.00000
47.296	73.792	44.523	2.53332	53.267	85.087	57.096	-1000.00000
47.296	76.051	46.595	2.56313	53.267	87.346	59.214	-1000.00000
47.296	78.310	48.751	2.60220	55.258	46.685	40.993	-1000.00000
47.296	80.569	50.916	2.65726	55.258	48.944	41.212	-1000.00000
47.296	82.828	53.101	2.69883	55.258	51.203	41.553	-1000.00000
47.296	85.087	55.280	2.71646	55.258	53.462	42.013	-1000.00000
47.296	87.346	57.456	2.73908	55.258	55.721	42.587	-1000.00000
49.286	46.685	35.038	-1000.00000	55.258	57.980	43.273	-1000.00000
49.286	48.944	35.294	-1000.00000	55.258	60.238	44.063	-1000.00000
49.286	51.203	35.691	-1000.00000	55.258	62.497	44.953	-1000.00000
49.286	53.462	36.226	-1000.00000	55.258	64.756	45.937	-1000.00000
49.286	55.721	36.891	-1000.00000	55.258	67.015	47.009	-1000.00000
49.286	57.980	37.680	-1000.00000	55.258	69.274	48.164	-1000.00000
49.286	60.238	38.585	-1000.00000	55.258	71.533	49.394	-1000.00000
49.286	62.497	39.598	-1000.00000	55.258	73.792	50.696	-1000.00000
49.286	64.756	40.712	-1000.00000	55.258	76.051	52.063	-1000.00000
49.286	67.015	41.918	-1000.00000	55.258	78.310	53.491	-1000.00000
49.286	69.274	43.209	-1000.00000	55.258	80.569	54.974	-1000.00000
49.286	71.533	44.576	-1000.00000	55.258	82.828	56.509	-1000.00000
49.286	73.792	46.014	-1000.00000	55.258	85.087	58.091	-1000.00000
49.286	76.051	47.516	-1000.00000	55.258	87.346	59.922	-1000.00000
49.286	78.310	49.367	-1000.00000	57.249	46.685	42.979	-1000.00000
49.286	80.569	51.507	-1000.00000	57.249	48.944	43.188	-1000.00000
49.286	82.828	53.656	-1000.00000	57.249	51.203	43.513	-1000.00000
49.286	85.087	55.814	-1000.00000	57.249	53.462	43.953	-1000.00000
49.286	87.346	57.979	-1000.00000	57.249	55.721	44.502	-1000.00000
51.277	46.685	37.022	-1000.00000	57.249	57.980	45.158	-1000.00000
51.277	48.944	37.265	-1000.00000	57.249	60.238	45.916	-1000.00000
51.277	51.203	37.641	-1000.00000	57.249	62.497	46.771	-1000.00000
51.277	53.462	38.148	-1000.00000	57.249	64.756	47.718	-1000.00000
51.277	55.721	38.780	-1000.00000	57.249	67.015	48.751	-1000.00000
51.277	57.980	39.532	-1000.00000	57.249	69.274	49.865	-1000.00000
51.277	60.238	40.395	-1000.00000	57.249	71.533	51.055	-1000.00000
51.277	62.497	41.365	-1000.00000	57.249	73.792	52.315	-1000.00000
51.277	64.756	42.432	-1000.00000	57.249	76.051	53.641	-1000.00000
51.277	67.015	43.590	-1000.00000	57.249	78.310	55.027	-1000.00000
51.277	69.274	44.833	-1000.00000	57.249	80.569	56.470	-1000.00000
51.277	71.533	46.152	-1000.00000	57.249	82.828	57.965	-1000.00000
51.277	73.792	47.543	-1000.00000	57.249	85.087	59.509	-1000.00000
51.277	76.051	48.998	-1000.00000	57.249	87.346	61.097	-1000.00000
51.277	78.310	50.512	-1000.00000	59.239	46.685	44.965	-1000.00000
51.277	80.569	52.167	-1000.00000	59.239	48.944	45.165	-1000.00000
51.277	82.828	54.290	-1000.00000	59.239	51.203	45.476	-1000.00000
51.277	85.087	56.423	-1000.00000	59.239	53.462	45.897	-1000.00000
51.277	87.346	58.566	-1000.00000	59.239	55.721	46.424	-1000.00000
53.267	46.685	39.007	-1000.00000	59.239	57.980	47.053	-1000.00000
53.267	48.944	39.237	-1000.00000	59.239	60.238	47.781	-1000.00000
53.267	51.203	39.595	-1000.00000	59.239	62.497	48.603	-1000.00000
53.267	53.462	40.078	-1000.00000	59.239	64.756	49.515	-1000.00000
53.267	55.721	40.680	-1000.00000	59.239	67.015	50.511	-1000.00000
53.267	57.980	41.396	-1000.00000	59.239	69.274	51.587	-1000.00000
53.267	60.238	42.222	-1000.00000	59.239	71.533	52.738	-1000.00000
53.267	62.497	43.150	-1000.00000	59.239	73.792	53.959	-1000.00000
53.267	64.756	44.175	-1000.00000	59.239	76.051	55.245	-1000.00000
53.267	67.015	45.288	-1000.00000	59.239	78.310	56.592	-1000.00000
53.267	69.274	46.486	-1000.00000	59.239	80.569	57.996	-1000.00000
53.267	71.533	47.759	-1000.00000	59.239	82.828	59.453	-1000.00000



Ponte sullo Stretto di Messina  
PROGETTO DEFINITIVO

MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0617\_F0

Rev  
F0

Data  
20/06/2011

59.239	85.087	60.959	-1000.00000	63.221	87.346	65.427	-1000.00000
59.239	87.346	62.510	-1000.00000	65.211	46.685	50.927	-1000.00000
61.230	46.685	46.952	-1000.00000	65.211	48.944	51.103	-1000.00000
61.230	48.944	47.143	-1000.00000	65.211	51.203	51.378	-1000.00000
61.230	51.203	47.442	-1000.00000	65.211	53.462	51.751	-1000.00000
61.230	53.462	47.845	-1000.00000	65.211	55.721	52.219	-1000.00000
61.230	55.721	48.350	-1000.00000	65.211	57.980	52.779	-1000.00000
61.230	57.980	48.955	-1000.00000	65.211	60.238	53.429	-1000.00000
61.230	60.238	49.655	-1000.00000	65.211	62.497	54.165	-1000.00000
61.230	62.497	50.447	-1000.00000	65.211	64.756	54.985	-1000.00000
61.230	64.756	51.326	-1000.00000	65.211	67.015	55.884	-1000.00000
61.230	67.015	52.287	-1000.00000	65.211	69.274	56.858	-1000.00000
61.230	69.274	53.328	-1000.00000	65.211	71.533	57.904	-1000.00000
61.230	71.533	54.442	-1000.00000	65.211	73.792	59.019	-1000.00000
61.230	73.792	55.625	-1000.00000	65.211	76.051	60.197	-1000.00000
61.230	76.051	56.874	-1000.00000	65.211	78.310	61.436	-1000.00000
61.230	78.310	58.184	-1000.00000	65.211	80.569	62.731	-1000.00000
61.230	80.569	59.550	-1000.00000	65.211	82.828	64.081	-1000.00000
61.230	82.828	60.970	-1000.00000	65.211	85.087	65.480	-1000.00000
61.230	85.087	62.439	-1000.00000	65.211	87.346	66.926	-1000.00000
61.230	87.346	63.954	-1000.00000	67.202	46.685	52.914	-1000.00000
63.221	46.685	48.939	-1000.00000	67.202	48.944	53.084	-1000.00000
63.221	48.944	49.123	-1000.00000	67.202	51.203	53.349	-1000.00000
63.221	51.203	49.409	-1000.00000	67.202	53.462	53.708	-1000.00000
63.221	53.462	49.796	-1000.00000	67.202	55.721	54.159	-1000.00000
63.221	55.721	50.282	-1000.00000	67.202	57.980	54.699	-1000.00000
63.221	57.980	50.864	-1000.00000	67.202	60.238	55.327	-1000.00000
63.221	60.238	51.538	-1000.00000	67.202	62.497	56.038	-1000.00000
63.221	62.497	52.301	-1000.00000	67.202	64.756	56.831	-1000.00000
63.221	64.756	53.149	-1000.00000	67.202	67.015	57.701	-1000.00000
63.221	67.015	54.079	-1000.00000	67.202	69.274	58.645	-1000.00000
63.221	69.274	55.085	-1000.00000	67.202	71.533	59.660	-1000.00000
63.221	71.533	56.164	-1000.00000	67.202	73.792	60.742	-1000.00000
63.221	73.792	57.312	-1000.00000	67.202	76.051	61.887	-1000.00000
63.221	76.051	58.525	-1000.00000	67.202	78.310	63.093	-1000.00000
63.221	78.310	59.799	-1000.00000	67.202	80.569	64.355	-1000.00000
63.221	80.569	61.129	-1000.00000	67.202	82.828	65.671	-1000.00000
63.221	82.828	62.513	-1000.00000	67.202	85.087	67.037	-1000.00000
63.221	85.087	63.946	-1000.00000	67.202	87.346	68.451	-1000.00000

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: center;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## 12.3 Sezione S1 – Input SLIDE rel. 05 – Analisi in fase sismica

### *Slide Analysis Information*

#### Document Name

File Name: Muro asse C 0+282 0+420-Sez S1-sismica.sli

#### Project Settings

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

#### Analysis Methods

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

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

#### Surface Options

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

#### Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.131  
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.066

#### Material Properties

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

#### Material: c.a.

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

#### Material: congPezzo

Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 21.5 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 16 kPa  
Friction Angle: 33 degrees  
Water Surface: None

#### List of All Coordinates

#### Material Boundary

38.48533.671  
39.30041.821  
39.30043.421  
39.30044.421

#### Material Boundary

33.10031.671  
33.10033.671  
38.48533.671

#### Material Boundary

14.36543.828  
33.10031.671  
43.10031.671

#### External Boundary

61.90031.671  
43.10031.671  
43.10033.671  
40.10033.671  
40.10035.593  
40.10041.817  
40.10041.821  
40.10044.421  
39.30044.421  
14.36543.828  
12.50043.785  
9.067 46.074  
1.996 46.513  
0.000 47.198  
-35.000 47.198  
-35.000 0.000  
61.9000.000

#### Focus/Block Search Line

33.100-0.000  
33.10031.671

#### Search Grid

23.40846.685

		<p align="center"><b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO</p>		<p><i>Codice documento</i> CS0617_F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

67.20246.685  
67.20287.346  
23.40887.346

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0617_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 12.4 Sezione S1 – Output SLIDE rel. 05 – Analisi in fase sismica

Raw Data for Minimum Circle Results				27.389	82.828	55.973	2.48703
Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety	27.389	85.087	58.053	2.47981
23.408	46.685	24.763	-114.00000	27.389	87.346	60.145	2.47444
23.408	48.944	32.592	4.02290	29.380	46.685	26.530	3.57481
23.408	51.203	33.907	3.76736	29.380	48.944	26.488	3.29904
23.408	53.462	33.829	3.55975	29.380	51.203	28.088	3.09852
23.408	55.721	35.374	3.39403	29.380	53.462	29.769	2.94634
23.408	57.980	36.990	3.26047	29.380	55.721	31.515	2.82387
23.408	60.238	38.668	3.15176	29.380	57.980	33.318	2.72767
23.408	62.497	40.400	3.06262	29.380	60.238	34.010	2.65161
23.408	64.756	42.178	2.98895	29.380	62.497	35.955	2.59051
23.408	67.015	42.819	2.92704	29.380	64.756	37.932	2.54223
23.408	69.274	44.720	2.87577	29.380	67.015	39.937	2.50394
23.408	71.533	46.651	2.83337	29.380	69.274	41.965	2.47359
23.408	73.792	49.665	2.79774	29.380	71.533	44.943	2.44916
23.408	76.051	51.611	2.76758	29.380	73.792	46.973	2.42959
23.408	78.310	53.579	2.74216	29.380	76.051	49.022	2.41425
23.408	80.569	55.569	2.72072	29.380	78.310	51.087	2.40232
23.408	82.828	57.577	2.70275	29.380	80.569	53.167	2.39314
23.408	85.087	59.603	2.68775	29.380	82.828	55.260	2.38631
23.408	87.346	61.644	2.67534	29.380	85.087	57.365	2.38182
25.399	46.685	23.211	4.70614	31.370	87.346	59.481	2.37962
25.399	48.944	30.992	3.77572	31.370	46.685	23.543	3.30321
25.399	51.203	30.871	3.53722	31.370	48.944	25.138	3.05973
25.399	53.462	32.405	3.34277	31.370	51.203	26.821	2.88286
25.399	55.721	34.017	3.19018	31.370	53.462	27.299	2.75025
25.399	57.980	35.695	3.06846	31.370	55.721	29.179	2.64737
25.399	60.238	37.430	2.97046	31.370	57.980	31.104	2.56865
25.399	62.497	39.216	2.89229	31.370	60.238	34.160	2.50688
25.399	64.756	41.045	2.82837	31.370	62.497	36.103	2.45572
25.399	67.015	42.913	2.77586	31.370	64.756	37.086	2.41391
25.399	69.274	44.814	2.73262	31.370	67.015	39.132	2.38063
25.399	71.533	46.746	2.69696	31.370	69.274	41.199	2.35610
25.399	73.792	47.699	2.66727	31.370	71.533	43.283	2.33720
25.399	76.051	49.716	2.64256	31.370	73.792	45.383	2.32285
25.399	78.310	51.753	2.62222	31.370	76.051	47.496	2.31225
25.399	80.569	53.806	2.60567	31.370	78.310	49.621	2.30459
25.399	82.828	55.875	2.59286	31.370	80.569	51.757	2.29937
25.399	85.087	58.799	2.58211	31.370	82.828	54.611	2.29564
25.399	87.346	60.866	2.57333	31.370	85.087	56.739	2.29364
27.389	46.685	24.912	3.92005	33.361	87.346	58.876	2.29315
27.389	48.944	29.446	3.54438	33.361	46.685	20.513	2.94977
27.389	51.203	29.442	3.31853	33.361	48.944	21.182	2.78979
27.389	53.462	31.049	3.14005	33.361	51.203	24.376	2.66318
27.389	55.721	32.727	3.00168	33.361	53.462	26.275	2.55250
27.389	57.980	34.468	2.89262	33.361	55.721	28.221	2.46979
27.389	60.238	36.262	2.80609	33.361	57.980	30.205	2.40724
27.389	62.497	38.101	2.73647	33.361	60.238	32.221	2.35984
27.389	64.756	39.980	2.68010	33.361	62.497	34.264	2.32365
27.389	67.015	41.894	2.63438	33.361	64.756	36.329	2.29596
27.389	69.274	43.839	2.59720	33.361	67.015	39.291	2.27411
27.389	71.533	45.810	2.56683	33.361	69.274	41.352	2.25263
27.389	73.792	47.805	2.54281	33.361	71.533	43.431	2.23764
27.389	76.051	49.821	2.52375	33.361	73.792	44.761	2.22572
27.389	78.310	51.855	2.50852	33.361	76.051	46.901	2.21716
27.389	80.569	53.906	2.49646	33.361	78.310	49.051	2.21179
				33.361	80.569	51.210	2.20950

33.361	82.828	53.376	2.20908	41.324	51.203	27.949	2.33782
33.361	85.087	55.549	2.21010	41.324	53.462	28.628	2.17342
33.361	87.346	57.728	2.21228	41.324	55.721	29.465	2.04909
35.352	46.685	21.180	2.65469	41.324	57.980	30.447	1.95273
35.352	48.944	21.601	2.47038	41.324	60.238	31.561	1.88391
35.352	51.203	22.245	2.36831	41.324	62.497	32.792	1.83998
35.352	53.462	24.249	2.32205	41.324	64.756	34.129	1.81607
35.352	55.721	26.322	2.29429	41.324	67.015	36.288	1.83862
35.352	57.980	29.415	2.26045	41.324	69.274	38.491	1.86263
35.352	60.238	31.479	2.22268	41.324	71.533	40.701	1.89168
35.352	62.497	33.564	2.19414	41.324	73.792	42.916	1.90380
35.352	64.756	35.668	2.17523	41.324	76.051	45.135	1.91054
35.352	67.015	37.787	2.16159	41.324	78.310	47.358	1.91717
35.352	69.274	39.920	2.15208	41.324	80.569	49.584	1.92538
35.352	71.533	42.065	2.14657	41.324	82.828	51.813	1.93408
35.352	73.792	44.916	2.14211	41.324	85.087	54.045	1.94330
35.352	76.051	47.050	2.13594	41.324	87.346	56.278	1.95287
35.352	78.310	49.194	2.13221	43.314	46.685	29.090	-1000.00000
35.352	80.569	51.347	2.13074	43.314	48.944	29.398	-1000.00000
35.352	82.828	52.919	2.13153	43.314	51.203	29.874	-1000.00000
35.352	85.087	55.109	2.13328	43.314	53.462	30.510	-1000.00000
35.352	87.346	57.305	2.13622	43.314	55.721	31.297	-1000.00000
37.342	46.685	23.154	2.60395	43.314	57.980	32.223	-1000.00000
37.342	48.944	23.540	2.38340	43.314	60.238	33.277	1.94808
37.342	51.203	24.132	2.22551	43.314	62.497	34.447	1.88005
37.342	53.462	24.915	2.12403	43.314	64.756	35.722	1.82662
37.342	55.721	25.873	2.06902	43.314	67.015	37.090	1.78994
37.342	57.980	26.986	2.05435	43.314	69.274	38.965	1.79580
37.342	60.238	29.994	2.07230	43.314	71.533	41.150	1.81844
37.342	62.497	31.359	2.07370	43.314	73.792	43.341	1.84529
37.342	64.756	35.106	2.06998	43.314	76.051	45.540	1.87060
37.342	67.015	37.255	2.06095	43.314	78.310	47.744	1.87803
37.342	69.274	38.728	2.05500	43.314	80.569	49.953	1.88584
37.342	71.533	41.584	2.05212	43.314	82.828	52.166	1.89368
37.342	73.792	43.761	2.05208	43.314	85.087	54.383	1.90293
37.342	76.051	45.945	2.05464	43.314	87.346	56.604	1.91364
37.342	78.310	47.564	2.05868	45.305	46.685	31.072	-1000.00000
37.342	80.569	50.332	2.06239	45.305	48.944	31.360	-1000.00000
37.342	82.828	52.533	2.06411	45.305	51.203	31.807	-1000.00000
37.342	85.087	54.738	2.06700	45.305	53.462	32.405	-1000.00000
37.342	87.346	56.947	2.07113	45.305	55.721	33.147	-1000.00000
39.333	46.685	25.131	2.67170	45.305	57.980	34.023	-1000.00000
39.333	48.944	25.487	2.42738	45.305	60.238	35.023	-1000.00000
39.333	51.203	26.034	2.23939	45.305	62.497	36.136	-1000.00000
39.333	53.462	26.762	2.09986	45.305	64.756	37.353	-1000.00000
39.333	55.721	27.656	2.00328	45.305	67.015	38.664	1.84976
39.333	57.980	28.700	1.94004	45.305	69.274	40.060	1.80703
39.333	60.238	29.878	1.90571	45.305	71.533	41.688	1.78539
39.333	62.497	31.450	1.90449	45.305	73.792	43.853	1.80628
39.333	64.756	33.667	1.92433	45.305	76.051	46.027	1.82646
39.333	67.015	35.889	1.94914	45.305	78.310	48.209	1.85680
39.333	69.274	38.116	1.96692	45.305	80.569	50.398	1.86846
39.333	71.533	40.892	1.96813	45.305	82.828	52.592	1.87702
39.333	73.792	43.100	1.97095	45.305	85.087	54.792	1.88582
39.333	76.051	44.815	1.97534	45.305	87.346	56.996	1.89459
39.333	78.310	47.053	1.98046	47.296	46.685	33.054	-1000.00000
39.333	80.569	49.293	1.98641	47.296	48.944	33.326	-1000.00000
39.333	82.828	51.535	1.99241	47.296	51.203	33.746	-1000.00000
39.333	85.087	53.778	2.00054	47.296	53.462	34.311	-1000.00000
39.333	87.346	56.022	2.01010	47.296	55.721	35.012	-1000.00000
41.324	46.685	27.110	-1000.00000	47.296	57.980	35.843	-1000.00000
41.324	48.944	27.440	-1000.00000	47.296	60.238	36.793	-1000.00000

MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0617\_F0

Rev  
F0

Data  
20/06/2011

47.296	62.497	37.855	-1000.00000	53.267	73.792	49.104	-1000.00000
47.296	64.756	39.018	-1000.00000	53.267	76.051	50.515	-1000.00000
47.296	67.015	40.275	-1000.00000	53.267	78.310	51.985	-1000.00000
47.296	69.274	41.616	-1000.00000	53.267	80.569	53.510	-1000.00000
47.296	71.533	43.035	-1000.00000	53.267	82.828	55.085	-1000.00000
47.296	73.792	44.523	1.81267	53.267	85.087	57.096	-1000.00000
47.296	76.051	46.595	1.82292	53.267	87.346	59.214	-1000.00000
47.296	78.310	48.751	1.83787	55.258	46.685	40.993	-1000.00000
47.296	80.569	50.916	1.86356	55.258	48.944	41.212	-1000.00000
47.296	82.828	53.101	1.88313	55.258	51.203	41.553	-1000.00000
47.296	85.087	55.280	1.88747	55.258	53.462	42.013	-1000.00000
47.296	87.346	57.456	1.89480	55.258	55.721	42.587	-1000.00000
49.286	46.685	35.038	-1000.00000	55.258	57.980	43.273	-1000.00000
49.286	48.944	35.294	-1000.00000	55.258	60.238	44.063	-1000.00000
49.286	51.203	35.691	-1000.00000	55.258	62.497	44.953	-1000.00000
49.286	53.462	36.226	-1000.00000	55.258	64.756	45.937	-1000.00000
49.286	55.721	36.891	-1000.00000	55.258	67.015	47.009	-1000.00000
49.286	57.980	37.680	-1000.00000	55.258	69.274	48.164	-1000.00000
49.286	60.238	38.585	-1000.00000	55.258	71.533	49.394	-1000.00000
49.286	62.497	39.598	-1000.00000	55.258	73.792	50.696	-1000.00000
49.286	64.756	40.712	-1000.00000	55.258	76.051	52.063	-1000.00000
49.286	67.015	41.918	-1000.00000	55.258	78.310	53.491	-1000.00000
49.286	69.274	43.209	-1000.00000	55.258	80.569	54.974	-1000.00000
49.286	71.533	44.576	-1000.00000	55.258	82.828	56.509	-1000.00000
49.286	73.792	46.014	-1000.00000	55.258	85.087	58.091	-1000.00000
49.286	76.051	47.516	-1000.00000	55.258	87.346	59.922	-1000.00000
49.286	78.310	49.367	-1000.00000	57.249	46.685	42.979	-1000.00000
49.286	80.569	51.507	-1000.00000	57.249	48.944	43.188	-1000.00000
49.286	82.828	53.656	-1000.00000	57.249	51.203	43.513	-1000.00000
49.286	85.087	55.814	-1000.00000	57.249	53.462	43.953	-1000.00000
49.286	87.346	57.979	-1000.00000	57.249	55.721	44.502	-1000.00000
51.277	46.685	37.022	-1000.00000	57.249	57.980	45.158	-1000.00000
51.277	48.944	37.265	-1000.00000	57.249	60.238	45.916	-1000.00000
51.277	51.203	37.641	-1000.00000	57.249	62.497	46.771	-1000.00000
51.277	53.462	38.148	-1000.00000	57.249	64.756	47.718	-1000.00000
51.277	55.721	38.780	-1000.00000	57.249	67.015	48.751	-1000.00000
51.277	57.980	39.532	-1000.00000	57.249	69.274	49.865	-1000.00000
51.277	60.238	40.395	-1000.00000	57.249	71.533	51.055	-1000.00000
51.277	62.497	41.365	-1000.00000	57.249	73.792	52.315	-1000.00000
51.277	64.756	42.432	-1000.00000	57.249	76.051	53.641	-1000.00000
51.277	67.015	43.590	-1000.00000	57.249	78.310	55.027	-1000.00000
51.277	69.274	44.833	-1000.00000	57.249	80.569	56.470	-1000.00000
51.277	71.533	46.152	-1000.00000	57.249	82.828	57.965	-1000.00000
51.277	73.792	47.543	-1000.00000	57.249	85.087	59.509	-1000.00000
51.277	76.051	48.998	-1000.00000	57.249	87.346	61.097	-1000.00000
51.277	78.310	50.512	-1000.00000	59.239	46.685	44.965	-1000.00000
51.277	80.569	52.167	-1000.00000	59.239	48.944	45.165	-1000.00000
51.277	82.828	54.290	-1000.00000	59.239	51.203	45.476	-1000.00000
51.277	85.087	56.423	-1000.00000	59.239	53.462	45.897	-1000.00000
51.277	87.346	58.566	-1000.00000	59.239	55.721	46.424	-1000.00000
53.267	46.685	39.007	-1000.00000	59.239	57.980	47.053	-1000.00000
53.267	48.944	39.237	-1000.00000	59.239	60.238	47.781	-1000.00000
53.267	51.203	39.595	-1000.00000	59.239	62.497	48.603	-1000.00000
53.267	53.462	40.078	-1000.00000	59.239	64.756	49.515	-1000.00000
53.267	55.721	40.680	-1000.00000	59.239	67.015	50.511	-1000.00000
53.267	57.980	41.396	-1000.00000	59.239	69.274	51.587	-1000.00000
53.267	60.238	42.222	-1000.00000	59.239	71.533	52.738	-1000.00000
53.267	62.497	43.150	-1000.00000	59.239	73.792	53.959	-1000.00000
53.267	64.756	44.175	-1000.00000	59.239	76.051	55.245	-1000.00000
53.267	67.015	45.288	-1000.00000	59.239	78.310	56.592	-1000.00000
53.267	69.274	46.486	-1000.00000	59.239	80.569	57.996	-1000.00000
53.267	71.533	47.759	-1000.00000	59.239	82.828	59.453	-1000.00000

59.239	85.087	60.959	-1000.00000	63.221	87.346	65.427	-1000.00000
59.239	87.346	62.510	-1000.00000	65.211	46.685	50.927	-1000.00000
61.230	46.685	46.952	-1000.00000	65.211	48.944	51.103	-1000.00000
61.230	48.944	47.143	-1000.00000	65.211	51.203	51.378	-1000.00000
61.230	51.203	47.442	-1000.00000	65.211	53.462	51.751	-1000.00000
61.230	53.462	47.845	-1000.00000	65.211	55.721	52.219	-1000.00000
61.230	55.721	48.350	-1000.00000	65.211	57.980	52.779	-1000.00000
61.230	57.980	48.955	-1000.00000	65.211	60.238	53.429	-1000.00000
61.230	60.238	49.655	-1000.00000	65.211	62.497	54.165	-1000.00000
61.230	62.497	50.447	-1000.00000	65.211	64.756	54.985	-1000.00000
61.230	64.756	51.326	-1000.00000	65.211	67.015	55.884	-1000.00000
61.230	67.015	52.287	-1000.00000	65.211	69.274	56.858	-1000.00000
61.230	69.274	53.328	-1000.00000	65.211	71.533	57.904	-1000.00000
61.230	71.533	54.442	-1000.00000	65.211	73.792	59.019	-1000.00000
61.230	73.792	55.625	-1000.00000	65.211	76.051	60.197	-1000.00000
61.230	76.051	56.874	-1000.00000	65.211	78.310	61.436	-1000.00000
61.230	78.310	58.184	-1000.00000	65.211	80.569	62.731	-1000.00000
61.230	80.569	59.550	-1000.00000	65.211	82.828	64.081	-1000.00000
61.230	82.828	60.970	-1000.00000	65.211	85.087	65.480	-1000.00000
61.230	85.087	62.439	-1000.00000	65.211	87.346	66.926	-1000.00000
61.230	87.346	63.954	-1000.00000	67.202	46.685	52.914	-1000.00000
63.221	46.685	48.939	-1000.00000	67.202	48.944	53.084	-1000.00000
63.221	48.944	49.123	-1000.00000	67.202	51.203	53.349	-1000.00000
63.221	51.203	49.409	-1000.00000	67.202	53.462	53.708	-1000.00000
63.221	53.462	49.796	-1000.00000	67.202	55.721	54.159	-1000.00000
63.221	55.721	50.282	-1000.00000	67.202	57.980	54.699	-1000.00000
63.221	57.980	50.864	-1000.00000	67.202	60.238	55.327	-1000.00000
63.221	60.238	51.538	-1000.00000	67.202	62.497	56.038	-1000.00000
63.221	62.497	52.301	-1000.00000	67.202	64.756	56.831	-1000.00000
63.221	64.756	53.149	-1000.00000	67.202	67.015	57.701	-1000.00000
63.221	67.015	54.079	-1000.00000	67.202	69.274	58.645	-1000.00000
63.221	69.274	55.085	-1000.00000	67.202	71.533	59.660	-1000.00000
63.221	71.533	56.164	-1000.00000	67.202	73.792	60.742	-1000.00000
63.221	73.792	57.312	-1000.00000	67.202	76.051	61.887	-1000.00000
63.221	76.051	58.525	-1000.00000	67.202	78.310	63.093	-1000.00000
63.221	78.310	59.799	-1000.00000	67.202	80.569	64.355	-1000.00000
63.221	80.569	61.129	-1000.00000	67.202	82.828	65.671	-1000.00000
63.221	82.828	62.513	-1000.00000	67.202	85.087	67.037	-1000.00000
63.221	85.087	63.946	-1000.00000	67.202	87.346	68.451	-1000.00000