


PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

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

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

<p><i>Unità Funzionale</i> COLLEGAMENTI CALABRIA</p> <p><i>Tipo di sistema</i> INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI</p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i> ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE</p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> GENERALE</p> <p><i>Titolo del documento</i> MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 – RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>CS0590_F0</p>
--	------------------



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	1	F	0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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	31
10.1	Verifiche geotecniche	31
10.1.1	Verifica a ribaltamento	31
10.1.2	Verifica a scorrimento sul piano di posa.....	31
10.1.3	Verifica di capacità portante della fondazione	32
10.2	Verifiche strutturali.....	33
10.2.1	Verifiche agli S.L.U.	34
10.2.2	Verifica a flessione.....	34
10.2.2.1	Sezione S1 – Elevazione	34
10.2.2.2	Sezione S1 – Fondazione	35
10.2.2.3	Sezione S2 – Elevazione	37
10.2.2.4	Sezione S2 – Fondazione	38
10.2.3	Verifica a taglio	40
10.2.3.1	Sezione S1 – Elevazione	42
10.2.3.2	Sezione S1 – Fondazione	43
10.2.3.3	Sezione S2 – Elevazione	44
10.2.3.4	Sezione S2 – Fondazione	46
10.3	Verifiche agli S.L.E.	48
10.3.1	Sezione S1 – Elevazione.....	48
10.3.2	Sezione S1 – Fondazione	48
10.3.3	Sezione S2 – Elevazione.....	49
10.3.4	Sezione S2 – Fondazione	50
10.4	Verifiche a fessurazione	51
10.4.1	Sezione S1 – Elevazione.....	51
10.4.2	Sezione S1 – Fondazione	52
10.4.3	Sezione S2 – Elevazione.....	52
10.4.4	Sezione S2 – Fondazione	53
11	ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE.....	55
12	TABULATI DI CALCOLO.....	57
12.1	Sezione S1 – Input SLIDE rel. 05 – Analisi in fase statica	57

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.2	Sezione S1 – Output SLIDE rel. 05– Analisi in fase statica.....	58
12.3	Sezione S1 – Input SLIDE rel. 05 – Analisi in fase sismica.....	62
12.4	Sezione S1 – Output SLIDE rel. 05 – Analisi in fase sismica	63

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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 A-B e il binario pari della ferrovia (oggetto della presente relazione) e uno tra i rami C-D e il binario dispari.

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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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, 4th 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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 ³	
Diametro massimo inerte	32	mm	
Classe di esposizione	XF4	-	
Resistenza caratteristica a compressione cubica	$R_{ck} =$	35.00	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck}$	29.05	N/mm ²
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	37.05	N/mm ²
Modulo elastico	$E_c = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	32588.11	N/mm ²
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3}$	2.83	N/mm ²
Resistenza a trazione caratteristica (frattile 5%)	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm}$	1.98	N/mm ²
Stato Limite Ultimo			
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_C =$	1.50	--
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85	--
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_C$	16.46	N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C$	1.32	N/mm ²
Stato Limite di Esercizio			
Tensione max di compressione - Comb. rara	$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck}$	17.43	N/mm ²
Tensione max di compressione - Comb. quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck}$	13.94	N/mm ²

4.2 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%)	$f_{tk} =$	540.00	N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento (frattile 5%)	$f_{yk} =$	450.00	N/mm ²
Stato Limite Ultimo			
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_S =$	1.15	--
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S$	391.30	N/mm ²
Stato Limite di Esercizio			
Tensione massima di trazione	$\sigma_s < 0.80 \times f_{yk}$	360.00	N/mm ²

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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, OTCCCH1501, C403bis)
- 3 prove sismiche (CS103, C423BIS, OTCCCH1501)
- 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 γ è risultato mediamente pari a 23 kN/m³ con i valori più bassi di 20 -21 kN/m³ 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

In corrispondenza di un valore medio di $\phi'=40^\circ$ (ott enuto 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 γ_s è risultato pari a circa 26.5 kN/m³.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><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						

15.7kN/m³

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.
- γ_d : in base ai valori di e_o da γ_s si può stimare γ , riportato nel grafico.
- K_0 : si considera la relazione di Jaky.

Dr(%) Prevalente sabbiosa	Dr(%) Sabbie e ghiaie	$\gamma_d(KN/m^3)$	K_0
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°

z(m)	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_p (pff=272-350KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)
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



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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:

z(m)	G0(MPa)	E0(MPa)	E'(MPa)
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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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]	γ_n [kN/m ³]	c'_k [kPa]	ϕ'_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:

- γ_n = peso di volume naturale
- c' = coesione drenata
- ϕ' = 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	γ_n [kN/m ³]	c'_k [kPa]	ϕ'_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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Codice	Titolo del documento
CG0800PRBDCSBC8G000000001	Relazione geotecnica generale versante Calabria
CG0800PRGDCSBC6G000000003	Relazione idrogeologica
CG0800PN5DCSBC6G000000003	Carta idrogeologica versante Calabria
CG0800PF6DCSBC6ST00000001 CG0800PF6DCSBC6ST00000025	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo A

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$\begin{array}{l|l}
 a_{max-SLV} & a_{g-SLV} \cdot S_S \cdot S_T = 0.437 \\
 a_{max-SLD} & a_{g-SLD} \cdot S_S \cdot S_T = 0.170
 \end{array}$$

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

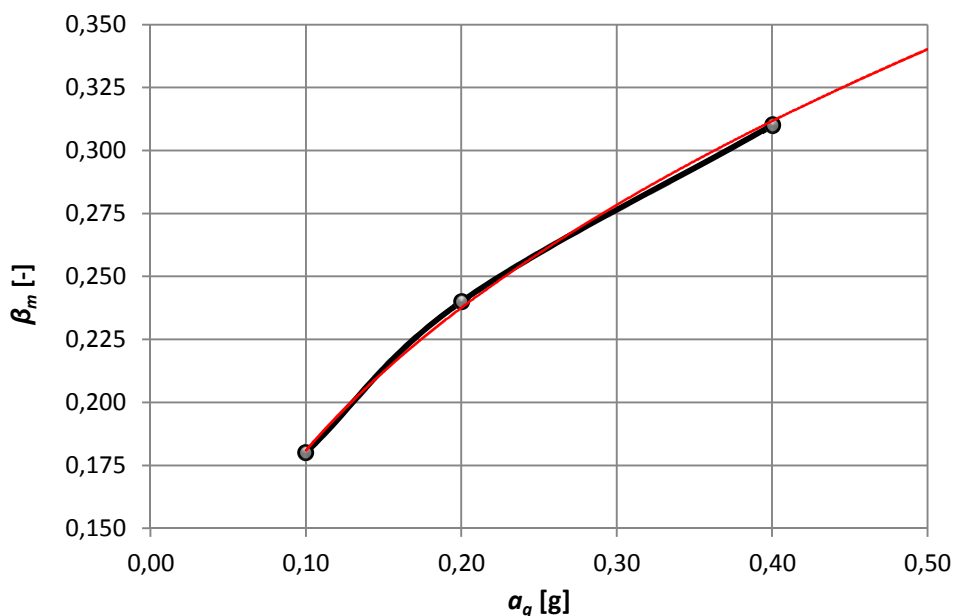




Figura 1: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di β_m .

Cautelativamente si è assunto $\beta_m = 0.35$.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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 β_s necessario per il calcolo dei coefficienti sismici di progetto (vedi espressioni seguenti) non può essere ottenuto direttamente dalla Tabella 7.11.I del D.M. del 14/01/2008 in quanto l'accelerazione sismica attesa per quest'opera supera il valore massimo considerato nella suddetta tabella (pari a 0.4g). Attraverso l'estrapolazione si è ottenuto il grafico sottostante:

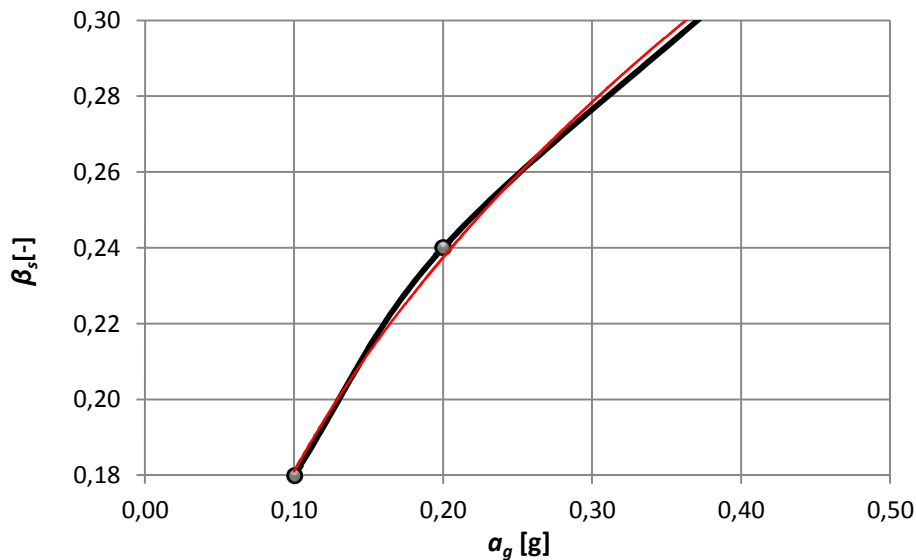


Figura 2: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di β_s .

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ 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 γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c_k	γ_c	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_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 γ_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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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 ^a	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 ^a	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
	GEO-SISM ↑	1,00	1,00	1,00	1,00 ^a	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 ^a	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
	SLE-SISM ↑	1,00	1,00	1,00	1,00 ^a	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	

Tabella 9: coefficienti di combinazione utilizzati nelle analisi (^a 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 $\rightarrow \sigma_c < 14.94 \text{ N/mm}^2$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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
a	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	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi perman.	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
c	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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Si considerano i seguenti valori limite di apertura delle fessure:

- $w_1 = 0.2 \text{ mm}$;
- $w_2 = 0.3 \text{ mm}$;
- $w_3 = 0.4 \text{ mm}$.

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	$\leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$
		Quasi permanente	Apertura fessure	$\leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

Tabella 11: Apertura delle fessure considerata nel calcolo.

Il calcolo è condotto attraverso i seguenti passaggi:

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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/m³.

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:

γ	peso terreno a monte del muro per unità di volume
ϕ	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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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 δ 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:

- α | angolo di inclinazione rispetto alla verticale del paramento di monte del muro
- β | angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale del terreno a monte del muro
- ϕ | angolo di attrito efficace del terreno a monte del muro
- δ | 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	ϕ [°]	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:

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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	ϕ [°]	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. (^(*) 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/m² nelle analisi in condizione statica e a 10kN/m² 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9 MODELLO DI CALCOLO

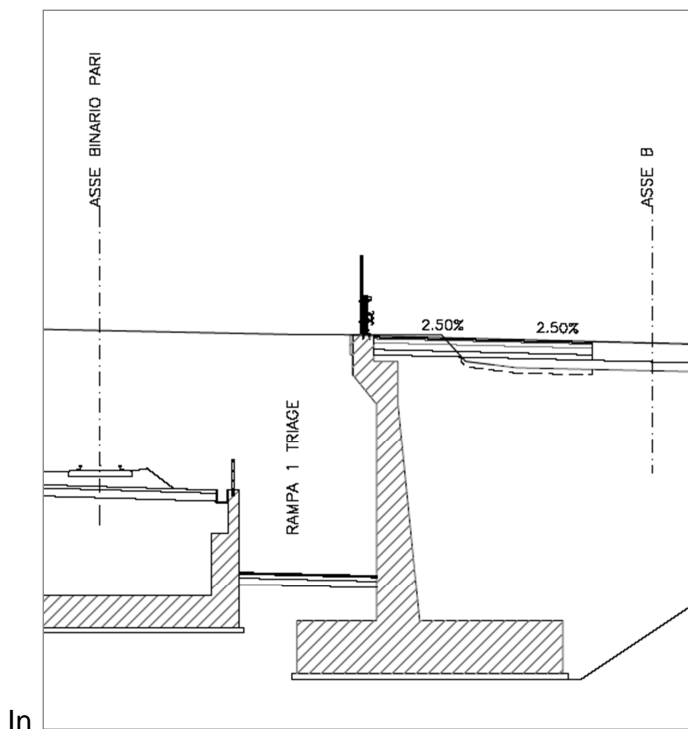
9.1 Caratteristiche generali dell'opera

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.





		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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						

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.

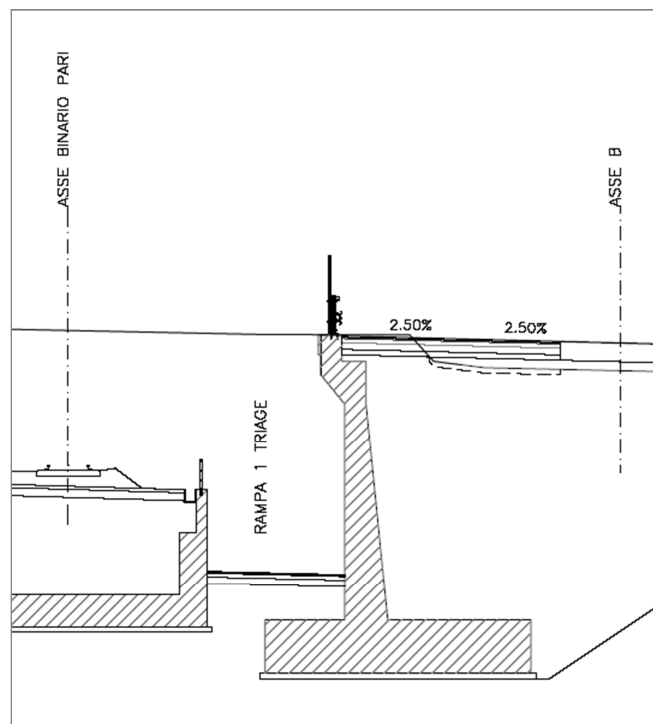


Figura 3: Sezione del muro in oggetto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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 Vesic:

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

dove:

- c' è la coesione efficace del terreno di fondazione;
- φ' è l'angolo d'attrito interno del terreno di fondazione;
- γ 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 σ_{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	σ_{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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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 (mm²) a 82,5 cm da intrad.

Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000,0 (N/mm²)
 Modulo Elastico calcestruzzo = 33674,9 (N/mm²)
 Resistenza cubica del calcestruzzo: R_{ck} = 35,00 (N/mm²)
 Resistenza cubica iniziale (alla tesatura): R_{ckj} = 35,00 (N/mm²)
 Soglia di snervamento acciaio normale: F_{yk} = 450,00 (N/mm²)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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_{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/mm²)
Acciaio normale = 391,30 (N/mm²)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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 (mm²) a 100,0 cm da intrad.

Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000,0 (N/mm²)
Modulo Elastico calcestruzzo = 33674,9 (N/mm²)
Resistenza cubica del calcestruzzo: $R_{ck} = 35,00$ (N/mm²)
Resistenza cubica iniziale (alla tesatura): $R_{ckj} = 35,00$ (N/mm²)
Soglia di snervamento acciaio normale: $F_{yk} = 450,00$ (N/mm²)

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/mm²)
Acciaio normale = 391,30 (N/mm²)

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 $M_r/M_d = 1,108$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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 (mm²) a 72,5 cm da intrad.

Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000,0 (N/mm²)
Modulo Elastico calcestruzzo = 33674,9 (N/mm²)
Resistenza cubica del calcestruzzo: R_{ck} = 35,00 (N/mm²)
Resistenza cubica iniziale (alla tesatura): R_{ckj} = 35,00 (N/mm²)
Soglia di snervamento acciaio normale: F_{yk} = 450,00 (N/mm²)

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 : γ_c = 1,500
Coefficiente di sicurezza acciaio : γ_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/mm²)
Acciaio normale = 391,30 (N/mm²)

Convenzioni di segno

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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 (mm²) a 75,0 cm da intrad.

Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000,0 (N/mm²)
Modulo Elastico calcestruzzo = 33674,9 (N/mm²)
Resistenza cubica del calcestruzzo: R_{ck} = 35,00 (N/mm²)
Resistenza cubica iniziale (alla tesatura): R_{ckj} = 35,00 (N/mm²)
Soglia di snervamento acciaio normale: F_{yk} = 450,00 (N/mm²)

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 : γ_c = 1,500
Coefficiente di sicurezza acciaio : γ_s = 1,150
Termine di lunga durata : F_1 = 0,850

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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/mm²)

Acciaio normale = 391,30 (N/mm²)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ϑ α A_{sw} s $f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$ α_c	inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento con la limitazione $1.0 \leq \text{ctg } \vartheta \leq 2.5$ inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento area dell'armatura trasversale interasse tra due armature trasversali consecutive resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima coefficiente maggiorativi pari a: 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:

ϑ_1	angolo di inclinazione della prima fessurazione ricavato come $\cot \vartheta_1 = \tau / \sigma_1$
τ	tensione tangenziale sulla corda baricentrica della sezione interamente reagente
σ_1	tensione principale di trazione sulla corda baricentrica della sezione interamente reagente.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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 ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	28	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	15,87	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	391,30	N/mm ²

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 ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0,0048	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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 (≤ 0.02)

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

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

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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 (≤ 2)		k	=	1,32	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls		v_{min}	=	0,28	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)		σ_{cp}	=	0,00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima		V_{Rd,min}	=	545,33	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)		V_{Rd}	=	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		α	=	90	°
Diametro ferri a taglio		\varnothing_{sw}	=	12	mm
Numero dei bracci in sezione trasversale		n_{sw}	=	4	--
Passo in direzione asse elemento		s	=	250	mm
Area totale di armatura a taglio		A_{sw}	=	452	mm ²

Fattori di resistenza a compressione:

Angolo di inclinazione dei puntoni di cls		θ	=	45	°
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima		f'_{cd}	=	7,93	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione		σ_{cp}	=	0,00	N/mm ²
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse		α_c	=	1,00	--

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura		V_{Rsd}	=	1234,62	kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls		V_{Rcd}	=	6922,23	kN
Resistenza ultima a taglio		V_{Rd}	=	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		R_{ck}	=	35	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls		f_{ck}	=	28	N/mm ²

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><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	$f_{cd} = 15,87 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$

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

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

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	$d = 1389 \text{ mm}$
Larghezza minima della sezione	$b_w = 1000 \text{ mm}$

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	$\varnothing = 24 \text{ mm}$
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n = 10 \text{ --}$
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl} = 4520 \text{ mm}^2$
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	$\rho_l = 0,0033 \text{ --}$

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

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

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	$\alpha = 90 \text{ }^\circ$
Diametro ferri a taglio	$\varnothing_{sw} = 12 \text{ mm}$
Numero dei bracci in sezione trasversale	$n_{sw} = 3 \text{ --}$
Passo in direzione asse elemento	$s = 250 \text{ mm}$
Area totale di armatura a taglio	$A_{sw} = 339 \text{ mm}^2$

Fattori di resistenza a compressione:

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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.	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">V_{Rsd}</td> <td style="width: 10%;">=</td> <td style="width: 10%;">663,31</td> <td style="width: 10%;">kN</td> </tr> <tr> <td>V_{Rcd}</td> <td>=</td> <td>4958,73</td> <td>kN</td> </tr> <tr> <td>V_{Rd}</td> <td>=</td> <td>663,31</td> <td>kN</td> </tr> </table>	V_{Rsd}	=	663,31	kN	V_{Rcd}	=	4958,73	kN	V_{Rd}	=	663,31	kN
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 ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	28	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	15,87	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	391,30	N/mm ²

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 ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0,0031	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

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

VERIFICA NON SODDISFATTA:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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	\varnothing_{sw}	=	12 mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	n_{sw}	=	4 --
Passo in direzione asse elemento	s	=	250 mm
Area totale di armatura a taglio	A_{sw}	=	452 mm ²

Fattori di resistenza a compressione:

Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	θ	=	45 °
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	f'_{cd}	=	7,93 N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	=	0,00 N/mm ²
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse	α_c	=	1,00 --

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura	V_{Rsd}	=	915,62 kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls	V_{Rcd}	=	5133,66 kN
Resistenza ultima a taglio	V_{Rd}	=	915,62 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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 (mm²) 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/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 205,99(N/mm²)
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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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 (mm²) 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/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 246,40(N/mm²)
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 (mm²) a 72,5 cm da intrad.

Convenzioni di segno

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 210,62(N/mm²)
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 (mm²) 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/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 221,62(N/mm²)
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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 (mm²) 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⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 28,8 kg/cm²

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/mm²)

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/mm²)

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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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						

10.4.2 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 (mm²) 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⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 28,8 kg/cm²

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/mm²)

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/mm²)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_F0	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

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 (mm²) 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⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 28,8 kg/cm²

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/mm²)

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/mm²)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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 (mm²) 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⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 28,8 kg/cm²

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/mm²)

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/mm²)

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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11 ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE

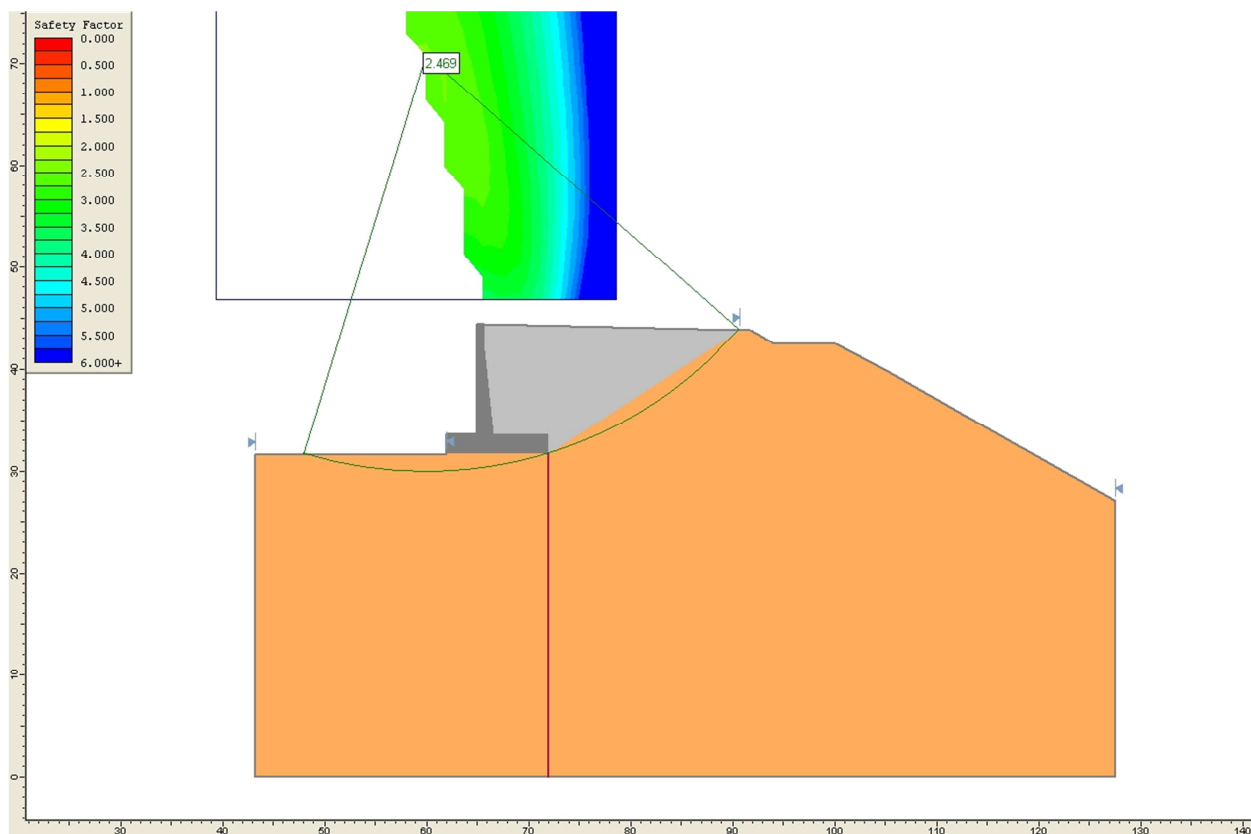
Al fine di valutare le condizioni di stabilità globale del versante in cui si inserisce l'opera in progetto sono state condotte analisi di stabilità all'equilibrio limite con il metodo di Bishop, basato sull'equilibrio dei momenti e delle forze verticali, con risultante delle forze tra i conci contigui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



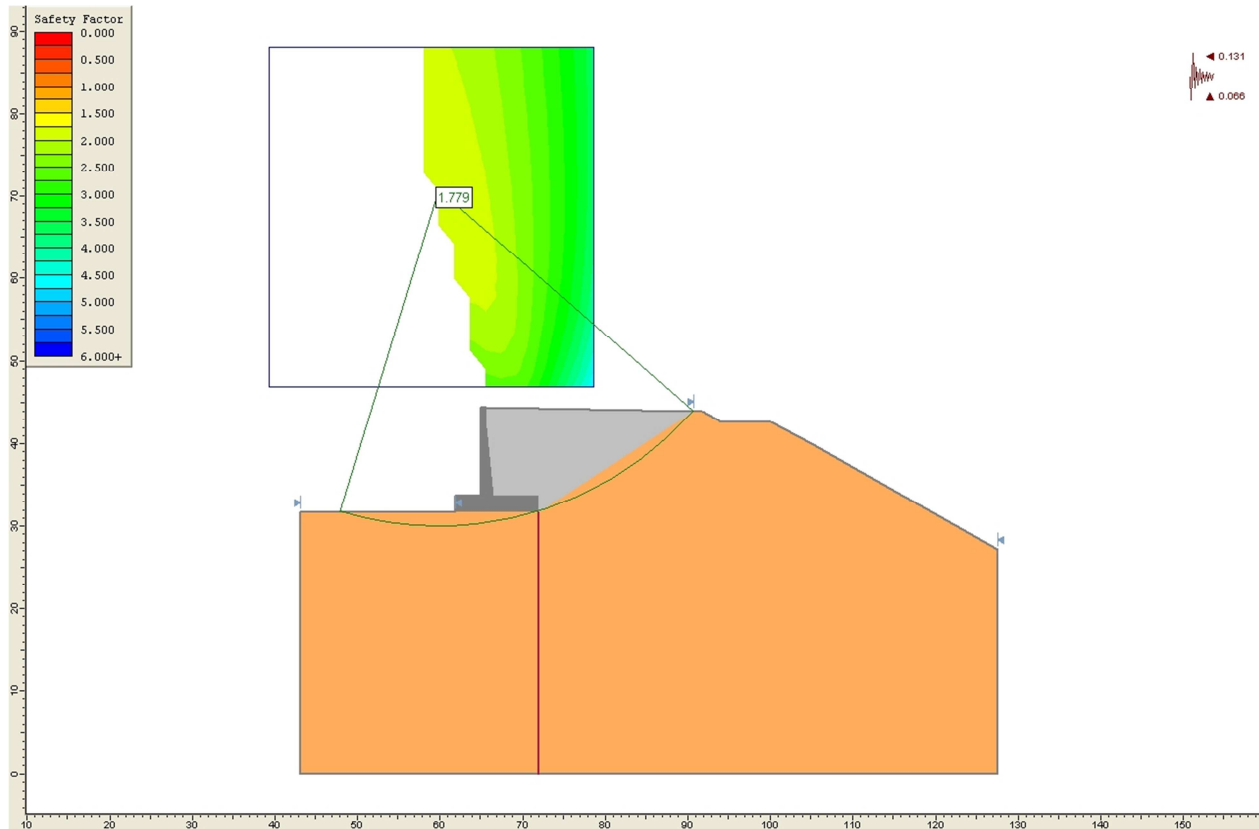
Analisi di stabilità caso statico: FS=2.469

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

Codice documento
CS0590_F0

Rev
F0

Data
20/06/2011



Analisi di stabilità caso sismico: FS=1.779

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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 TABULATI DI CALCOLO

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

Slide Analysis Information

Document Name

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

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified
Janbu simplified
Ordinary/Fellenius
Spencer

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

Surface Options

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

Material Properties

Material: ril

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

Material: c.a.

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 25 kN/m³

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

Material: congPezzo

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21.5 kN/m³
Cohesion: 16 kPa
Friction Angle: 33 degrees
Water Surface: None

List of All Coordinates

Material Boundary

65.70044.382
65.70041.821
66.51533.671

Material Boundary

66.51533.671
71.90033.671
71.90031.671

Material Boundary

61.90031.671
71.90031.671
90.68043.858

External Boundary

105.000	39.944
100.098	42.535
94.02642.535	
91.75043.835	
90.68043.858	
65.70044.382	
64.90044.398	
64.90041.821	
64.90033.671	
61.90033.671	
61.90031.671	
43.10031.671	
43.1000.000	
105.000	0.000
127.483	0.000
127.483	27.097

Focus/Block Search Line

71.900-0.000
71.90031.671

Search Grid

39.29446.862
78.58146.862
78.58188.124
39.29488.124

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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							
Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety				
39.294	46.862	51.474	-1000.00000	43.035	77.266	58.190	-1000.00000
39.294	49.034	51.646	-1000.00000	43.035	79.437	59.463	-1000.00000
39.294	51.205	51.909	-1000.00000	43.035	81.609	60.788	-1000.00000
39.294	53.377	52.260	-1000.00000	43.035	83.781	62.160	-1000.00000
39.294	55.549	52.699	-1000.00000	43.035	85.952	63.576	-1000.00000
39.294	57.721	53.223	-1000.00000	43.035	88.124	65.034	-1000.00000
39.294	59.892	53.829	-1000.00000	44.906	46.862	45.872	-1000.00000
39.294	62.064	54.516	-1000.00000	44.906	49.034	46.065	-1000.00000
39.294	64.236	55.279	-1000.00000	44.906	51.205	46.359	-1000.00000
39.294	66.407	56.116	-1000.00000	44.906	53.377	46.753	-1000.00000
39.294	68.579	57.023	-1000.00000	44.906	55.549	47.243	-1000.00000
39.294	70.751	57.998	-1000.00000	44.906	57.721	47.827	-1000.00000
39.294	72.922	59.036	-1000.00000	44.906	59.892	48.501	-1000.00000
39.294	75.094	60.135	-1000.00000	44.906	62.064	49.261	-1000.00000
39.294	77.266	61.291	-1000.00000	44.906	64.236	50.104	-1000.00000
39.294	79.437	62.501	-1000.00000	44.906	66.407	51.026	-1000.00000
39.294	81.609	63.763	-1000.00000	44.906	68.579	52.022	-1000.00000
39.294	83.781	65.072	-1000.00000	44.906	70.751	53.089	-1000.00000
39.294	85.952	66.426	-1000.00000	44.906	72.922	54.221	-1000.00000
39.294	88.124	67.823	-1000.00000	44.906	75.094	55.416	-1000.00000
41.164	46.862	49.606	-1000.00000	44.906	77.266	56.668	-1000.00000
41.164	49.034	49.785	-1000.00000	44.906	79.437	57.975	-1000.00000
41.164	51.205	50.057	-1000.00000	44.906	81.609	59.333	-1000.00000
41.164	53.377	50.422	-1000.00000	44.906	83.781	60.737	-1000.00000
41.164	55.549	50.877	-1000.00000	44.906	85.952	62.186	-1000.00000
41.164	57.721	51.419	-1000.00000	44.906	88.124	63.677	-1000.00000
41.164	59.892	52.047	-1000.00000	46.777	46.862	44.005	-1000.00000
41.164	62.064	52.756	-1000.00000	46.777	49.034	44.207	-1000.00000
41.164	64.236	53.544	-1000.00000	46.777	51.205	44.513	-1000.00000
41.164	66.407	54.408	-1000.00000	46.777	53.377	44.923	-1000.00000
41.164	68.579	55.343	-1000.00000	46.777	55.549	45.433	-1000.00000
41.164	70.751	56.347	-1000.00000	46.777	57.721	46.039	-1000.00000
41.164	72.922	57.415	-1000.00000	46.777	59.892	46.739	-1000.00000
41.164	75.094	58.544	-1000.00000	46.777	62.064	47.528	-1000.00000
41.164	77.266	59.731	-1000.00000	46.777	64.236	48.401	-1000.00000
41.164	79.437	60.972	-1000.00000	46.777	66.407	49.355	-1000.00000
41.164	81.609	62.265	-1000.00000	46.777	68.579	50.384	-1000.00000
41.164	83.781	63.605	-1000.00000	46.777	70.751	51.485	-1000.00000
41.164	85.952	64.990	-1000.00000	46.777	72.922	52.651	-1000.00000
41.164	88.124	66.417	-1000.00000	46.777	75.094	53.881	-1000.00000
43.035	46.862	47.739	-1000.00000	46.777	77.266	55.168	-1000.00000
43.035	49.034	47.925	-1000.00000	46.777	79.437	56.510	-1000.00000
43.035	51.205	48.207	-1000.00000	46.777	81.609	57.902	-1000.00000
43.035	53.377	48.586	-1000.00000	46.777	83.781	59.340	-1000.00000
43.035	55.549	49.058	-1000.00000	46.777	85.952	60.823	-1000.00000
43.035	57.721	49.620	-1000.00000	46.777	88.124	62.345	-1000.00000
43.035	59.892	50.270	-1000.00000	48.648	46.862	42.139	-1000.00000
43.035	62.064	51.004	-1000.00000	48.648	49.034	42.349	-1000.00000
43.035	64.236	51.819	-1000.00000	48.648	51.205	42.669	-1000.00000
43.035	66.407	52.711	-1000.00000	48.648	53.377	43.096	-1000.00000
43.035	68.579	53.676	-1000.00000	48.648	55.549	43.627	-1000.00000
43.035	70.751	54.710	-1000.00000	48.648	57.721	44.259	-1000.00000
43.035	72.922	55.810	-1000.00000	48.648	59.892	44.986	-1000.00000
43.035	75.094	56.971	-1000.00000	48.648	62.064	45.805	-1000.00000
				48.648	64.236	46.711	-1000.00000
				48.648	66.407	47.698	-1000.00000
				48.648	68.579	48.763	-1000.00000

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

Codice documento
CS0590_F0

Rev
F0

Data
20/06/2011

48.648	70.751	49.899	-1000.00000	54.260	75.094	47.980	-1000.00000
48.648	72.922	51.102	-1000.00000	54.260	77.266	49.421	-1000.00000
48.648	75.094	52.368	-1000.00000	54.260	79.437	50.919	-1000.00000
48.648	77.266	53.691	-1000.00000	54.260	81.609	52.961	-1000.00000
48.648	79.437	55.069	-1000.00000	54.260	83.781	55.014	-1000.00000
48.648	81.609	56.496	-1000.00000	54.260	85.952	57.075	-1000.00000
48.648	83.781	57.970	-1000.00000	54.260	88.124	59.144	-1000.00000
48.648	85.952	59.486	-1000.00000	56.131	46.862	34.679	-1000.00000
48.648	88.124	61.054	-1000.00000	56.131	49.034	34.934	-1000.00000
50.519	46.862	40.273	-1000.00000	56.131	51.205	35.321	-1000.00000
50.519	49.034	40.493	-1000.00000	56.131	53.377	35.836	-1000.00000
50.519	51.205	40.828	-1000.00000	56.131	55.549	36.473	-1000.00000
50.519	53.377	41.274	-1000.00000	56.131	57.721	37.226	-1000.00000
50.519	55.549	41.828	-1000.00000	56.131	59.892	38.088	-1000.00000
50.519	57.721	42.486	-1000.00000	56.131	62.064	39.052	-1000.00000
50.519	59.892	43.243	-1000.00000	56.131	64.236	40.110	-1000.00000
50.519	62.064	44.095	-1000.00000	56.131	66.407	41.256	-1000.00000
50.519	64.236	45.035	-1000.00000	56.131	68.579	42.482	-1000.00000
50.519	66.407	46.058	-1000.00000	56.131	70.751	43.781	-1000.00000
50.519	68.579	47.160	-1000.00000	56.131	72.922	45.148	-1000.00000
50.519	70.751	48.333	-1000.00000	56.131	75.094	46.576	-1000.00000
50.519	72.922	49.575	-1000.00000	56.131	77.266	48.244	-1000.00000
50.519	75.094	50.878	-1000.00000	56.131	79.437	50.301	-1000.00000
50.519	77.266	52.240	-1000.00000	56.131	81.609	52.368	-1000.00000
50.519	79.437	53.654	-1000.00000	56.131	83.781	54.443	-1000.00000
50.519	81.609	55.118	-1000.00000	56.131	85.952	56.525	-1000.00000
50.519	83.781	56.628	-1000.00000	56.131	88.124	58.614	-1000.00000
50.519	85.952	58.340	-1000.00000	58.002	46.862	32.815	-1000.00000
50.519	88.124	60.366	-1000.00000	58.002	49.034	33.085	-1000.00000
52.389	46.862	38.408	-1000.00000	58.002	51.205	33.493	-1000.00000
52.389	49.034	38.638	-1000.00000	58.002	53.377	34.036	-1000.00000
52.389	51.205	38.989	-1000.00000	58.002	55.549	34.706	-1000.00000
52.389	53.377	39.456	-1000.00000	58.002	57.721	35.496	-1000.00000
52.389	55.549	40.035	-1000.00000	58.002	59.892	36.400	-1000.00000
52.389	57.721	40.722	-1000.00000	58.002	62.064	37.407	-1000.00000
52.389	59.892	41.512	-1000.00000	58.002	64.236	38.511	-1000.00000
52.389	62.064	42.398	-1000.00000	58.002	66.407	39.703	-1000.00000
52.389	64.236	43.375	-1000.00000	58.002	68.579	40.975	-1000.00000
52.389	66.407	44.437	-1000.00000	58.002	70.751	42.321	-1000.00000
52.389	68.579	45.577	-1000.00000	58.002	72.922	43.733	2.53322
52.389	70.751	46.791	-1000.00000	58.002	75.094	45.592	2.54206
52.389	72.922	48.072	-1000.00000	58.002	77.266	47.665	2.58298
52.389	75.094	49.415	-1000.00000	58.002	79.437	49.747	2.62591
52.389	77.266	50.815	-1000.00000	58.002	81.609	51.835	2.67088
52.389	79.437	52.269	-1000.00000	58.002	83.781	53.931	2.71848
52.389	81.609	53.771	-1000.00000	58.002	85.952	56.032	2.76830
52.389	83.781	55.642	-1000.00000	58.002	88.124	58.138	2.82021
52.389	85.952	57.681	-1000.00000	59.873	46.862	30.953	-1000.00000
52.389	88.124	59.729	-1000.00000	59.873	49.034	31.239	-1000.00000
54.260	46.862	36.543	-1000.00000	59.873	51.205	31.671	-1000.00000
54.260	49.034	36.785	-1000.00000	59.873	53.377	32.244	-1000.00000
54.260	51.205	37.153	-1000.00000	59.873	55.549	32.951	-1000.00000
54.260	53.377	37.643	-1000.00000	59.873	57.721	33.782	-1000.00000
54.260	55.549	38.250	-1000.00000	59.873	59.892	34.730	-1000.00000
54.260	57.721	38.968	-1000.00000	59.873	62.064	35.784	-1000.00000
54.260	59.892	39.793	-1000.00000	59.873	64.236	36.937	-1000.00000
54.260	62.064	40.716	-1000.00000	59.873	66.407	38.178	2.58385
54.260	64.236	41.733	-1000.00000	59.873	68.579	39.499	2.51854
54.260	66.407	42.835	-1000.00000	59.873	70.751	40.893	2.46919
54.260	68.579	44.017	-1000.00000	59.873	72.922	42.968	2.51682
54.260	70.751	45.272	-1000.00000	59.873	75.094	45.057	2.56405
54.260	72.922	46.595	-1000.00000	59.873	77.266	47.154	2.61598

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

Codice documento
CS0590_F0

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

59.873	79.437	49.257	2.66861	65.485	83.781	52.503	3.34830
59.873	81.609	51.365	2.72371	65.485	85.952	54.659	3.41764
59.873	83.781	53.479	2.78082	65.485	88.124	56.816	3.48552
59.873	85.952	55.597	2.84143	67.356	46.862	23.516	3.52011
59.873	88.124	57.720	2.90195	67.356	49.034	23.891	3.23049
61.744	46.862	29.091	-1000.00000	67.356	51.205	24.453	3.02779
61.744	49.034	29.395	-1000.00000	67.356	53.377	25.191	2.90383
61.744	51.205	29.854	-1000.00000	67.356	55.549	26.090	2.84440
61.744	53.377	30.462	-1000.00000	67.356	57.721	27.132	2.85258
61.744	55.549	31.208	-1000.00000	67.356	59.892	28.743	2.90533
61.744	57.721	32.085	-1000.00000	67.356	62.064	30.878	2.95596
61.744	59.892	33.082	2.71511	67.356	64.236	33.018	3.01450
61.744	62.064	34.187	2.61591	67.356	66.407	35.162	3.08173
61.744	64.236	35.391	2.53738	67.356	68.579	37.309	3.15550
61.744	66.407	36.685	2.48944	67.356	70.751	39.458	3.23493
61.744	68.579	38.279	2.48832	67.356	72.922	41.610	3.31235
61.744	70.751	40.377	2.54160	67.356	75.094	43.764	3.38792
61.744	72.922	42.483	2.59341	67.356	77.266	45.919	3.46162
61.744	75.094	44.594	2.65061	67.356	79.437	48.076	3.53351
61.744	77.266	46.712	2.71073	67.356	81.609	50.763	3.60234
61.744	79.437	48.834	2.77321	67.356	83.781	52.902	3.66914
61.744	81.609	50.960	2.83909	67.356	85.952	55.044	3.73629
61.744	83.781	53.090	2.90563	67.356	88.124	57.188	3.80534
61.744	85.952	55.223	2.97292	69.227	46.862	21.662	3.55720
61.744	88.124	57.359	3.03737	69.227	49.034	22.068	3.33404
63.614	46.862	27.231	-1000.00000	69.227	51.205	22.676	3.21838
63.614	49.034	27.556	-1000.00000	69.227	53.377	23.470	3.20104
63.614	51.205	28.045	3.23784	69.227	55.549	26.018	3.21118
63.614	53.377	28.690	3.00843	69.227	57.721	28.043	3.24594
63.614	55.549	29.482	2.83736	69.227	59.892	30.087	3.29840
63.614	57.721	30.409	2.70163	69.227	62.064	32.145	3.36400
63.614	59.892	31.458	2.61052	69.227	64.236	34.215	3.43150
63.614	62.064	32.619	2.55228	69.227	66.407	36.297	3.49908
63.614	64.236	33.879	2.52509	69.227	68.579	38.387	3.56627
63.614	66.407	35.710	2.55915	69.227	70.751	40.485	3.63546
63.614	68.579	37.826	2.61961	69.227	72.922	42.590	3.70451
63.614	70.751	39.948	2.67962	69.227	75.094	45.364	3.77261
63.614	72.922	42.075	2.74359	69.227	77.266	46.816	3.83869
63.614	75.094	44.206	2.81068	69.227	79.437	48.937	3.90667
63.614	77.266	46.341	2.88127	69.227	81.609	51.061	3.97784
63.614	79.437	48.479	2.95259	69.227	83.781	53.189	4.05174
63.614	81.609	50.620	3.02359	69.227	85.952	55.320	4.12792
63.614	83.781	52.764	3.09327	69.227	88.124	57.454	4.20592
63.614	85.952	54.910	3.16165	71.098	46.862	19.811	3.92635
63.614	88.124	57.057	3.22868	71.098	49.034	21.523	3.79849
65.485	46.862	25.373	3.64711	71.098	51.205	22.846	3.73216
65.485	49.034	25.720	3.32281	71.098	53.377	24.759	3.71174
65.485	51.205	26.244	3.06874	71.098	55.549	26.709	3.72992
65.485	53.377	26.933	2.88701	71.098	57.721	28.687	3.76513
65.485	55.549	27.775	2.75673	71.098	59.892	30.689	3.81185
65.485	57.721	28.756	2.67508	71.098	62.064	32.711	3.86326
65.485	59.892	29.864	2.64187	71.098	64.236	34.749	3.91804
65.485	62.064	31.084	2.65058	71.098	66.407	37.669	3.96847
65.485	64.236	33.190	2.70962	71.098	68.579	39.694	4.02205
65.485	66.407	35.323	2.76839	71.098	70.751	41.732	4.08307
65.485	68.579	37.461	2.83085	71.098	72.922	43.782	4.15020
65.485	70.751	39.602	2.90053	71.098	75.094	45.842	4.22239
65.485	72.922	41.747	2.97427	71.098	77.266	47.212	4.29861
65.485	75.094	43.894	3.05194	71.098	79.437	49.316	4.37663
65.485	77.266	46.043	3.12775	71.098	81.609	51.425	4.45766
65.485	79.437	48.195	3.20190	71.098	83.781	53.539	4.54128
65.485	81.609	50.348	3.27742	71.098	85.952	55.657	4.62714

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

71.098	88.124	57.779	4.71492	76.710	46.862	25.916	6.81273
72.969	46.862	21.738	4.68795	76.710	49.034	27.324	6.55023
72.969	49.034	21.986	4.54391	76.710	51.205	27.386	6.36348
72.969	51.205	25.099	4.46555	76.710	53.377	29.024	6.24005
72.969	53.377	26.876	4.41949	76.710	55.549	30.724	6.17417
72.969	55.549	28.702	4.39835	76.710	57.721	32.477	6.15116
72.969	57.721	30.569	4.39473	76.710	59.892	34.274	6.16025
72.969	59.892	32.469	4.40383	76.710	62.064	36.110	6.19413
72.969	62.064	34.399	4.42831	76.710	64.236	37.979	6.24877
72.969	64.236	36.353	4.46851	76.710	66.407	39.876	6.32007
72.969	66.407	38.328	4.52127	76.710	68.579	41.798	6.40408
72.969	68.579	40.321	4.58385	76.710	70.751	43.742	6.49843
72.969	70.751	42.330	4.65428	76.710	72.922	45.705	6.60133
72.969	72.922	44.354	4.73101	76.710	75.094	47.685	6.71136
72.969	75.094	46.390	4.81303	76.710	77.266	49.680	6.82740
72.969	77.266	48.436	4.89939	76.710	79.437	51.689	6.94854
72.969	79.437	50.492	4.98923	76.710	81.609	53.709	7.07404
72.969	81.609	52.557	5.08208	76.710	83.781	55.740	7.20323
72.969	83.781	53.951	5.17727	76.710	85.952	57.781	7.33555
72.969	85.952	56.054	5.27446	76.710	88.124	59.830	7.47063
72.969	88.124	58.161	5.37348	78.581	46.862	27.372	8.47823
74.839	46.862	23.001	5.70485	78.581	49.034	28.704	8.18380
74.839	49.034	24.558	5.47463	78.581	51.205	28.650	7.95921
74.839	51.205	26.198	5.31590	78.581	53.377	30.219	7.81827
74.839	53.377	27.906	5.20707	78.581	55.549	31.855	7.74218
74.839	55.549	29.670	5.14618	78.581	57.721	33.549	7.71507
74.839	57.721	31.481	5.12472	78.581	59.892	35.293	7.72563
74.839	59.892	33.331	5.13264	78.581	62.064	37.079	7.76579
74.839	62.064	35.215	5.16268	78.581	64.236	38.902	7.82955
74.839	64.236	37.127	5.20975	78.581	66.407	40.758	7.91239
74.839	66.407	39.065	5.27025	78.581	68.579	42.641	8.01072
74.839	68.579	41.024	5.34151	78.581	70.751	44.549	8.12176
74.839	70.751	43.001	5.42147	78.581	72.922	46.479	8.24339
74.839	72.922	44.996	5.50856	78.581	75.094	48.428	8.37395
74.839	75.094	47.005	5.60175	78.581	77.266	50.395	8.51205
74.839	77.266	49.027	5.70004	78.581	79.437	52.376	8.65659
74.839	79.437	51.060	5.80259	78.581	81.609	54.372	8.80666
74.839	81.609	53.103	5.90883	78.581	83.781	56.380	8.96146
74.839	83.781	55.156	6.01818	78.581	85.952	58.399	9.12030
74.839	85.952	57.217	6.13019	78.581	88.124	60.428	9.28275
74.839	88.124	59.286	6.24450				

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		Codice documento CS0590_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Rev</th> <th style="text-align: center;">Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
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 A 0+282 0+420-Sez S1-sismica.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Failure Direction: Right to Left
 Units of Measurement: SI Units
 Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
 Groundwater Method: Water Surfaces
 Data Output: Standard
 Calculate Excess Pore Pressure: Off
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
 Random Numbers: Pseudo-random Seed
 Random Number Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

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

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

Surface Options

Surface Type: Circular
 Search Method: Grid Search
 Radius increment: 10
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: 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/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 32 degrees
 Water Surface: None

Material: c.a.

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

Material: congPezzo

Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21.5 kN/m³
 Cohesion: 16 kPa
 Friction Angle: 33 degrees
 Water Surface: None

List of All Coordinates

Material Boundary

65.70044.382
 65.70041.821
 66.51533.671

Material Boundary

66.51533.671
 71.90033.671
 71.90031.671

Material Boundary

61.90031.671
 71.90031.671
 90.68043.858

External Boundary

105.000	39.944
100.098	42.535
94.02642.535	
91.75043.835	
90.68043.858	
65.70044.382	
64.90044.398	
64.90041.821	
64.90033.671	
61.90033.671	
61.90031.671	
43.10031.671	
43.1000.000	
105.000	0.000
127.483	0.000
127.483	27.097

Focus/Block Search Line

71.900-0.000
 71.90031.671

Search Grid

39.29446.862
 78.58146.862
 78.58188.124
 39.29488.124

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO ASSE A DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0590_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				43.035	79.437	59.463	-1000.00000
Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety	43.035	81.609	60.788	-1000.00000
39.294	46.862	51.474	-1000.00000	43.035	83.781	62.160	-1000.00000
39.294	49.034	51.646	-1000.00000	43.035	85.952	63.576	-1000.00000
39.294	51.205	51.909	-1000.00000	43.035	88.124	65.034	-1000.00000
39.294	53.377	52.260	-1000.00000	44.906	46.862	45.872	-1000.00000
39.294	55.549	52.699	-1000.00000	44.906	49.034	46.065	-1000.00000
39.294	57.721	53.223	-1000.00000	44.906	51.205	46.359	-1000.00000
39.294	59.892	53.829	-1000.00000	44.906	53.377	46.753	-1000.00000
39.294	62.064	54.516	-1000.00000	44.906	55.549	47.243	-1000.00000
39.294	64.236	55.279	-1000.00000	44.906	57.721	47.827	-1000.00000
39.294	66.407	56.116	-1000.00000	44.906	59.892	48.501	-1000.00000
39.294	68.579	57.023	-1000.00000	44.906	62.064	49.261	-1000.00000
39.294	70.751	57.998	-1000.00000	44.906	64.236	50.104	-1000.00000
39.294	72.922	59.036	-1000.00000	44.906	66.407	51.026	-1000.00000
39.294	75.094	60.135	-1000.00000	44.906	68.579	52.022	-1000.00000
39.294	77.266	61.291	-1000.00000	44.906	70.751	53.089	-1000.00000
39.294	79.437	62.501	-1000.00000	44.906	72.922	54.221	-1000.00000
39.294	81.609	63.763	-1000.00000	44.906	75.094	55.416	-1000.00000
39.294	83.781	65.072	-1000.00000	44.906	77.266	56.668	-1000.00000
39.294	85.952	66.426	-1000.00000	44.906	79.437	57.975	-1000.00000
39.294	88.124	67.823	-1000.00000	44.906	81.609	59.333	-1000.00000
41.164	46.862	49.606	-1000.00000	44.906	83.781	60.737	-1000.00000
41.164	49.034	49.785	-1000.00000	44.906	85.952	62.186	-1000.00000
41.164	51.205	50.057	-1000.00000	44.906	88.124	63.677	-1000.00000
41.164	53.377	50.422	-1000.00000	46.777	46.862	44.005	-1000.00000
41.164	55.549	50.877	-1000.00000	46.777	49.034	44.207	-1000.00000
41.164	57.721	51.419	-1000.00000	46.777	51.205	44.513	-1000.00000
41.164	59.892	52.047	-1000.00000	46.777	53.377	44.923	-1000.00000
41.164	62.064	52.756	-1000.00000	46.777	55.549	45.433	-1000.00000
41.164	64.236	53.544	-1000.00000	46.777	57.721	46.039	-1000.00000
41.164	66.407	54.408	-1000.00000	46.777	59.892	46.739	-1000.00000
41.164	68.579	55.343	-1000.00000	46.777	62.064	47.528	-1000.00000
41.164	70.751	56.347	-1000.00000	46.777	64.236	48.401	-1000.00000
41.164	72.922	57.415	-1000.00000	46.777	66.407	49.355	-1000.00000
41.164	75.094	58.544	-1000.00000	46.777	68.579	50.384	-1000.00000
41.164	77.266	59.731	-1000.00000	46.777	70.751	51.485	-1000.00000
41.164	79.437	60.972	-1000.00000	46.777	72.922	52.651	-1000.00000
41.164	81.609	62.265	-1000.00000	46.777	75.094	53.881	-1000.00000
41.164	83.781	63.605	-1000.00000	46.777	77.266	55.168	-1000.00000
41.164	85.952	64.990	-1000.00000	46.777	79.437	56.510	-1000.00000
41.164	88.124	66.417	-1000.00000	46.777	81.609	57.902	-1000.00000
43.035	46.862	47.739	-1000.00000	46.777	83.781	59.340	-1000.00000
43.035	49.034	47.925	-1000.00000	46.777	85.952	60.823	-1000.00000
43.035	51.205	48.207	-1000.00000	46.777	88.124	62.345	-1000.00000
43.035	53.377	48.586	-1000.00000	48.648	46.862	42.139	-1000.00000
43.035	55.549	49.058	-1000.00000	48.648	49.034	42.349	-1000.00000
43.035	57.721	49.620	-1000.00000	48.648	51.205	42.669	-1000.00000
43.035	59.892	50.270	-1000.00000	48.648	53.377	43.096	-1000.00000
43.035	62.064	51.004	-1000.00000	48.648	55.549	43.627	-1000.00000
43.035	64.236	51.819	-1000.00000	48.648	57.721	44.259	-1000.00000
43.035	66.407	52.711	-1000.00000	48.648	59.892	44.986	-1000.00000
43.035	68.579	53.676	-1000.00000	48.648	62.064	45.805	-1000.00000
43.035	70.751	54.710	-1000.00000	48.648	64.236	46.711	-1000.00000
43.035	72.922	55.810	-1000.00000	48.648	66.407	47.698	-1000.00000
43.035	75.094	56.971	-1000.00000	48.648	68.579	48.763	-1000.00000
43.035	77.266	58.190	-1000.00000	48.648	70.751	49.899	-1000.00000

48.648	72.922	51.102	-1000.00000	54.260	77.266	49.421	-1000.00000
48.648	75.094	52.368	-1000.00000	54.260	79.437	50.919	-1000.00000
48.648	77.266	53.691	-1000.00000	54.260	81.609	52.961	-1000.00000
48.648	79.437	55.069	-1000.00000	54.260	83.781	55.014	-1000.00000
48.648	81.609	56.496	-1000.00000	54.260	85.952	57.075	-1000.00000
48.648	83.781	57.970	-1000.00000	54.260	88.124	59.144	-1000.00000
48.648	85.952	59.486	-1000.00000	56.131	46.862	34.679	-1000.00000
48.648	88.124	61.054	-1000.00000	56.131	49.034	34.934	-1000.00000
50.519	46.862	40.273	-1000.00000	56.131	51.205	35.321	-1000.00000
50.519	49.034	40.493	-1000.00000	56.131	53.377	35.836	-1000.00000
50.519	51.205	40.828	-1000.00000	56.131	55.549	36.473	-1000.00000
50.519	53.377	41.274	-1000.00000	56.131	57.721	37.226	-1000.00000
50.519	55.549	41.828	-1000.00000	56.131	59.892	38.088	-1000.00000
50.519	57.721	42.486	-1000.00000	56.131	62.064	39.052	-1000.00000
50.519	59.892	43.243	-1000.00000	56.131	64.236	40.110	-1000.00000
50.519	62.064	44.095	-1000.00000	56.131	66.407	41.256	-1000.00000
50.519	64.236	45.035	-1000.00000	56.131	68.579	42.482	-1000.00000
50.519	66.407	46.058	-1000.00000	56.131	70.751	43.781	-1000.00000
50.519	68.579	47.160	-1000.00000	56.131	72.922	45.148	-1000.00000
50.519	70.751	48.333	-1000.00000	56.131	75.094	46.576	-1000.00000
50.519	72.922	49.575	-1000.00000	56.131	77.266	48.244	-1000.00000
50.519	75.094	50.878	-1000.00000	56.131	79.437	50.301	-1000.00000
50.519	77.266	52.240	-1000.00000	56.131	81.609	52.368	-1000.00000
50.519	79.437	53.654	-1000.00000	56.131	83.781	54.443	-1000.00000
50.519	81.609	55.118	-1000.00000	56.131	85.952	56.525	-1000.00000
50.519	83.781	56.628	-1000.00000	56.131	88.124	58.614	-1000.00000
50.519	85.952	58.340	-1000.00000	58.002	46.862	32.815	-1000.00000
50.519	88.124	60.366	-1000.00000	58.002	49.034	33.085	-1000.00000
52.389	46.862	38.408	-1000.00000	58.002	51.205	33.493	-1000.00000
52.389	49.034	38.638	-1000.00000	58.002	53.377	34.036	-1000.00000
52.389	51.205	38.989	-1000.00000	58.002	55.549	34.706	-1000.00000
52.389	53.377	39.456	-1000.00000	58.002	57.721	35.496	-1000.00000
52.389	55.549	40.035	-1000.00000	58.002	59.892	36.400	-1000.00000
52.389	57.721	40.722	-1000.00000	58.002	62.064	37.407	-1000.00000
52.389	59.892	41.512	-1000.00000	58.002	64.236	38.511	-1000.00000
52.389	62.064	42.398	-1000.00000	58.002	66.407	39.703	-1000.00000
52.389	64.236	43.375	-1000.00000	58.002	68.579	40.975	-1000.00000
52.389	66.407	44.437	-1000.00000	58.002	70.751	42.321	-1000.00000
52.389	68.579	45.577	-1000.00000	58.002	72.922	43.733	1.81373
52.389	70.751	46.791	-1000.00000	58.002	75.094	45.592	1.81315
52.389	72.922	48.072	-1000.00000	58.002	77.266	47.665	1.82925
52.389	75.094	49.415	-1000.00000	58.002	79.437	49.747	1.84613
52.389	77.266	50.815	-1000.00000	58.002	81.609	51.835	1.86401
52.389	79.437	52.269	-1000.00000	58.002	83.781	53.931	1.88319
52.389	81.609	53.771	-1000.00000	58.002	85.952	56.032	1.90340
52.389	83.781	55.642	-1000.00000	58.002	88.124	58.138	1.92458
52.389	85.952	57.681	-1000.00000	59.873	46.862	30.953	-1000.00000
52.389	88.124	59.729	-1000.00000	59.873	49.034	31.239	-1000.00000
54.260	46.862	36.543	-1000.00000	59.873	51.205	31.671	-1000.00000
54.260	49.034	36.785	-1000.00000	59.873	53.377	32.244	-1000.00000
54.260	51.205	37.153	-1000.00000	59.873	55.549	32.951	-1000.00000
54.260	53.377	37.643	-1000.00000	59.873	57.721	33.782	-1000.00000
54.260	55.549	38.250	-1000.00000	59.873	59.892	34.730	-1000.00000
54.260	57.721	38.968	-1000.00000	59.873	62.064	35.784	-1000.00000
54.260	59.892	39.793	-1000.00000	59.873	64.236	36.937	-1000.00000
54.260	62.064	40.716	-1000.00000	59.873	66.407	38.178	1.85619
54.260	64.236	41.733	-1000.00000	59.873	68.579	39.499	1.81288
54.260	66.407	42.835	-1000.00000	59.873	70.751	40.893	1.77907
54.260	68.579	44.017	-1000.00000	59.873	72.922	42.968	1.79842
54.260	70.751	45.272	-1000.00000	59.873	75.094	45.057	1.81717
54.260	72.922	46.595	-1000.00000	59.873	77.266	47.154	1.83834
54.260	75.094	47.980	-1000.00000	59.873	79.437	49.257	1.85967

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

Codice documento
CS0590_F0

Rev
F0

Data
20/06/2011

59.873	81.609	51.365	1.88214	65.485	85.952	54.659	2.15964
59.873	83.781	53.479	1.90546	65.485	88.124	56.816	2.18314
59.873	85.952	55.597	1.93085	67.356	46.862	23.516	2.59157
59.873	88.124	57.720	1.95605	67.356	49.034	23.891	2.37531
61.744	46.862	29.091	-1000.00000	67.356	51.205	24.453	2.21796
61.744	49.034	29.395	-1000.00000	67.356	53.377	25.191	2.11310
61.744	51.205	29.854	-1000.00000	67.356	55.549	26.090	2.04940
61.744	53.377	30.462	-1000.00000	67.356	57.721	27.132	2.02436
61.744	55.549	31.208	-1000.00000	67.356	59.892	28.743	2.02656
61.744	57.721	32.085	-1000.00000	67.356	62.064	30.878	2.03618
61.744	59.892	33.082	1.95937	67.356	64.236	33.018	2.05036
61.744	62.064	34.187	1.89048	67.356	66.407	35.162	2.06949
61.744	64.236	35.391	1.83520	67.356	68.579	37.309	2.09213
61.744	66.407	36.685	1.79872	67.356	70.751	39.458	2.11848
61.744	68.579	38.279	1.78897	67.356	72.922	41.610	2.14396
61.744	70.751	40.377	1.81025	67.356	75.094	43.764	2.16863
61.744	72.922	42.483	1.83015	67.356	77.266	45.919	2.19246
61.744	75.094	44.594	1.85297	67.356	79.437	48.076	2.21547
61.744	77.266	46.712	1.87718	67.356	81.609	50.235	2.23768
61.744	79.437	48.834	1.90240	67.356	83.781	52.394	2.25943
61.744	81.609	50.960	1.92949	67.356	85.952	54.554	2.27990
61.744	83.781	53.090	1.95690	67.356	88.124	56.716	2.29938
61.744	85.952	55.223	1.98444	69.227	46.862	21.662	2.61415
61.744	88.124	57.359	2.01024	69.227	49.034	22.068	2.43033
63.614	46.862	27.231	-1000.00000	69.227	51.205	22.676	2.31641
63.614	49.034	27.556	-1000.00000	69.227	53.377	23.470	2.26132
63.614	51.205	28.045	2.34409	69.227	55.549	26.018	2.24016
63.614	53.377	28.690	2.18348	69.227	57.721	27.060	2.22849
63.614	55.549	29.482	2.06166	69.227	59.892	29.156	2.22607
63.614	57.721	30.409	1.96420	69.227	62.064	31.263	2.23329
63.614	59.892	31.458	1.89587	69.227	64.236	33.378	2.24833
63.614	62.064	32.619	1.84852	69.227	66.407	35.500	2.26583
63.614	64.236	33.879	1.81938	69.227	68.579	37.628	2.28378
63.614	66.407	35.710	1.82640	69.227	70.751	39.760	2.30185
63.614	68.579	37.826	1.84971	69.227	72.922	41.896	2.31990
63.614	70.751	39.948	1.87230	69.227	75.094	44.036	2.33772
63.614	72.922	42.075	1.89691	69.227	77.266	46.179	2.35565
63.614	75.094	44.206	1.92296	69.227	79.437	48.324	2.37277
63.614	77.266	46.341	1.95078	69.227	81.609	50.472	2.38968
63.614	79.437	48.479	1.97915	69.227	83.781	52.622	2.40789
63.614	81.609	50.620	2.00711	69.227	85.952	54.773	2.42708
63.614	83.781	52.764	2.03415	69.227	88.124	56.926	2.44699
63.614	85.952	54.910	2.06031	71.098	46.862	19.811	2.81835
63.614	88.124	57.057	2.08558	71.098	49.034	21.523	2.67957
65.485	46.862	25.373	2.66202	71.098	51.205	22.846	2.58501
65.485	49.034	25.720	2.42984	71.098	53.377	24.759	2.52677
65.485	51.205	26.244	2.24589	71.098	55.549	26.709	2.49531
65.485	53.377	26.933	2.11068	71.098	57.721	28.687	2.47815
65.485	55.549	27.775	2.01047	71.098	59.892	30.689	2.47076
65.485	57.721	28.756	1.94214	71.098	62.064	32.711	2.46866
65.485	59.892	29.864	1.90354	71.098	64.236	34.749	2.47049
65.485	62.064	31.084	1.88703	71.098	66.407	36.801	2.47511
65.485	64.236	33.190	1.90616	71.098	68.579	38.865	2.48180
65.485	66.407	35.323	1.92516	71.098	70.751	40.940	2.48894
65.485	68.579	37.461	1.94615	71.098	72.922	43.023	2.49915
65.485	70.751	39.602	1.97098	71.098	75.094	45.114	2.51219
65.485	72.922	41.747	1.99779	71.098	77.266	47.212	2.52740
65.485	75.094	43.894	2.02708	71.098	79.437	49.316	2.54427
65.485	77.266	46.043	2.05525	71.098	81.609	51.425	2.56237
65.485	79.437	48.195	2.08242	71.098	83.781	52.915	2.58105
65.485	81.609	50.348	2.11009	71.098	85.952	55.055	2.59992
65.485	83.781	52.503	2.13531	71.098	88.124	57.197	2.61948

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

Codice documento
CS0590_F0

Rev
F0

Data
20/06/2011

72.969	46.862	21.738	3.21266	78.581	51.205	28.650	4.24484
72.969	49.034	21.986	3.04915	78.581	53.377	30.219	4.08516
72.969	51.205	23.776	2.93792	78.581	55.549	31.855	3.96422
72.969	53.377	25.621	2.85972	78.581	57.721	33.549	3.87221
72.969	55.549	27.510	2.80382	78.581	59.892	35.293	3.80215
72.969	57.721	29.436	2.76377	78.581	62.064	37.079	3.74902
72.969	59.892	32.469	2.73418	78.581	64.236	38.902	3.70910
72.969	62.064	34.399	2.71277	78.581	66.407	40.758	3.67958
72.969	64.236	35.373	2.70026	78.581	68.579	42.641	3.65831
72.969	66.407	37.392	2.69378	78.581	70.751	44.549	3.64363
72.969	68.579	39.426	2.69364	78.581	72.922	45.487	3.63395
72.969	70.751	41.473	2.69834	78.581	75.094	47.472	3.62870
72.969	72.922	43.532	2.70670	78.581	77.266	49.472	3.62707
72.969	75.094	45.600	2.71792	78.581	79.437	51.486	3.62836
72.969	77.266	47.677	2.73125	78.581	81.609	53.511	3.63204
72.969	79.437	49.762	2.74652	78.581	83.781	55.547	3.63766
72.969	81.609	51.853	2.76313	78.581	85.952	57.592	3.64487
72.969	83.781	53.951	2.78078	78.581	88.124	59.647	3.65337
72.969	85.952	56.054	2.79920				
72.969	88.124	58.161	2.81814				
74.839	46.862	23.001	3.68360				
74.839	49.034	24.558	3.47386				
74.839	51.205	26.198	3.31901				
74.839	53.377	27.906	3.20237				
74.839	55.549	29.670	3.11730				
74.839	57.721	31.481	3.05706				
74.839	59.892	33.331	3.01514				
74.839	62.064	35.215	2.98686				
74.839	64.236	36.084	2.96737				
74.839	66.407	38.066	2.95598				
74.839	68.579	40.067	2.95137				
74.839	70.751	42.083	2.95198				
74.839	72.922	44.114	2.95663				
74.839	75.094	46.157	2.96438				
74.839	77.266	48.211	2.97457				
74.839	79.437	50.274	2.98678				
74.839	81.609	52.345	3.00062				
74.839	83.781	54.424	3.01572				
74.839	85.952	56.510	3.03180				
74.839	88.124	58.601	3.04863				
76.710	46.862	25.916	4.13990				
76.710	49.034	27.324	3.90899				
76.710	51.205	27.386	3.72469				
76.710	53.377	29.024	3.58868				
76.710	55.549	30.724	3.48872				
76.710	57.721	32.477	3.41530				
76.710	59.892	34.274	3.36160				
76.710	62.064	36.110	3.32287				
76.710	64.236	37.979	3.29605				
76.710	66.407	38.819	3.27764				
76.710	68.579	40.783	3.26561				
76.710	70.751	42.767	3.25999				
76.710	72.922	44.767	3.25917				
76.710	75.094	46.782	3.26206				
76.710	77.266	48.810	3.26789				
76.710	79.437	50.849	3.27608				
76.710	81.609	52.898	3.28613				
76.710	83.781	54.957	3.29768				
76.710	85.952	57.023	3.31044				
76.710	88.124	59.097	3.32415				
78.581	46.862	27.372	4.71833				
78.581	49.034	27.162	4.45706				