



# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

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

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



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

<p><i>Unità Funzionale</i></p> <p><i>Tipo di sistema</i></p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i></p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i></p> <p><i>Titolo del documento</i></p>	<p>COLLEGAMENTI CALABRIA</p> <p>INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI</p> <p>ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE</p> <p>GENERALE</p> <p>ADEGUAMENTO TOMBINO PK 2+104 (ASSE C) – RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>CS0561_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	0 9	F 0
--------	-------------	---	-----	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----



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





		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE



INDICE.....	3
PREMESSA.....	7
1 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	9
2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	10
3 PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA.....	11
4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	12
4.1 CALCESTRUZZO PER MANUFATTI IDRAULICI.....	12
4.2 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI OPERE D'IMBOCCO (GETTI IN OPERA).....	13
4.3 CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONI OPERE D'IMBOCCO (GETTI IN OPERA).....	14
4.4 MISCELA CEMENTIZIA PER MICROPALI.....	15
4.5 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO .....	16
4.6 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA PER MICROPALI .....	16
4.7 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA PER CONTRASTI .....	17
5 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA E DEL LUOGO.....	18
5.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA.....	20
5.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	22
5.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITÀ .....	54
5.3.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....	54
5.3.2 PARAMETRI SISMICI DI BASE.....	55
5.3.3 STATI LIMITE DI RIFERIMENTO .....	55
5.3.4 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE .....	55
5.3.4.1 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA .....	56
5.3.4.2 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	57
5.3.5 PARAMETRI PER LE VERIFICHE DI STABILITÀ DEL PENDIO .....	57
6 FASI COSTRUTTIVE .....	58
6.1 REALIZZAZIONE DEL PROLUNGAMENTO A MONTE.....	58
6.2 REALIZZAZIONE DEL PROLUNGAMENTO A VALLE.....	58
7 ANALISI MANUFATTO D'IMBOCCO .....	60
7.1 ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE.....	60
7.1.1 SCHEMA STATICO .....	60
7.1.2 ANALISI DEI CARICHI.....	61

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	



7.1.3	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	62
7.2	VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO .....	63
7.3	VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE.....	65
7.3.1	COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI .....	65
7.3.2	COMBINAZIONI FREQUENTI .....	67
7.4	VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO.....	69
7.4.1	FLESSIONE .....	69
7.4.2	TAGLIO .....	71
8	ANALISI POZZETTO DI CADUTA .....	75
8.1	ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE.....	75
8.1.1	SCHEMA STATICO .....	75
8.1.2	ANALISI DEI CARICHI.....	76
8.1.3	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	77
8.2	VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO .....	78
8.3	VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE.....	80
8.3.1	COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI .....	80
8.3.2	COMBINAZIONI FREQUENTI .....	82
8.4	VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO.....	84
8.4.1	FLESSIONE .....	84
8.4.2	TAGLIO .....	86
8.5	ANALISI SOLETTA SUPERIORE .....	88
8.5.1	ANALISI DEI CARICHI.....	88
8.5.2	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	89
8.6	VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO .....	91
8.7	VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE.....	93
8.7.1	COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI .....	93
8.7.2	COMBINAZIONI FREQUENTI .....	95
8.8	VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO.....	97
8.8.1	FLESSIONE .....	97
8.8.2	TAGLIO .....	99
9	ANALISI MURO DI SOSTEGNO.....	101
9.1	ANALISI DEI CARICHI.....	101
9.1.1	PESO PROPRIO.....	101

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9.1.2	SPINTA DELLE TERRE .....	101
9.1.3	SOVRACCARICO PERMANENTE .....	102
9.2	COMBINAZIONI DI CARICO.....	102
9.3	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	103
9.3.1	SOLLECITAZIONI A LIVELLO INTRADOSSO FONDAZIONE.....	103
9.3.2	VERIFICHE A RIBALTAMENTO.....	104
9.3.3	VERIFICHE A SCIVOLAMENTO .....	104
9.3.4	VERIFICHE DI CAPACITÀ PORTANTE DELLA FONDAZIONE .....	105
9.3.5	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE MURO-TERRENO .....	109
9.4	VERIFICHE DELL'ELEVAZIONE.....	111
9.4.1	RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI DI VERIFICA.....	111
9.4.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO .....	112
9.4.3	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE.....	113
9.4.4	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE .....	114
9.4.5	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO .....	116
9.5	VERIFICHE DELLA FONDAZIONE .....	117
9.5.1	RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI DI VERIFICA MENSOLA SNELLA .....	118
9.5.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO .....	120
9.5.3	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE.....	121
9.5.4	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE .....	122
9.5.5	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO .....	124
9.6	VERIFICA MENSOLA TOZZA.....	125
10	ANALISI DELLE PARATIE PROVVISORIE.....	126
10.1	CARATTERISTICHE DI CALCOLO .....	126
10.2	STRATIGRAFIA DI PROGETTO.....	128
10.3	PARAMETRI DI SPINTA .....	128
10.4	PARATIA H=4.50M .....	130
10.4.1	GEOMETRIA E FASI DI REALIZZAZIONE.....	130
10.4.2	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	132
10.4.3	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE PARATIA-TERRENO.....	134
10.4.4	RISULTATI DELLE ANALISI.....	134
10.4.4.1	DIAGRAMMI DEL MOMENTO FLETTENTE .....	135
10.4.4.2	DIAGRAMMI DEL TAGLIO .....	136

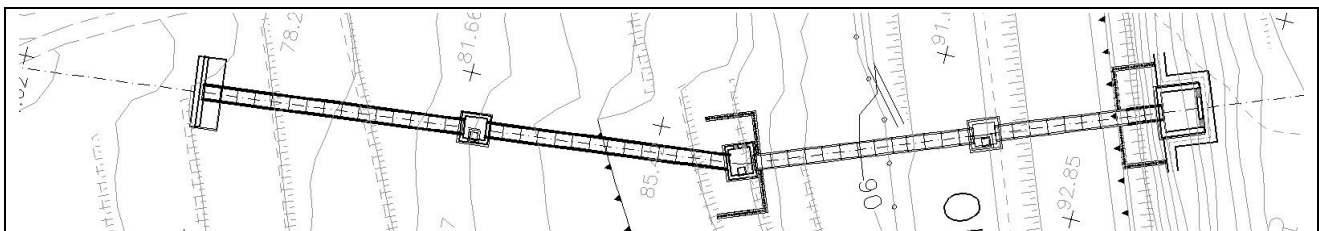
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.4.4.3	STORIA DI CARICO DEI CONTRASTI .....	137
10.4.4.4	DIAGRAMMA DELLE DEFORMAZIONI .....	138
10.4.5	VERIFICHE DEI MICROPALI .....	139
10.4.6	VERIFICHE DEI CONTRASTI .....	140
10.5	PARATIA H=9.00M .....	142
10.5.1	GEOMETRIA E FASI DI REALIZZAZIONE.....	142
10.5.2	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	144
10.5.3	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE PARATIA-TERRENO.....	146
10.5.4	RISULTATI DELLE ANALISI.....	147
10.5.4.1	DIAGRAMMI DEL MOMENTO FLETTENTE .....	148
10.5.4.2	DIAGRAMMI DEL TAGLIO .....	149
10.5.4.3	STORIA DI CARICO DEI CONTRASTI .....	150
10.5.4.4	DIAGRAMMA DELLE DEFORMAZIONI .....	151
10.5.5	VERIFICHE DEI MICROPALI .....	152
10.5.6	VERIFICHE DEI CONTRASTI .....	153
11	TABULATI INPUT PARATIE.....	155
11.1	PARATIA DA 4.50m .....	155
11.2	PARATIA DA 9.00m .....	172
12	TABULATI SLIDE.....	189
12.1	MURO DI SOSTEGNO - FASE STATICA.....	189
12.1.1	INPUT.....	189
12.1.2	OUTPUT.....	191
12.2	MURO DI SOSTEGNO - FASE SISMICA .....	198
12.2.1	INPUT.....	198
12.2.2	OUTPUT.....	200
12.3	PARATIA PROVVISORIA .....	207
12.3.1	INPUT.....	207
12.3.2	OUTPUT.....	209

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## PREMESSA

Il presente documento riporta la descrizione tecnico-funzionale dell'opera "Adeguamento tombino pk 2+104.17 (Asse C)", opera inquadrata nel Progetto Definitivo del Ponte sullo Stretto di Messina per l'adeguamento dell'autostrada esistente A3 "Salerno-Reggio Calabria".





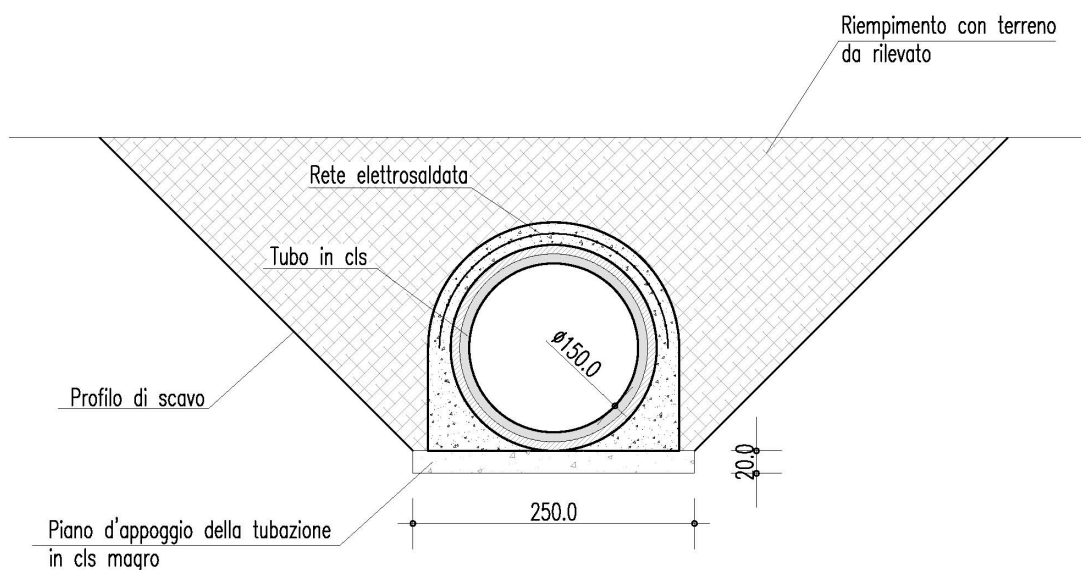
**Stralcio planimetrico dell'opera**

Si tratta di una struttura costituita dall'insieme di moduli circolari in cemento vibrocompresso armato di diametro interno pari a 1500 mm.

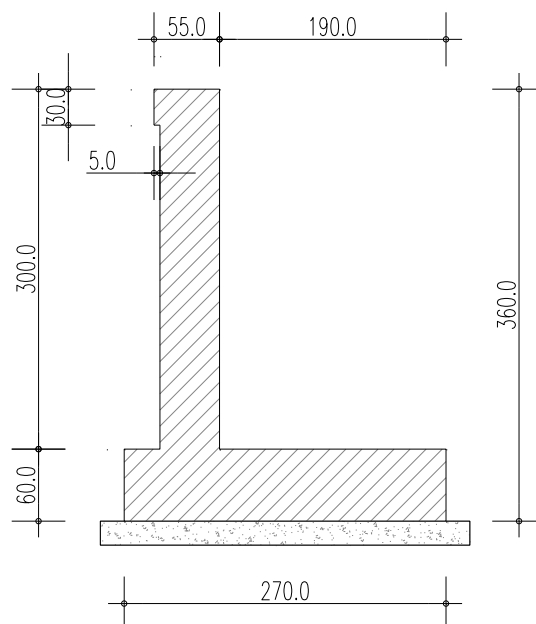
A valle dell'opera vi è un muro di sostegno con altezza pari a 3.00 m, ciabatta di fondazione di lunghezza pari a 2.70 m con un dente anteriore pari a 0.30 m. Lo spessore dell'elevazione è pari a 0.50 m mentre quello della fondazione è pari a 0.60 m.

Nelle illustrazioni seguenti si riportano le sezioni trasversali:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011





**Sezione trasversale tubo**



**Sezione trasversale muro**

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.





		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 1 RIFERIMENTI NORMATIVI

I calcoli sviluppati nel seguito sono stati svolti nello spirito del metodo “*degli Stati Limite*” e nel rispetto della normativa vigente; in particolare si sono osservate le prescrizioni contenute nelle “Norme tecniche per le Costruzioni” (D.M. del 14/01/2008) e nelle relative istruzioni (Circ.Min. C.S.LL.PP. n.617 del 2/02/2009).



- **Ministero dei LL.PP. - D.M. 14/01/2008:** "Norme tecniche per le Costruzioni";
- **Consiglio Superiore LL.PP. - Circ.Min. n.617 del 2/02/2009:** Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- **Legge n.1086 del 5/11/1971:** "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- **Legge n.64 del 0/02/1974:** "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- **C.N.R. 10012:** "Istruzioni per la valutazione delle azioni sulle costruzioni";
- **C.N.R. 10024:** "Analisi di strutture mediante elaboratore. Impostazione e redazione delle relazioni di calcolo".

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



## 2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Lancellotta R.  
**Geotecnica**  
*Edizioni Zanichelli - 1987*
- Migliacci A., Mola F.  
**Progetto agli stati limite delle strutture in c.a.**  
*Masson Italia Editori - 1985*
- Bowles J.E.  
**Foundations Analysis and Design**  
*McGraw-Hill, New York - 1988*
- Horikoshi K., Randolph M.F.  
**Estimation of overall settlement of piled rafts**  
*Soils and Foundations Vol.39 n° 2 pp.59-68 - 1999*
- Nova R.  
**Fondamenti di meccanica delle terre**  
*McGraw-Hill, Milano - 2002*
- Raccomandazioni A.I.C.A.P.  
**Ancoraggi nei terreni e nelle rocce**  
1993
- Terzaghi K.  
**Theoretical Soil Mechanics**  
*J.Wiley & Sons, New York - 1943*
- Cestelli Guidi C.  
**Geotecnica e tecnica delle fondazioni**  
*Ulrico Hoepli Editore - 1987*
- Puller M.  
**Deep excavations: a practical manual**  
*Thomas Telford ed. - 1996*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3 PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA

- **SAP2000 Advanced Rel. 14.0.2 – Structural Analysis Program**  
Computers and Structures, Inc. – Berkeley CA, USA  
*Programma di calcolo ad elementi finiti monodimensionali, bidimensionali e tridimensionali;*
- **STS Stati Limite Rel. 1.1**  
Distribuito dall'ing. Dante Sangalli  
*Programma di calcolo per la verifica 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".*
- **Paratie Plus 2010 ver. 8.0.9.38**  
Prodotto da Ce.A.S., Deep Excavation - Distribuito da Harpaceas s.r.l.  
*Programma di calcolo per l'analisi di paratie flessibili pluritirantate ad elementi finiti in campo non lineare.*
- **SLIDE release 5.0**  
Prodotto da Rocscience Inc.  
*Programma per l'analisi di stabilità di pendii.*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<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>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						

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 CALCESTRUZZO PER MANUFATTI IDRAULICI

Classe di resistenza	C32/40 -
Rapporto massimo acqua / cemento	0.50 -
Slump	S4 -
Diametro massimo inerte	32 mm
Classe di esposizione	XC4 -

#### **Caratteristiche del calcestruzzo:**



Resistenza caratt. a compressione cubica	$R_{ck} = -$	$= 40 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratt. a compressione cilindr.	$f_{ck} = -$	$= 32 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a compressione cilindr.	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	$= 41.20 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_c = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	$= 33643 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$	$= 3.10 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione caratt. (frattile 5%)	$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}$	$= 2.17 \text{ N/mm}^2$

#### **Resistenze di calcolo a SLU:**

Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_c = -$	$= 1.50 -$
Coeff. riduttivo per resist. di lunga durata	$\alpha_{cc} = -$	$= 0.85 -$
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	$= 18.81 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	$= 1.45 \text{ N/mm}^2$

#### **Resistenze di calcolo a SLE:**

Massima compressione (Comb. Rara)	$\sigma_c = 0.60 f_{ck}$	$= 19.92 \text{ N/mm}^2$
Massima compressione (Comb. Q.P.)	$\sigma_c = 0.45 f_{ck}$	$= 14.94 \text{ N/mm}^2$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<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>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						

## 4.2 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI OPERE D'IMBOCCO (GETTI IN OPERA)

Classe di resistenza	C25/30 -
Rapporto massimo acqua / cemento	0.50 -
Slump	S4 -
Diametro massimo inerte	32 mm
Classe di esposizione	XC2 -

### **Caratteristiche del calcestruzzo:**



Resistenza caratt. a compressione cubica	$R_{ck} = -$	$= 30$	$N/mm^2$
Resistenza caratt. a compressione cilindr.	$f_{ck} = -$	$= 25$	$N/mm^2$
Resistenza media a compressione cilindr.	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	$= 32.90$	$N/mm^2$
Modulo elastico	$E_c = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	$= 31447$	$N/mm^2$
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$	$= 2.56$	$N/mm^2$
Resistenza a trazione caratt. (frattile 5%)	$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}$	$= 1.79$	$N/mm^2$

### **Resistenze di calcolo a SLU:**

Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_c = -$	$= 1.50$	-
Coeff. riduttivo per resist. di lunga durata	$\alpha_{cc} = -$	$= 0.85$	-
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	$= 14.11$	$N/mm^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	$= 1.19$	$N/mm^2$

### **Resistenze di calcolo a SLE:**

Massima compressione (Comb. Rara)	$\sigma_c = 0.60 f_{ck}$	$= 14.94$	$N/mm^2$
Massima compressione (Comb. Q.P.)	$\sigma_c = 0.45 f_{ck}$	$= 11.21$	$N/mm^2$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 4.3 CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONI OPERE D'IMBOCCO (GETTI IN OPERA)

Classe di resistenza	C32/40 -
Rapporto massimo acqua / cemento	0.50 -
Slump	S4 -
Diametro massimo inerte	32 mm
Classe di esposizione	XC4-XS1-XF2 -

#### **Caratteristiche del calcestruzzo:**



Resistenza caratt. a compressione cubica	$R_{ck} = -$	$= 40$	$N/mm^2$
Resistenza caratt. a compressione cilindr.	$f_{ck} = -$	$= 32$	$N/mm^2$
Resistenza media a compressione cilindr.	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	$= 41.20$	$N/mm^2$
Modulo elastico	$E_c = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	$= 33643$	$N/mm^2$
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$	$= 3.10$	$N/mm^2$
Resistenza a trazione caratt. (frattile 5%)	$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}$	$= 2.17$	$N/mm^2$

#### **Resistenze di calcolo a SLU:**

Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_c = -$	$= 1.50$	-
Coeff. riduttivo per resist. di lunga durata	$\alpha_{cc} = -$	$= 0.85$	-
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	$= 18.81$	$N/mm^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	$= 1.45$	$N/mm^2$

#### **Resistenze di calcolo a SLE:**

Massima compressione (Comb. Rara)	$\sigma_c = 0.60 f_{ck}$	$= 19.92$	$N/mm^2$
Massima compressione (Comb. Q.P.)	$\sigma_c = 0.45 f_{ck}$	$= 14.94$	$N/mm^2$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<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						

#### 4.4 MISCELA CEMENTIZIA PER MICROPALI

Classe di resistenza	C25/30 -
Rapporto massimo acqua / cemento	0.50 -
Contenuto minimo di cemento	300 kg/m <sup>3</sup>
Diametro massimo inerte	32 mm
Classe di esposizione	XC2 -

##### **Caratteristiche del calcestruzzo:**



Resistenza caratt. a compressione cubica	$R_{ck} = -$	$= 30$	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratt. a compressione cilindr.	$f_{ck} = -$	$= 25$	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione cilindr.	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	$= 32.90$	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_c = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	$= 31447$	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$	$= 2.56$	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione caratt. (frattile 5%)	$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}$	$= 1.79$	N/mm <sup>2</sup>

##### **Resistenze di calcolo a SLU:**

Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_c = -$	$= 1.50$	-
Coeff. riduttivo per resist. di lunga durata	$\alpha_{cc} = -$	$= 0.85$	-
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	$= 14.11$	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	$= 1.19$	N/mm <sup>2</sup>

##### **Resistenze di calcolo a SLE:**

Massima compressione (Comb. Rara)	$\sigma_c = 0.60 f_{ck}$	$= 14.94$	N/mm <sup>2</sup>
Massima compressione (Comb. Q.P.)	$\sigma_c = 0.45 f_{ck}$	$= 11.21$	N/mm <sup>2</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<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>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						

#### 4.5 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Tipo di acciaio	B450C -
Copriferro min. per manufatti idraulici	40 mm
Copriferro min. per fondazioni imbocchi	40 mm
Copriferro min. per elevazioni imbocchi	45 mm
Sovrapposizioni continue	50 Ø

##### **Caratteristiche dell'acciaio:**

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

##### **Resistenze di calcolo a SLU:**

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

##### **Resistenze di calcolo a SLE:**

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

#### 4.6 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA PER MICROPALI

Tipo di acciaio	S355J0 (ex 510 C)
-----------------	-------------------



##### **Caratteristiche dell'acciaio:**

Modulo elastico	$E = -$	$= 210000$	$N/mm^2$
Tensione caratt. di rottura ( $t \leq 40mm$ )	$f_{tk} = -$	$= 510.00$	$N/mm^2$
Tensione caratt. di snervamento ( $t \leq 40mm$ )	$f_{yk} = -$	$= 355.00$	$N/mm^2$

##### **Resistenze di calcolo a SLU:**

Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = -$	$= 1.05$	-
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$	$= 338.10$	$N/mm^2$



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.7 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA PER CONTRASTI



Tipo di acciaio | S275J0 (ex 430 C)

**Caratteristiche dell'acciaio:**

Modulo elastico	E	= -	= 210000 N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratt. di rottura (t <sub>≤</sub> 40mm)	f <sub>tk</sub>	= -	= 430.00 N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratt. di snervamento (t <sub>≤</sub> 40mm)	f <sub>yk</sub>	= -	= 275.00 N/mm <sup>2</sup>

**Resistenze di calcolo a SLU:**

Coeff. parziale di sicurezza	γ <sub>s</sub>	= -	= 1.05 -
Resistenza di calcolo	f <sub>yd</sub>	= f <sub>yk</sub> /γ <sub>s</sub>	= 261.90 N/mm <sup>2</sup>

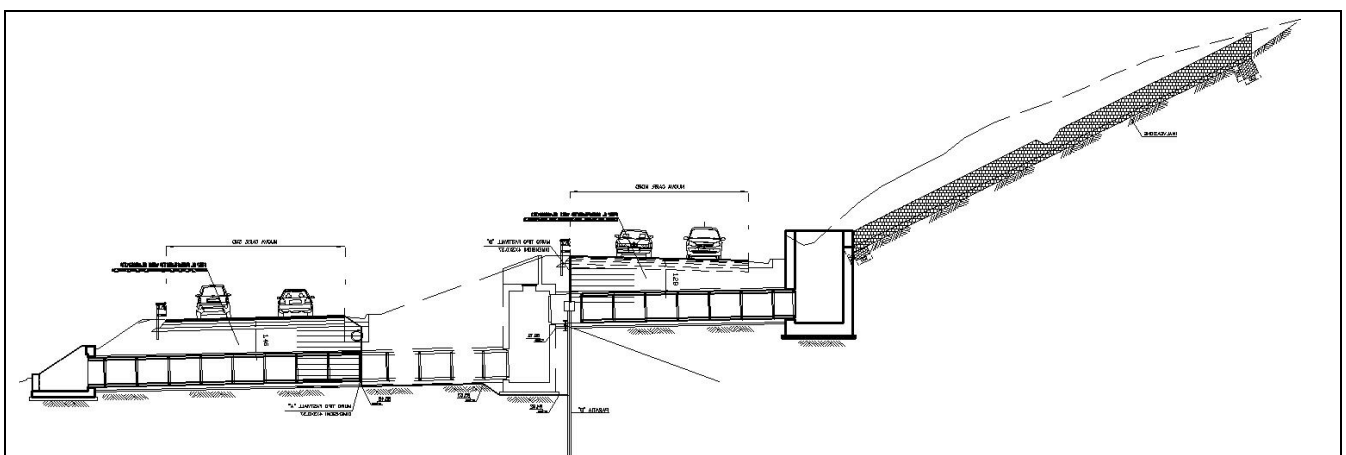
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 5 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA E DEL LUOGO

L'opera in progetto consiste nell'adeguamento di un esistente tombino idraulico circolare Ø1500mm dell'autostrada A3 Salerno-Reggio Calabria: negli elaborati grafici il prolungamento a valle viene indicato con la progressiva dell'asse Rampa C in progetto (km 2+104.17), mentre il prolungamento a monte con la progressiva dell'asse Rampa A in progetto (km 2+733.68).

Lo stato di fatto si compone delle seguenti opere:

- a) Un manufatto d'imbocco in c.a. gettato in opera, in fregio alla carreggiata dell'Autostrada A3 direzione Salerno, in continuità ad un fosso rivestito con materassi tipo "Reno";
- b) Un tombino circolare Ø1500mm composto da elementi prefabbricati che sottopassa la carreggiata dell'Autostrada A3 direzione Salerno;
- c) Un pozzetto di caduta in c.a. gettato in opera, ubicato tra le due carreggiate dell'Autostrada A3;
- d) Un tombino circolare Ø1500mm composto da elementi prefabbricati che sottopassa la carreggiata dell'Autostrada A3 direzione Reggio Calabria;
- e) Un manufatto di sbocco in c.a. gettato in opera, in fregio alla carreggiata dell'Autostrada A3 direzione Reggio Calabria.

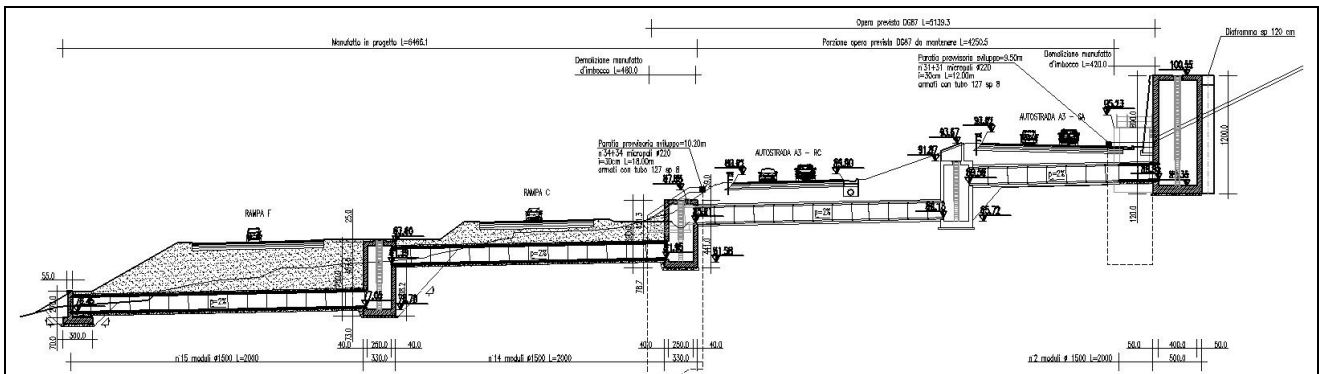


**Profilo - Stato di fatto**



A seguito delle nuove opere previste nel Progetto Definitivo del Ponte sullo Stretto di Messina sarà necessario adeguare lo stato di fatto, prolungando l'opera sia a monte che a valle.

I nuovi tratti di tombino, necessari per garantire la continuità idraulica a seguito della realizzazione delle nuove Rampe in progetto, sono stati progettati per risultare il più possibile omogenei con l'esistente: in particolare è stata mantenuta sia la tipologia (elementi circolari prefabbricati in c.a.) che la pendenza longitudinale dell'esistente (circa 2%).

I pozzetti di caduta (realizzati in c.a. gettato in opera) sono stati progettati per compensare i dislivelli tra i vari tratti del tombino, ripristinare gli inviti ai fossi di guardia della A3 esistente e fornire gli accessi per l'ispezione periodica dell'opera.



**Profilo - Nuove opere in progetto**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 5.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

A monte della carreggiata autostradale esistente (direzione Salerno) sono previsti i seguenti interventi:



- Demolizione del manufatto d'imbocco (a) e del fosso rivestito e realizzazione del nuovo manufatto d'imbocco in c.a. gettato in opera di dimensioni interne in pianta 400×450cm;
- Posa in opera di 2 elementi prefabbricati circolari Ø1500mm (L=2.00m/cad) per compensare la distanza tra il tombino esistente ed il nuovo manufatto d'imbocco (il tombino viene posato in opera con una pendenza longitudinale del 2%, pari all'esistente); la tenuta idraulica del tombino è affidata alle guarnizioni già presenti negli elementi prefabbricati, mentre l'impermeabilizzazione esterna viene realizzata con una camicia di cls gettato in opera con annegata all'interno una rete elettrosaldata per prevenire le fessurazioni da ritiro.

Per procedere all'esecuzione delle opere descritte sarà necessario realizzare attorno al manufatto d'imbocco da demolire una paratia provvisoria in micropali, per garantire il sostegno del rilevato dell'Autostrada esistente durante le lavorazioni. In pianta la paratia presenta una forma "a C" ed uno sviluppo complessivo pari a 19.00m: si compone di 31+31 micropali Ø220mm (interasse=30cm, lunghezza=12m) solidarizzati in testa da un cordolo in c.a. gettato in opera.

Per garantire un'adeguata rigidità e mantenere contenuti gli spostamenti orizzontali, la paratia verrà sostenuta da 2 ordini di contrasti: per evitare le interferenze con il rilevato autostradale esistente si è scelto di non ricorrere ai tiranti ma di utilizzare delle travi di contrasto a valle (realizzate con profili commerciali in acciaio).

A valle della carreggiata autostradale esistente (direzione Reggio Calabria), a seguito della realizzazione delle Rampe C-F sono previsti i seguenti interventi:

- Demolizione del manufatto di sbocco (e) e realizzazione di un pozzetto di caduta in c.a. gettato in opera di dimensioni interne in pianta 250×300cm;
- Posa in opera del nuovo tratto del tombino per garantire la continuità idraulica sotto la Rampa C in progetto: il tombino viene realizzato con 14 elementi prefabbricati circolari Ø1500mm (L=2.00m/cad) e posato in opera con una pendenza longitudinale del 2%;
- Realizzazione di un pozzetto di caduta in c.a. gettato in opera di dimensioni interne in pianta 250×250cm, ubicato tra le carreggiate delle Rampe C e F;
- Posa in opera del nuovo tratto del tombino per garantire la continuità idraulica sotto la Rampa F in progetto: il tombino viene realizzato con 15 elementi prefabbricati circolari Ø1500mm



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

(L=2.00m/cad) e posato in opera con una pendenza longitudinale del 2%;

- Realizzazione di un muro in c.a. per il sostegno del rilevato della Rampa F: la sezione trasversale del muro si compone di un'elevazione di dimensioni 270x50cm e di una ciabatta di fondazione di dimensioni 300x70cm; il suo sviluppo in pianta risulta pari a 8.00m.

Per procedere all'esecuzione delle opere descritte sarà necessario realizzare attorno al manufatto di sbocco (e) da demolire una paratia provvisoria in micropali, per garantire il sostegno del rilevato dell'Autostrada esistente. In pianta la paratia presenta una forma "a C" ed uno sviluppo complessivo pari a 20.40m: si compone di 34+34 micropali Ø220mm (interasse=30cm, lunghezza=18 m) solidarizzati in testa da un cordolo in c.a. gettato in opera.

Per garantire un'adeguata rigidità e mantenere contenuti gli spostamenti orizzontali, la paratia verrà sostenuta da 3 ordini di contrasti: per evitare le interferenze con il rilevato autostradale esistente si è scelto di non ricorrere ai tiranti ma di utilizzare delle travi di contrasto a valle (realizzate con profili commerciali in acciaio). Nel caso in esame la soluzione adottata risulta doppiamente vantaggiosa: infatti, poichè il dislivello tra il tombino esistente e quello in progetto è molto accentuato (circa 4.40m), in fase di scavo si avrà la necessità di sostenere il terreno al di sotto del tombino esistente. Verrà pertanto realizzata una parete di spritz-beton armata con rete elettrosaldata e si sfrutterà la presenza dei contrasti per il sostegno della parete stessa.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 5.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per i criteri e per gli aspetti generali di caratterizzazione si rimanda a quanto riportato nella relazione Elab. CG0800PRBDCSBC8G000000001. Per la definizione delle categorie di suolo si rimanda al medesimo elaborato ed alla relazione sismica di riferimento.

### Descrizione delle litologie prevalenti

Le litologie prevalenti sono costituite dalle formazioni dei Depositi di versante.

Depositi di versante: sono depositi detritici olocenici alimentati da processi di degradazione e trasporto dovuto sia alle acque di dilavamento che alla gravità ed accumulati, in genere, alla base dei versanti. Affiora come un deposito di sabbie di colore rossastro da medie a grossolane, solo subordinatamente fini, con rare intercalazioni di livelli di ghiaiosi o limosi.

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.

Le plutoniti costituite da rocce cristalline granitoidi nel settore centro-meridionale sono, costituite da leucogranodioriti a due miche e graniti-monzograniti.

All'interno dei graniti è stato localmente riscontrato un sensibile grado di alterazione idrotermale che conferisce alla roccia un aspetto brecciato, a luoghi con colorazione biancastra e farinosa al tatto. Le evidenze di affioramento e di sondaggio consentono di ritenere determinante, ai fini della caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso, la presenza di una fratturazione, a luoghi molto intensa legata alla coesistenza di più sistemi di discontinuità che, tuttavia, non conferiscono all'ammasso una spiccata anisotropia.



La falda non risulta interferente con le opere.

Localmente non ci sono indagini che indagano nei primi 30m di profondità per la caratterizzazione sismica del suolo. Si può porre una categoria di suolo pari a cat. **C**.

### Indagini previste

Data l'esiguità dei sondaggi e delle prove localmente presenti (C427, C433), si è scelto di tenere conto anche di altri sondaggi e prove disponibili.

Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### Depositi di versante

Si considerano i sondaggi della caratterizzazione generale.

- prove SPT (C406,C407,C423BIS,C424,C421,C425,C433,C424)
- 2 prove sismiche (SG11,C423BIS)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici

#### Depositi terrazzati marini

Si considerano i sondaggi della tratta relativa alla Rampa A\_acc.

- prove SPT (C428, C429, C430, C432, C434)
- 1 prova sismica (C430)
- 3 prove Le Franc (CN451, C425, C430)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici ed elle caratteristiche di resistenza (TD, sondaggio C410, CN451)

#### Plutoniti

Si considerano i sondaggi della caratterizzazione generale.

- 15 rilievi geostrutturali
- 3 prove sismiche (SG11, SG11bis, CN451)
- 12 prove pressiometriche e dilatometriche

#### **Depositi di versante**

Per le caratteristiche fisiche l'andamento del fuso conferma che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 12%), sia di materiali intermedi (sabbie 60%). Il contenuto di fino è mediamente del 22%.

Con riferimento al fuso medio si ha:



- Il valore di  $D_{50}$  è pari a 0.25mm
- Il valore di  $D_{60}$  è pari a 0.4 mm
- Il valore di  $D_{10}$  è pari a 0.005 mm

Il peso di volume dei grani  $\gamma_s$  è risultato pari a circa 26 kN/m<sup>3</sup>;

Per lo stato iniziale dalle elaborazioni risulta che:

- **Dr**: la densità relativa media della sola componente sabbiosa è del 40-70%. I valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con un fattore  $C_{sg}=0.95$ .
- $\gamma_d$  : si può stimare un valore medio di  $\gamma_d$  pari a circa 19 -21 KN/m<sup>3</sup>

Per i parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci sulla base delle prove SPT si è

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ottenuto un valore medio di angolo di attrito di 38°; ai parametri di resistenza operativi al taglio in termini di sforzi efficaci si sono assegnati i seguenti valori operativi:

$c_p' = 0$  kPa = coesione apparente

$\varphi_p' = 36 \div 38^\circ$  =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

$\varphi_r' = 33^\circ - 35^\circ$  =angolo di resistenza al taglio

Per le caratteristiche di deformabilità dalle prove sismiche in foro si ottengono valori di  $V_s$  che mostrano una tendenza all'aumento con la profondità con valori che arrivano a 200 m/s fino a 10m di profondità.

Ai valori delle velocità di taglio  $V_s$  corrispondono moduli di taglio iniziali  $G_0$  che mostrano un andamento crescente con la profondità, da 80MPa a 160MPa a 10m di profondità.

Da prove SPT invece valori di  $G_0$  variano da 30 a 130MPa nei primi 10m.

Per  $G$  ed  $E_0$  una stima è data quindi da:

$$G_0 = 20 \cdot (z)^{0.85}$$

$$E_0 = 48 \cdot (z)^{0.85}$$

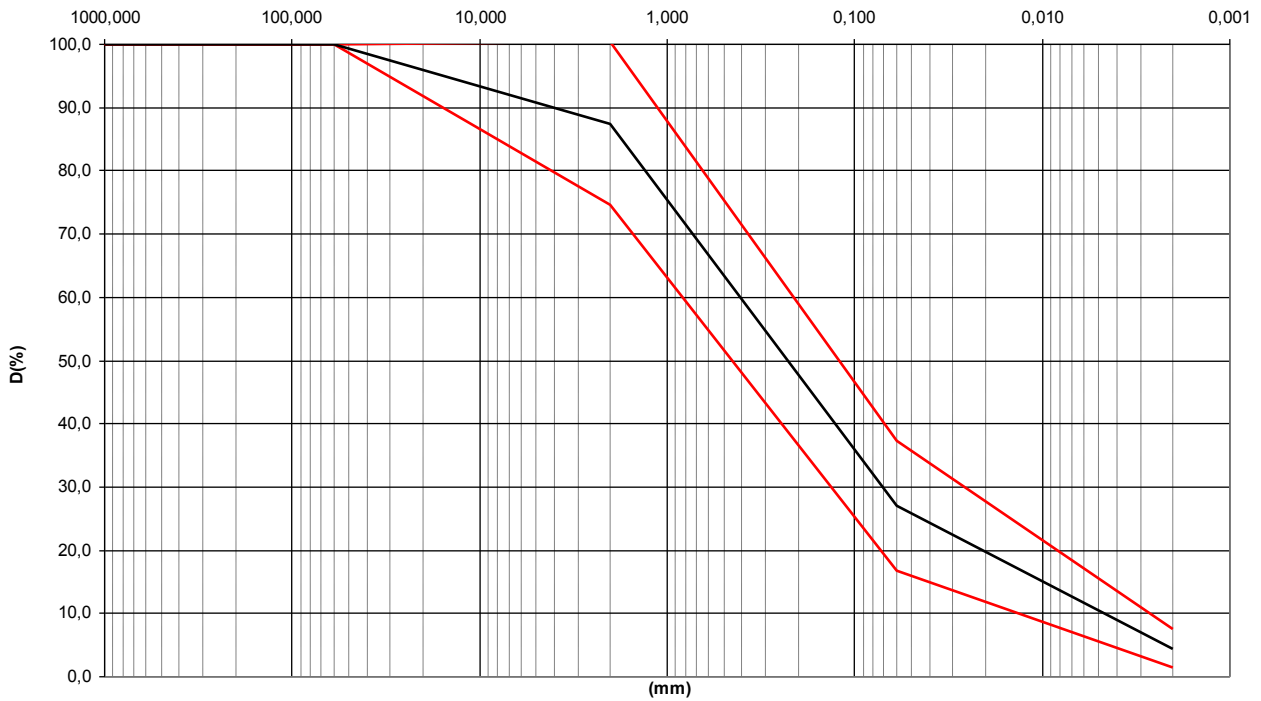
I moduli di Young "operativi" a medie deformazioni, valutati sulla base dei criteri descritti nei capitoli precedenti risulteranno pari a:

$$E = (6 \div 16) \cdot (z)^{0.85}$$

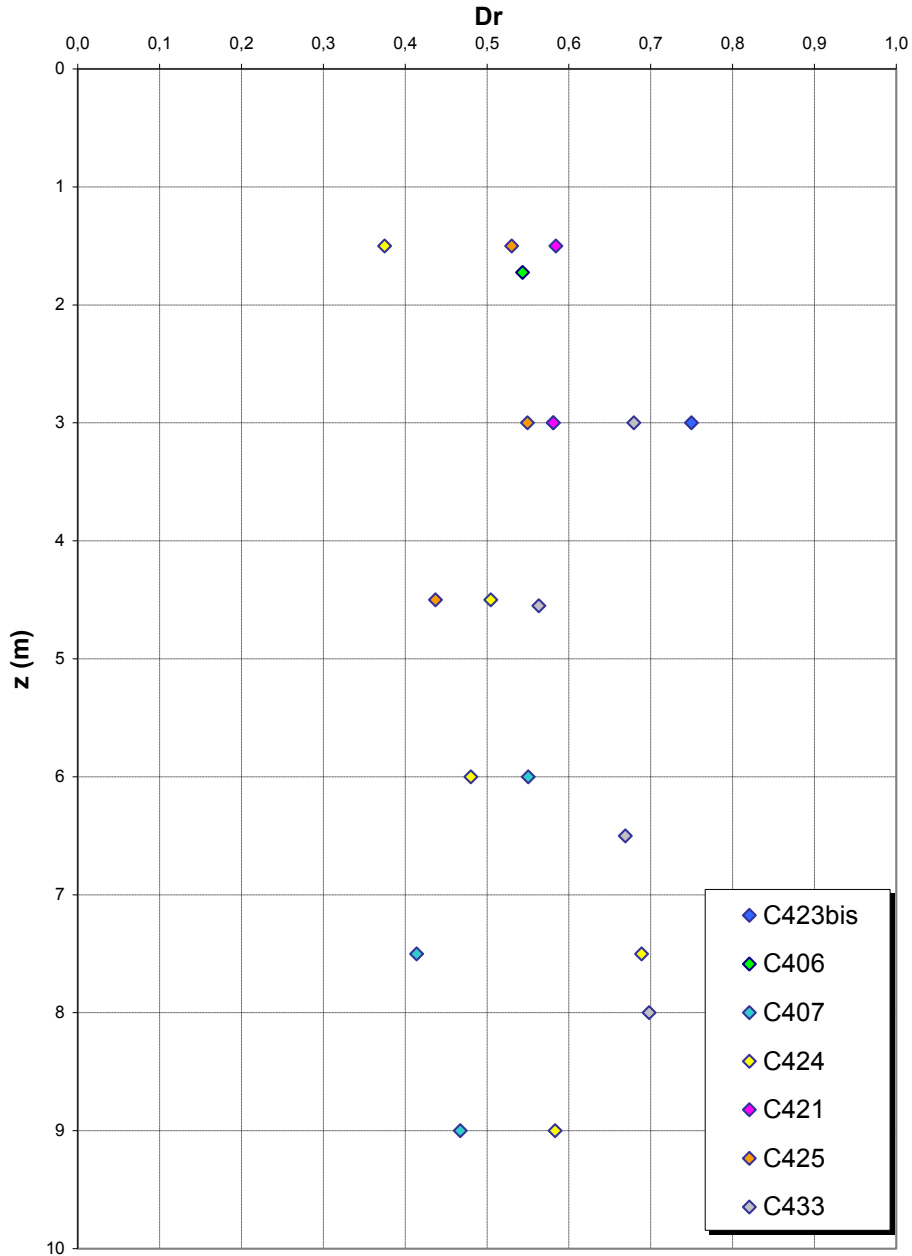
pari rispettivamente a circa 1/5 ÷ 1/10 (medie e grandi deformazioni) ed 1/3 (piccole deformazioni) di quelli iniziali .

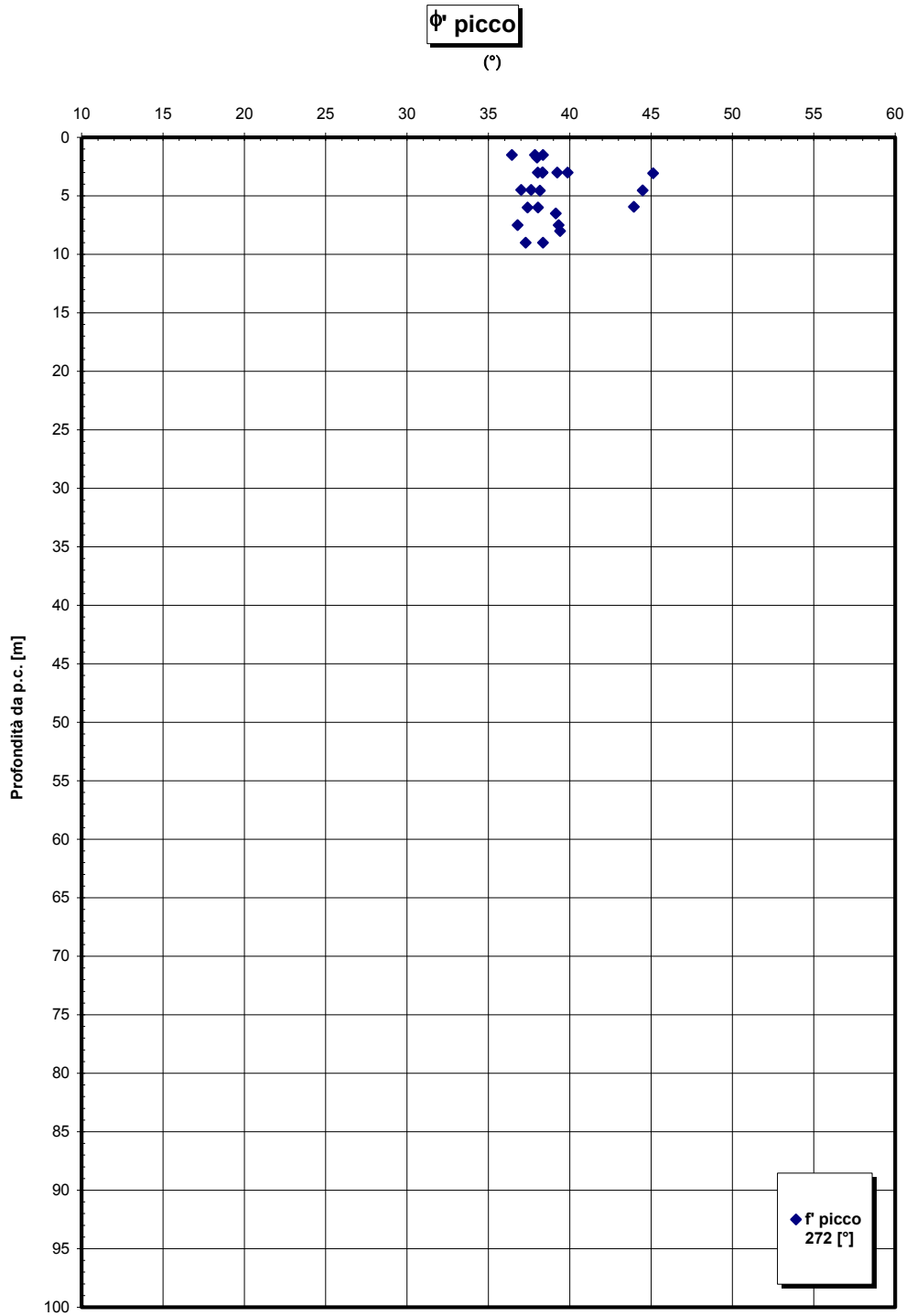


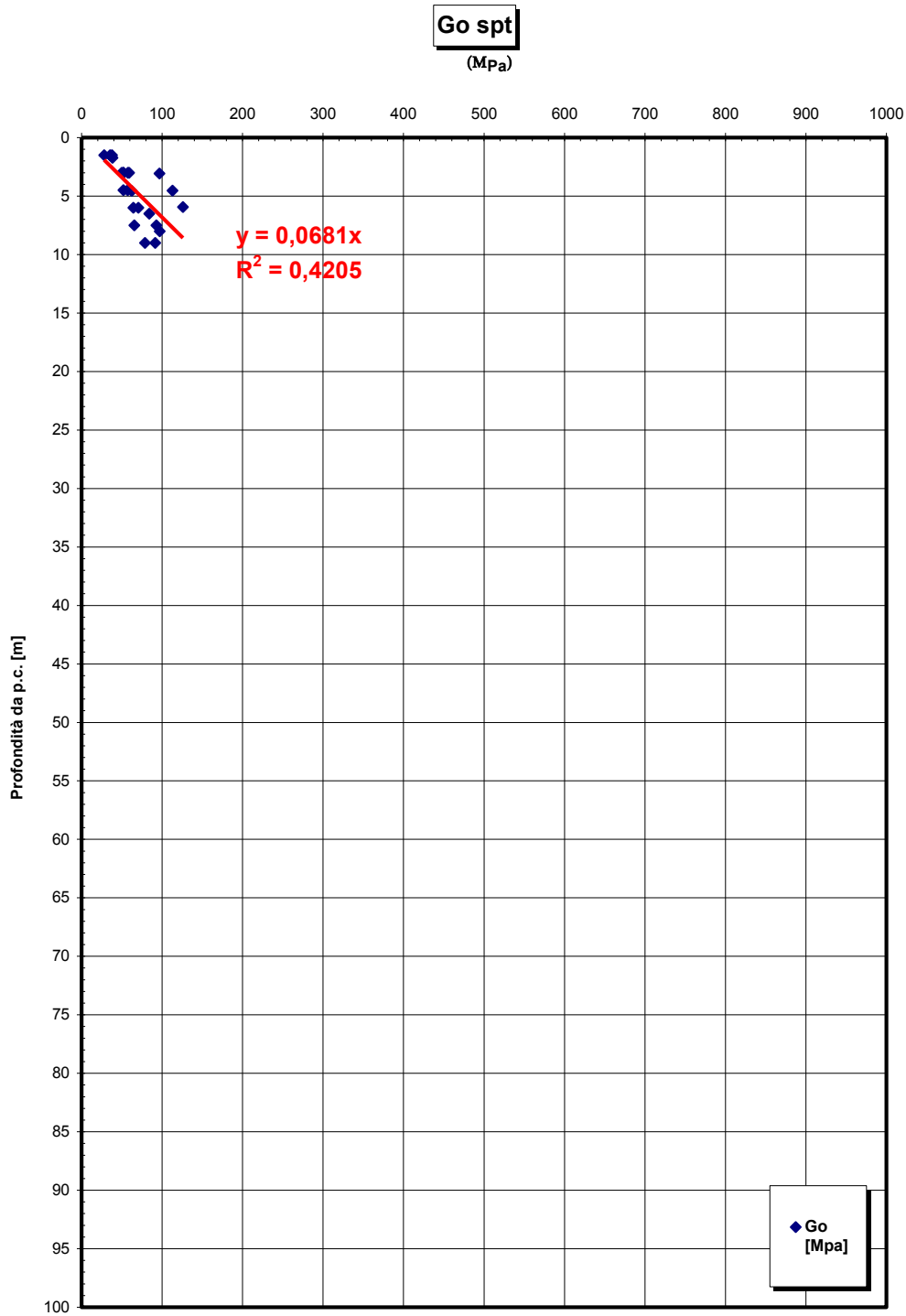
**Depositi di versante**



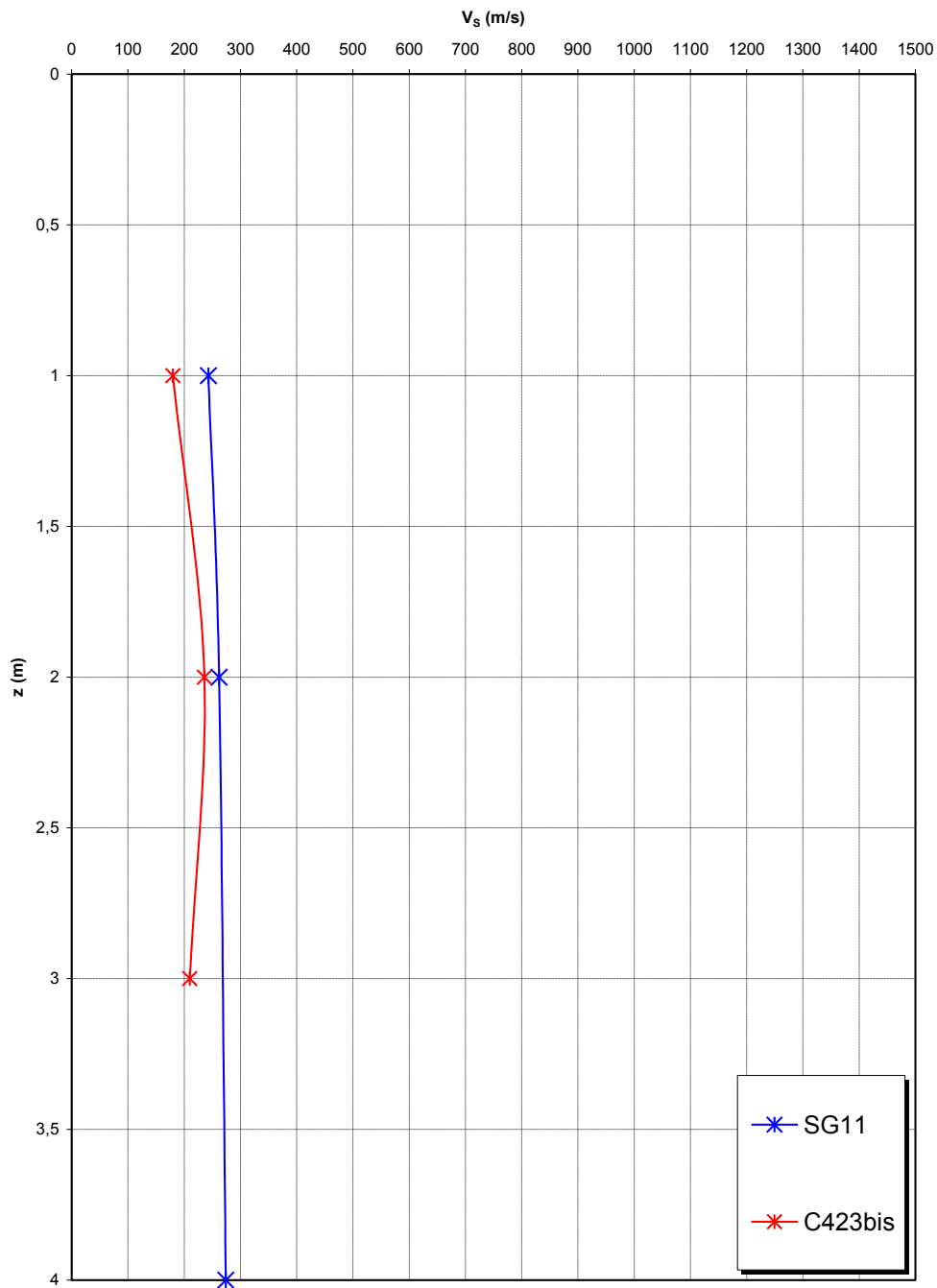
**Dr Skempton (1986)**  
**Componente sabbiosa prevalente**  
**DEPOSITI DI VERSANTE**

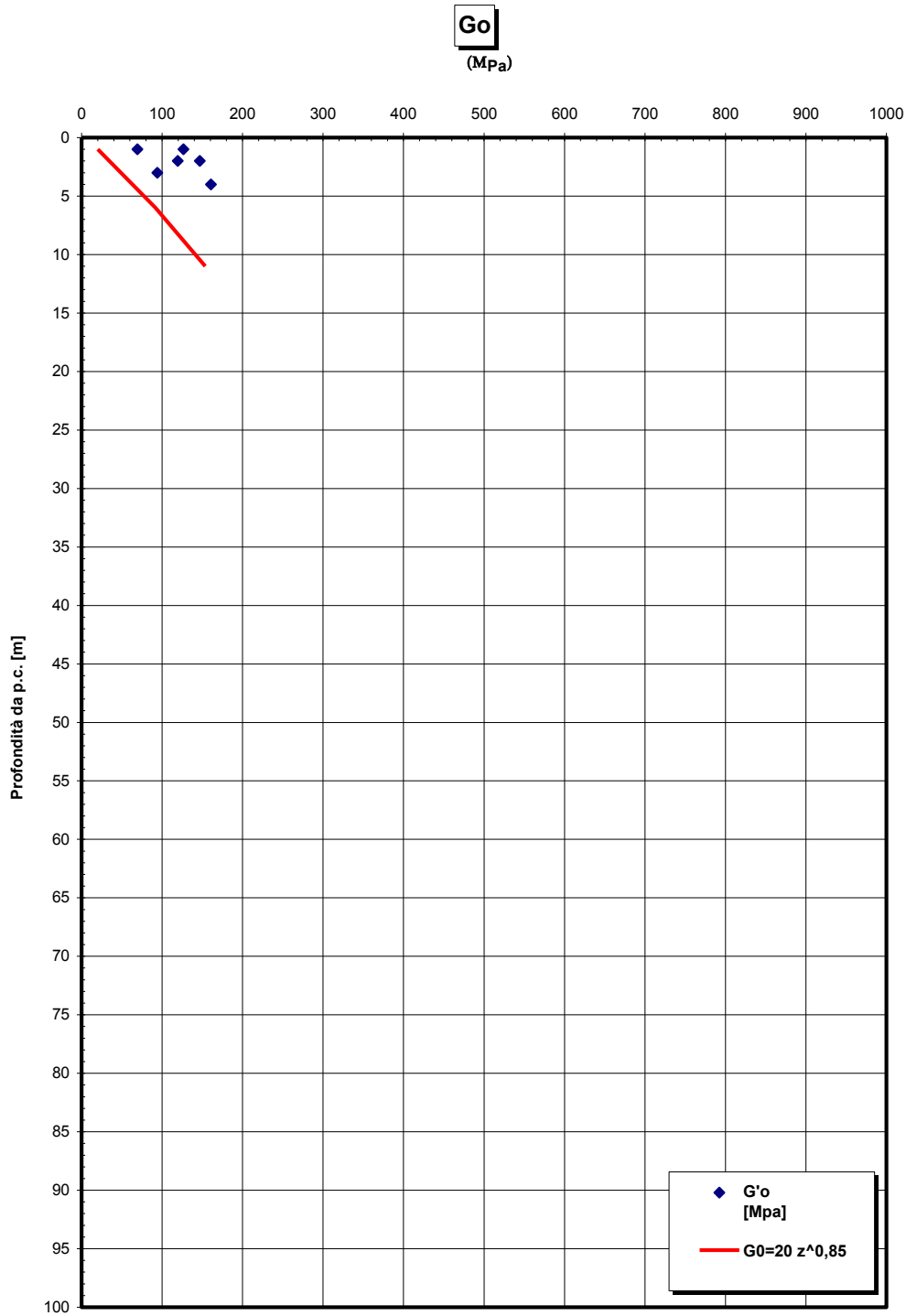




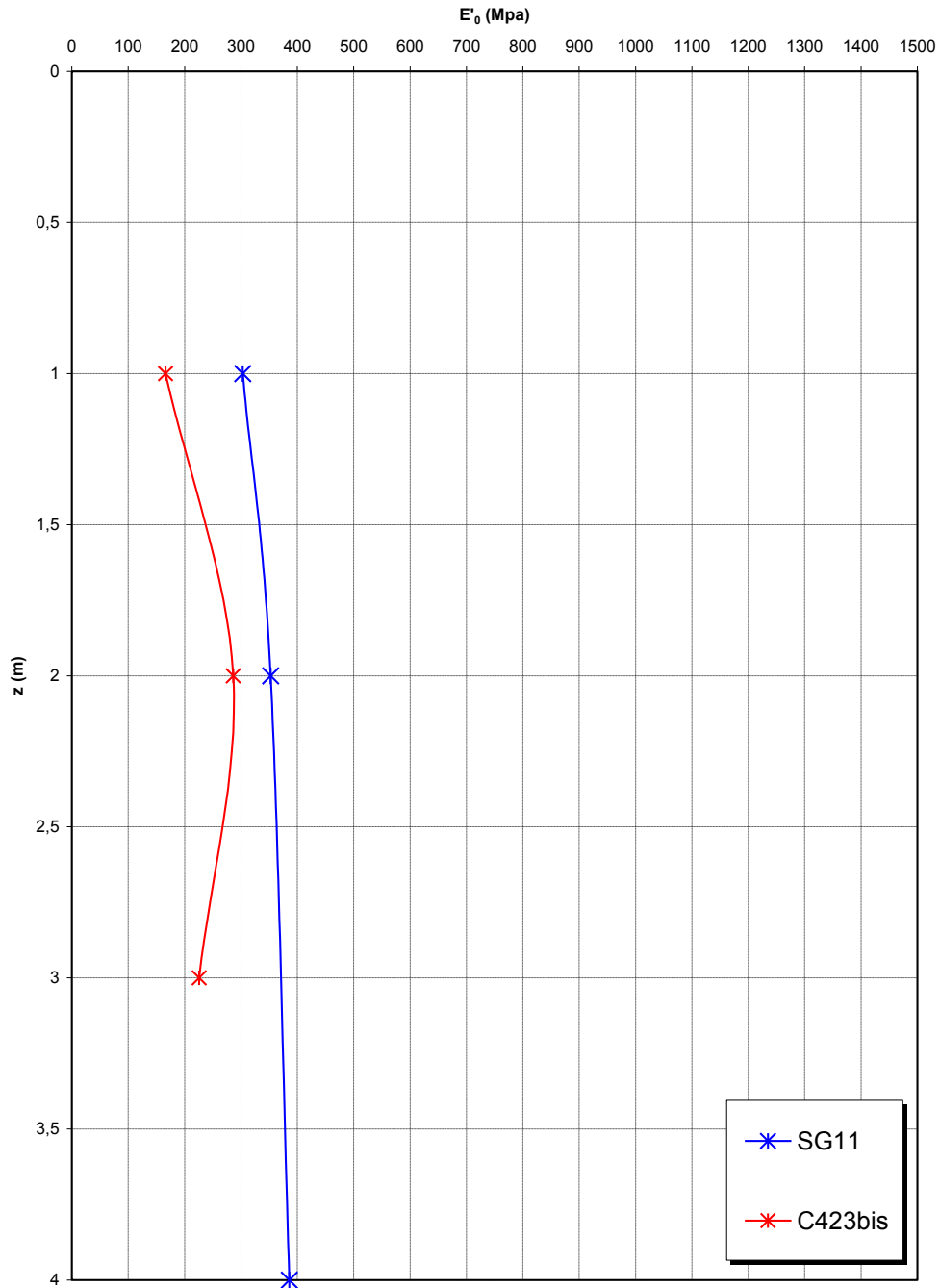




**Prove sismiche  
DEPOSITI DI VERSANTE**





**Prove sismiche  
DEPOSITI DI VERSANTE**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### **Depositi terrazzati marini**

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

Con riferimento al fuso medio si ha:

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

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

Da letteratura si hanno a disposizione i valori di  $\gamma_{dmax}$  e  $\gamma_{dmin}$  pari rispettivamente a 18.8 e 15.7 kN/m<sup>3</sup>

Per lo stato iniziale si ha:

- **Dr:** 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  $Dr$  è stato possibile determinare i valori di  $e_o$  in sito.
- **$\gamma_d$ :** in base ai valori di  $e_o$  da  $\gamma_s$  si può stimare  $\gamma$ , riportato nel grafico.
- **$K_o$ :** si considera la relazione di Jaky.

<b>Dr(%)</b> <b>Prevalente sabbiosa</b>	<b>Dr(%)</b> <b>Sabbie e ghiaie</b>	<b><math>\gamma_d(KN/m^3)</math></b>	<b><math>K_o</math></b>
50-80	-	17-20	0.35-0.4



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

<b>z(m)</b>	<b><math>\phi'_p</math> (pff=0-272KPa) (°)</b>	<b><math>\phi'_p</math> (pff=272-350KPa) (°)</b>	<b><math>\phi'_{cv}</math> (°)</b>
0-10	38-41	35-38	33-35

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

$c' = 0$  kPa = coesione apparente



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$\varphi' = 38^\circ \div 40^\circ$  =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

$\varphi_r' = 33^\circ - 35^\circ$  =angolo di resistenza al taglio

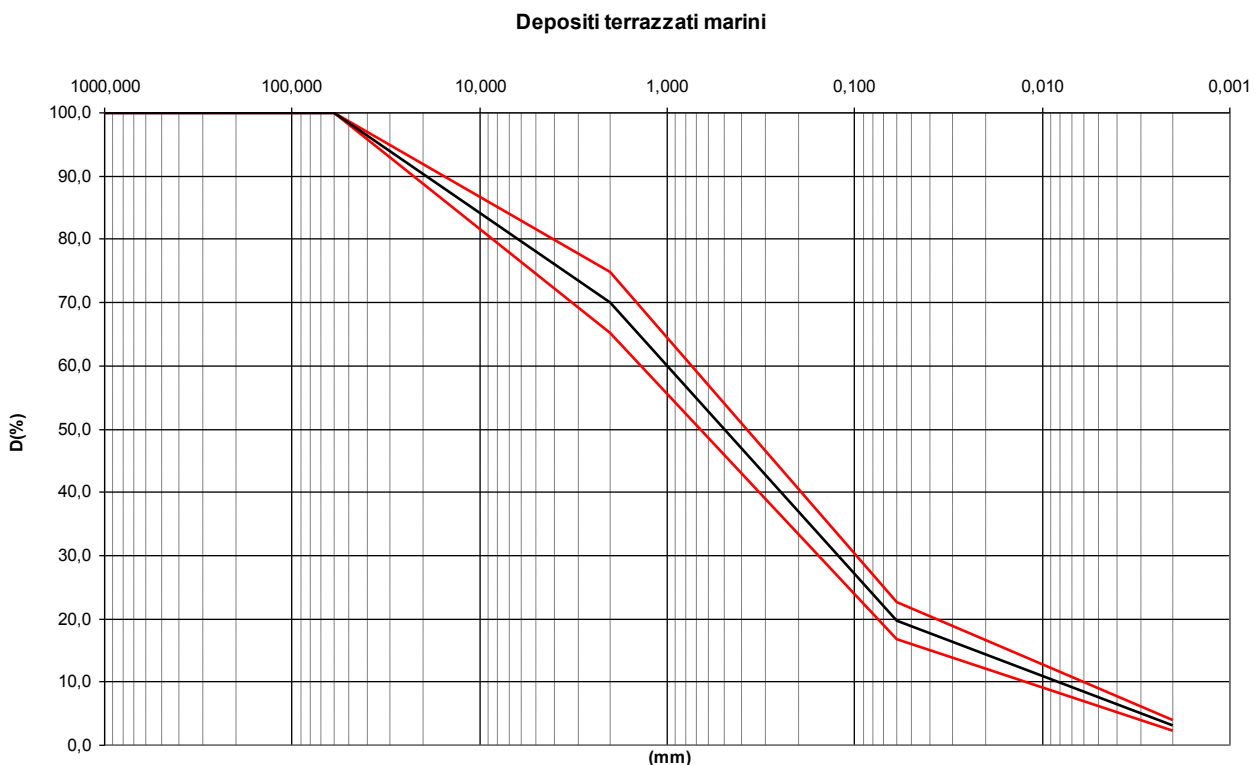
Dalle prove di laboratorio su campioni rimaneggiati si ottiene per l'angolo di attrito un valore di  $30^\circ - 35^\circ$ .

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

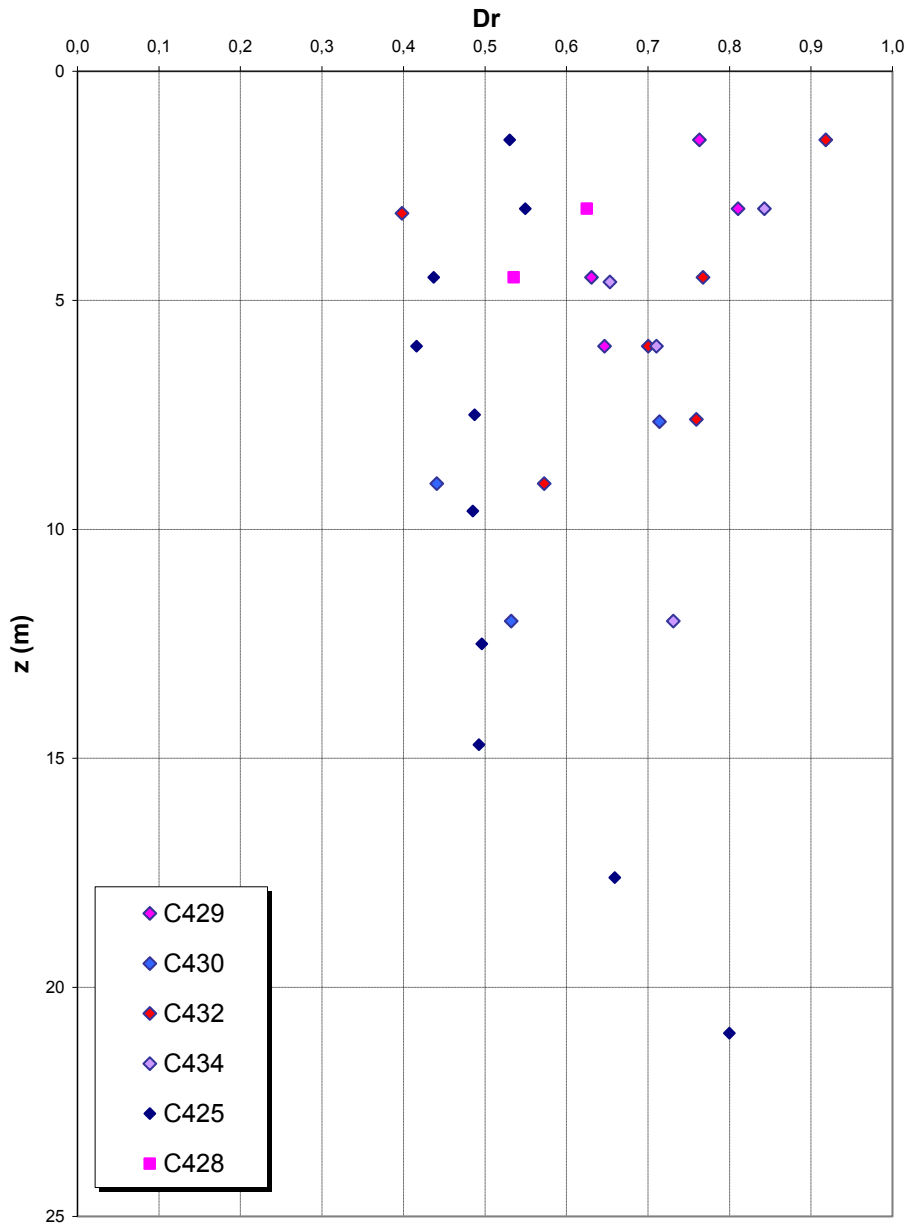
z(m)	G0(MPa)	E0(MPa)	E'(MPa)
0-10	100-250	240-600	32-80 / 80-200

con i valori di E pari rispettivamente a circa  $1/10 \div 1/5$  ed  $1/3$  di quelli iniziali.

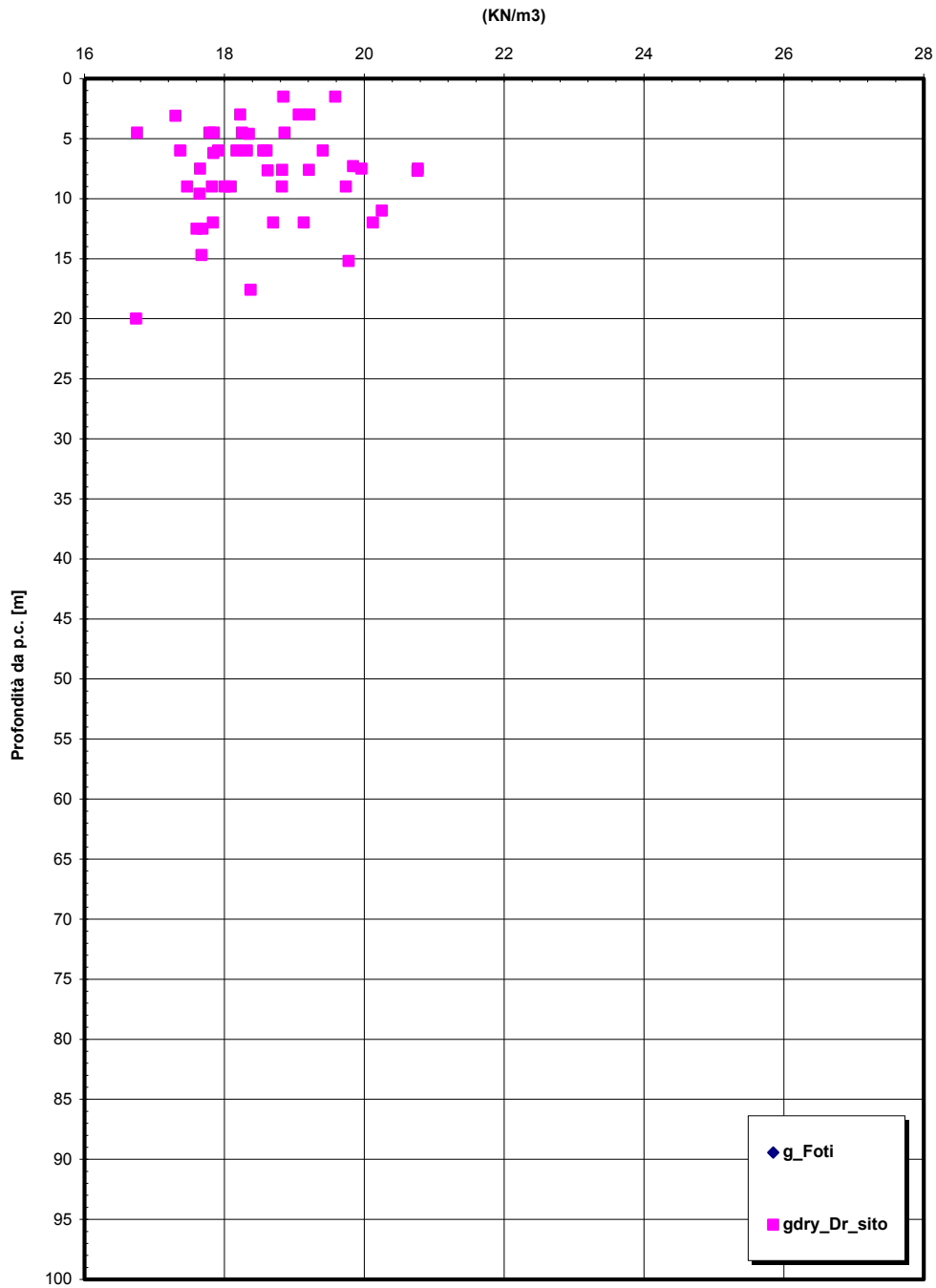
La prova pressiometrica (SN8) ha fornito un valore (primo carico) di E' di 120MPa a circa 18m di profondità.



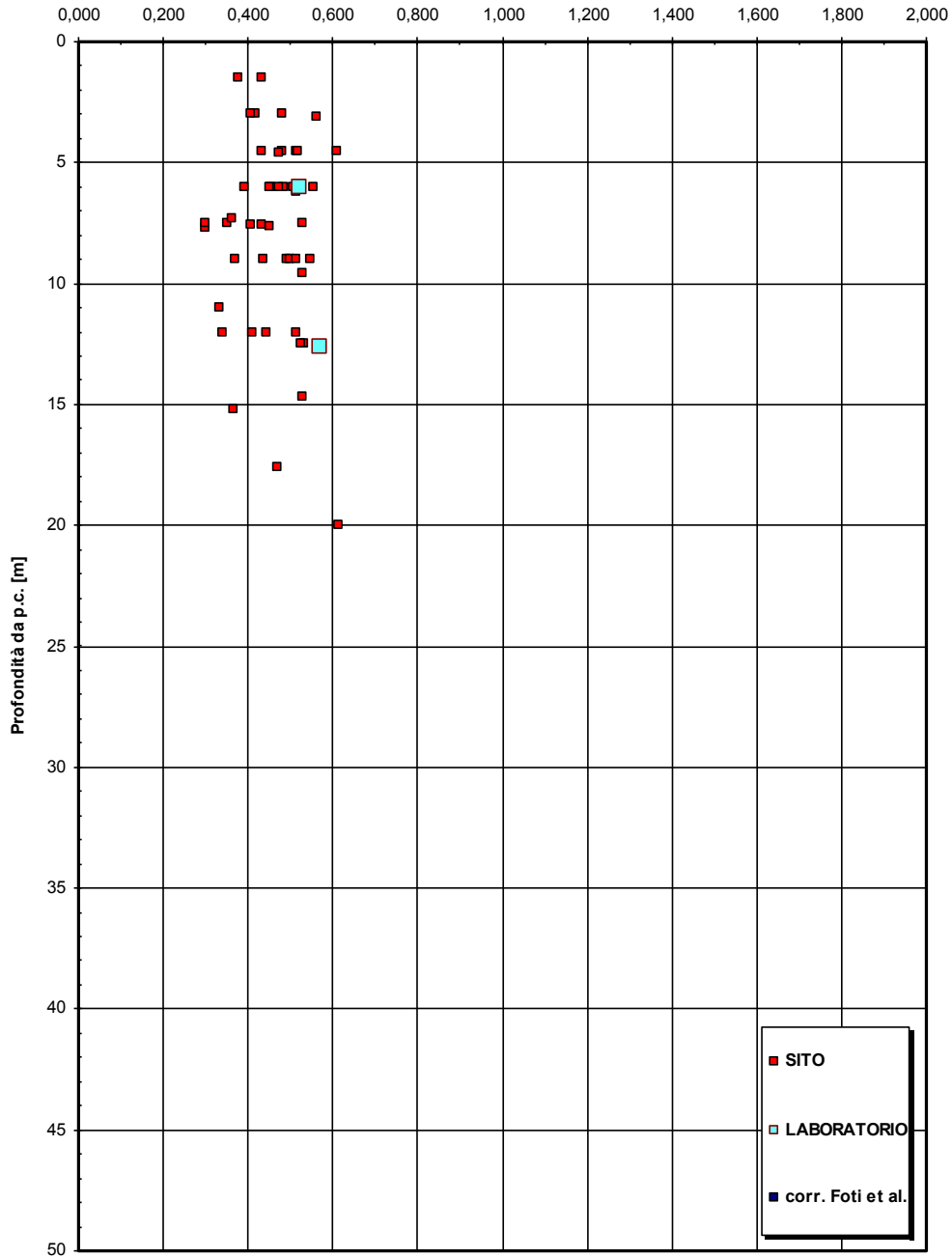
**Dr Skempton (1986)  
Componente sabbiosa prevalente  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Rampa F -**



**$\gamma$  - Ramo F**

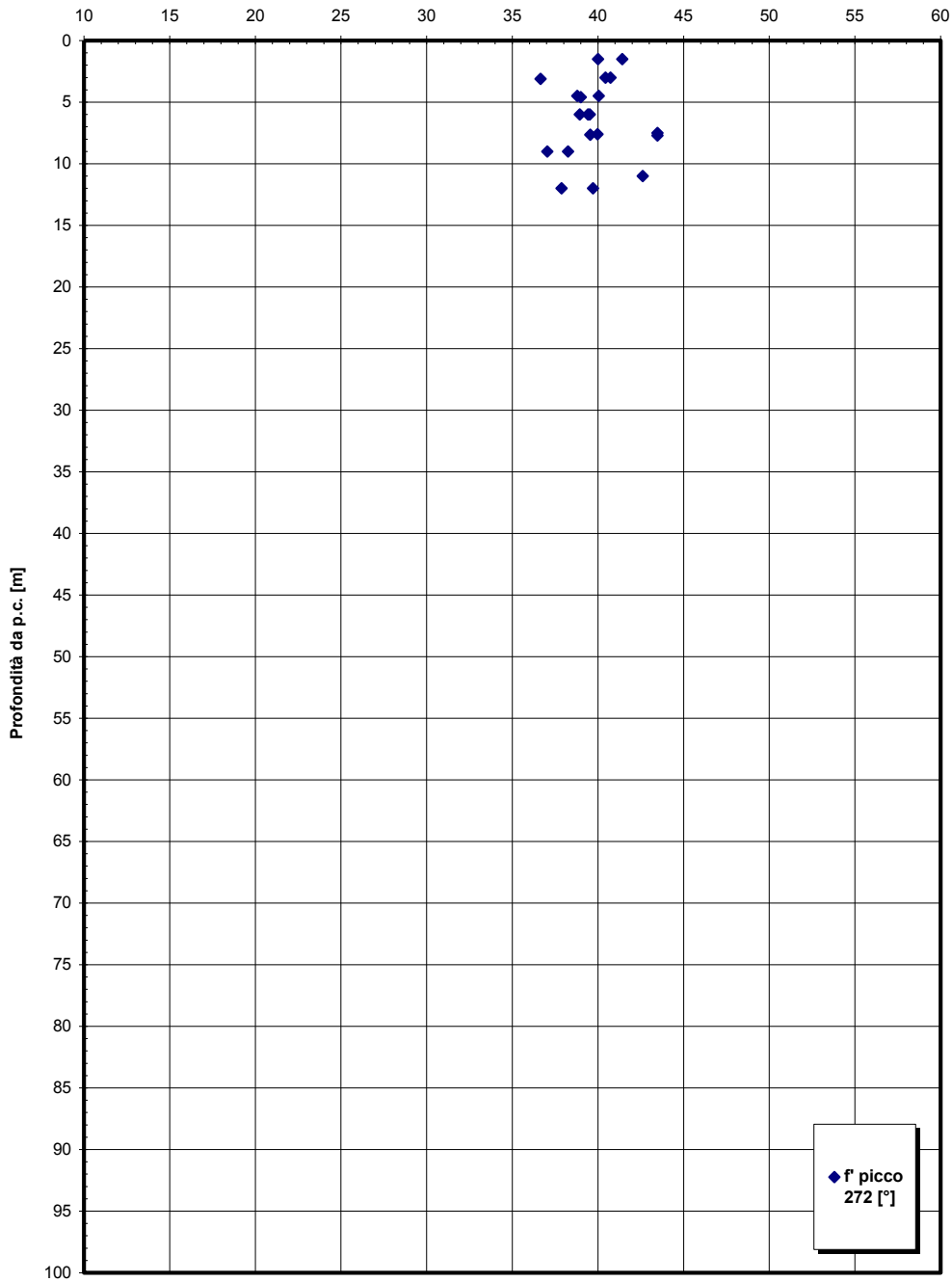


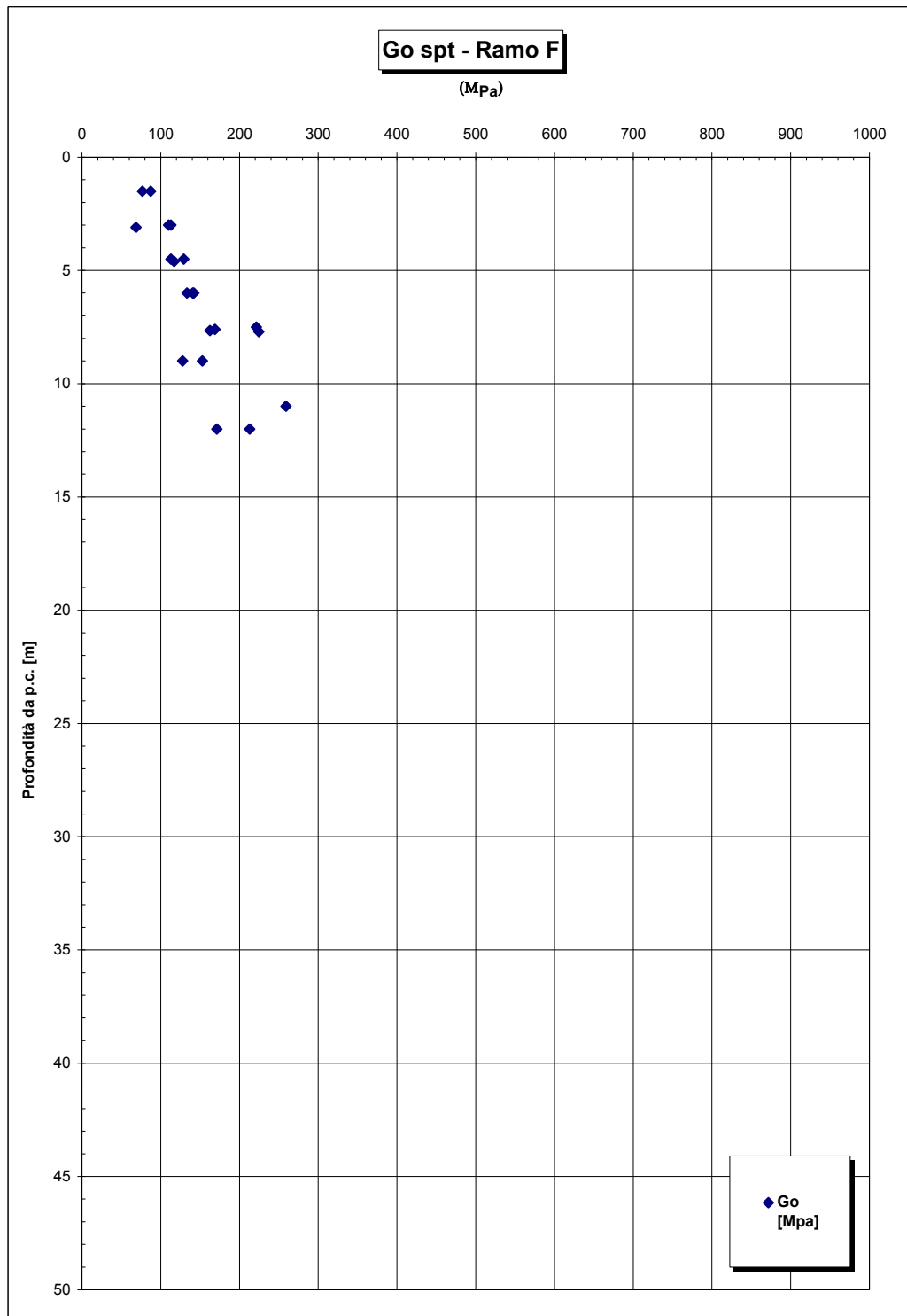
**e<sup>0</sup> - Ramo F**



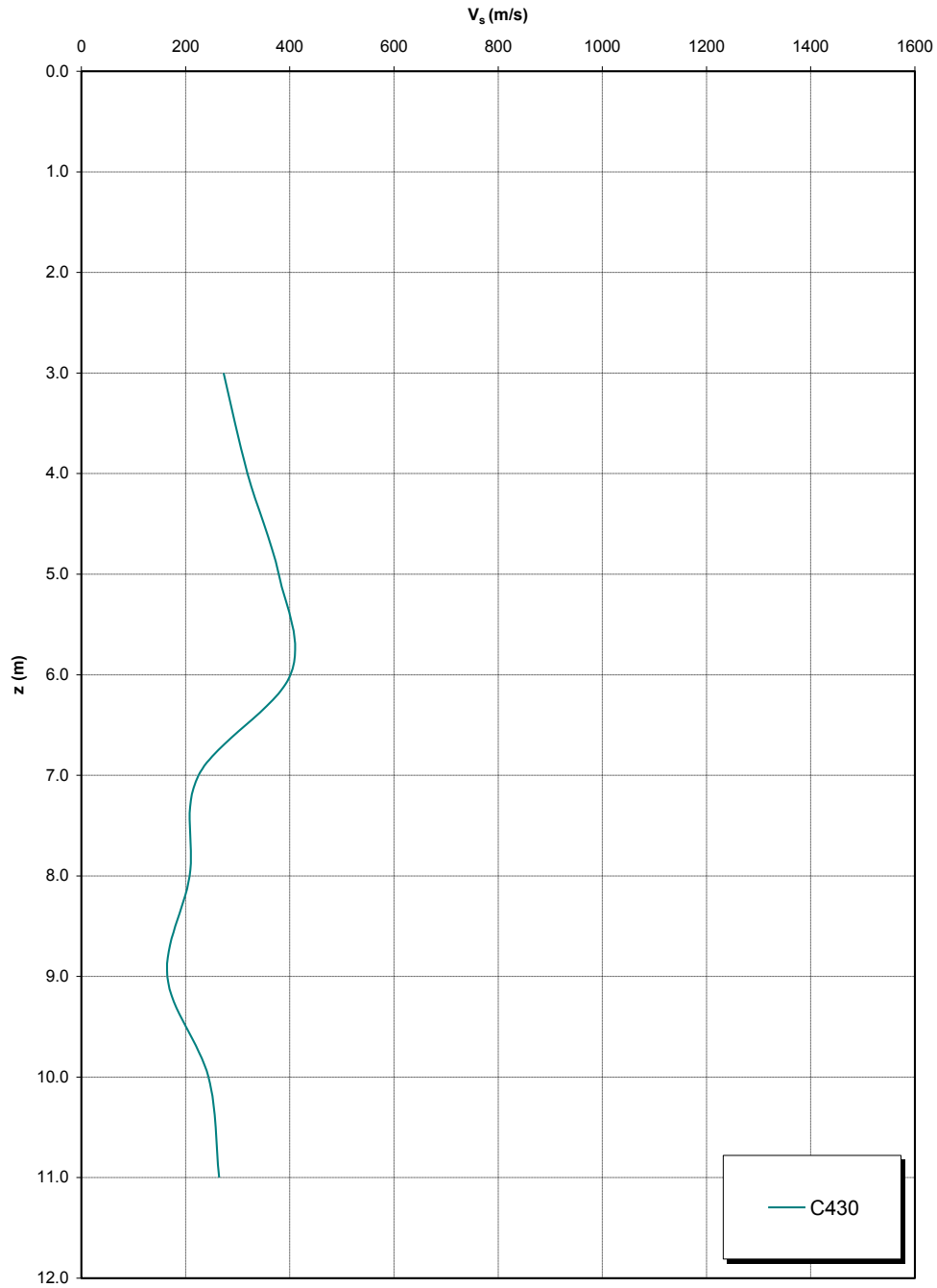
**$\phi^*$  picco - Ramo F**

(°)

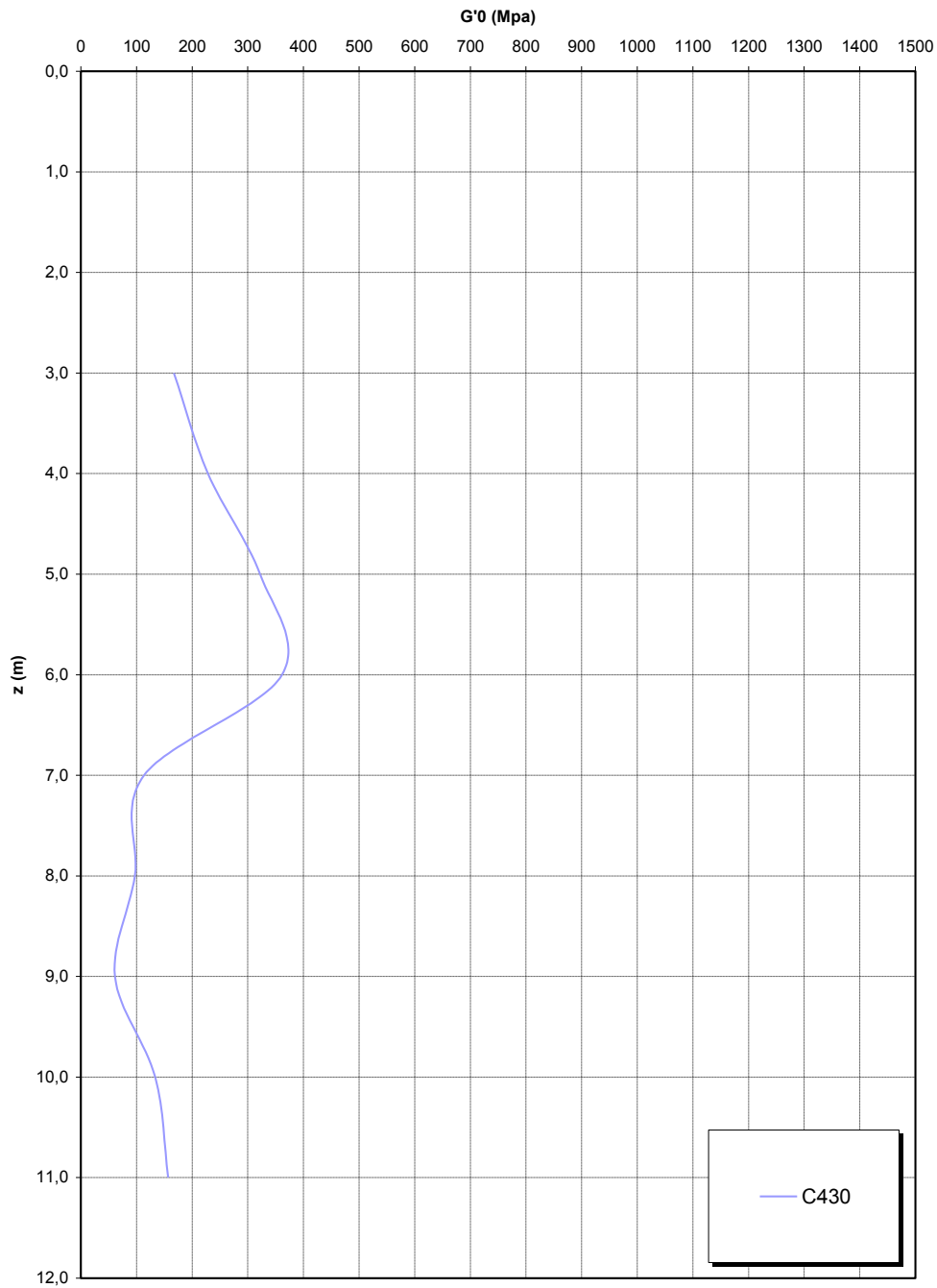






**Prove sismiche  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Rampa F -**



**Prove sismiche  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Rampa F -**





		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### **Plutoniti**

Per le caratteristiche fisiche dalle prove di laboratorio emerge un peso di volume  $\gamma$  di volume totale pari a 21KN/m<sup>3</sup>.

Considerando il probabile disturbo dei campioni si assume un range pari a 21-23 KN/m<sup>3</sup>

Per i parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci il modello utilizzato per la determinazione dei parametri è un continuo equivalente.

L'interpretazione delle caratteristiche dell'ammasso parte dalla stima del parametro RMR<sub>89</sub> che è stato valutato sulla base di 15 rilievi geostrutturali effettuati sugli affioramenti.

Il parametro GSI è quindi mediamente pari a 35-40.



Gli involuppi di rottura dell'ammasso roccioso sono stati determinati tenendo conto:

- del valore GSI di cui in precedenza;
- dei valori della resistenza alla compressione semplice  $\sigma_c$  determinata in laboratorio (30MPa) e del parametro  $m_i$  della roccia intatta pari a 33.

I risultati che si otterrebbero, per GSI = 40 sono riportati nella tabella, sia per le condizioni di resistenza di picco ("undisturbed rock mass") che per le condizioni di resistenza residua ("disturbed rock mass") per tensioni normali corrispondenti a profondità massime di circa 20m.

copertura (m)	$\sigma_n$ (Mpa)	Picco		Residuo	
		c' (MPa)	$\varphi'$ (°)	c' (MPa)	$\varphi'$ (°)
10.00	0.22	0.14	59	0.10	46
20.00	0.44	0.23	53	0.16	40
30.00	0.66	0.32	50	0.22	36
40.00	0.88	0.39	47	0.27	33
50.00	1.10	0.47	45	0.33	31
60.00	1.32	0.54	44	0.37	29
70.00	1.54	0.60	42	0.42	28
80.00	1.76	0.67	41	0.46	26
90.00	1.98	0.73	40	0.51	25
100.00	2.20	0.79	39	0.55	24

In contesti non caratterizzati da rotture pregresse o in atto e per analisi convenzionali in cui non venga simulato il decadimento della resistenza si potranno considerare come valori operativi quelli

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

rappresentati dai valori medi tra quelli “undisturbed” e “disturbed” oppure cautelativamente prossimi a quelli “disturbed”.

In contesti caratterizzati da rotture pregresse o in atto e per analisi convenzionali potranno considerarsi come valori operativi quelli rappresentati dai valori “disturbed”.

Per le zone tettonizzate o alterate si assume GSI=20 (classe IV-V RMR) e quindi si ottiene:

copertura (m)	$\sigma_n$ (Mpa)	Picco		Residuo	
		c' (MPa)	$\varphi'$ (°)	c' (MPa)	$\varphi'$ (°)
10.00	0.22	0.11	53	0.07	36
20.00	0.44	0.19	47	0.12	29
30.00	0.66	0.27	44	0.17	26
40.00	0.88	0.33	41	0.21	23
50.00	1.10	0.39	39	0.25	21
60.00	1.32	0.45	37	0.28	20
70.00	1.54	0.51	36	0.32	19
80.00	1.76	0.56	34	0.35	18
90.00	1.98	0.62	33	0.38	17
100.00	2.20	0.67	32	0.41	16

Su campioni rimaneggiati e prelevati nei sondaggi SG11, SG11bis, SG13 e SG13bis nei primi 30m, e quindi nella parte più alterata dell’ammasso, sono state effettuate prove di taglio diretto che forniscono per i parametri di resistenza  $c=0-20\text{KPa}$  e  $\phi'=32-40^\circ$ .



Per le caratteristiche di deformabilità considerando la relazione di [Serafim & Pereira, 1983](#) si ottiene:

$E'=500 \div 700$  Mpa rispettivamente per  $D=1$  e  $D=0.5$  in ammassi di classe IV-V RMR (faglie)

$E'=1000 \div 1500$  Mpa rispettivamente per  $D=1$  e  $D=0.5$  in ammassi di classe III-IV RMR

In base alle prove sismiche in foro (SG11, SG11bis, CN451) si ottiene un range di valori, tra 5m e 40m di profondità di  $E_0$  molto variabile mediamente pari a 1000 fino a 10m e a 2000 MPa tra 10m e 35m di profondità.

Dopo tale profondità la sismica Cn451 fornisce valori crescenti con  $E_0 > 4000$  MPa.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Il modulo statico  $E'$  risulta pari a  $E'=500 \div 700$  Mpa pari rispettivamente a circa  $1/5 \div 1/3$  di quello iniziale.

Le prove pressiometriche forniscono un range di valori, tra 15m e 35m di profondità di  $E'$  pari a 150-250MPa, mentre le prove dilatometriche un valore che si aggira intorno a 250-500MPa ( $1/5-1/10E_0$ ).

Si ritiene quindi ragionevole assumere tale range di valori operativi:

$E'=250 \div 500$  Mpa in ammassi di classe IV-V RMR (faglie) e nei primi 10m di profondità

$E'=500 \div 700$  Mpa in ammassi di classe IV-V RMR (faglie) e nei primi 10-35m di profondità

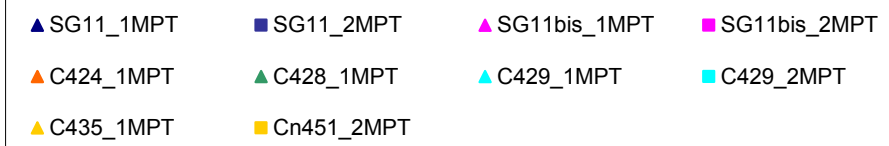
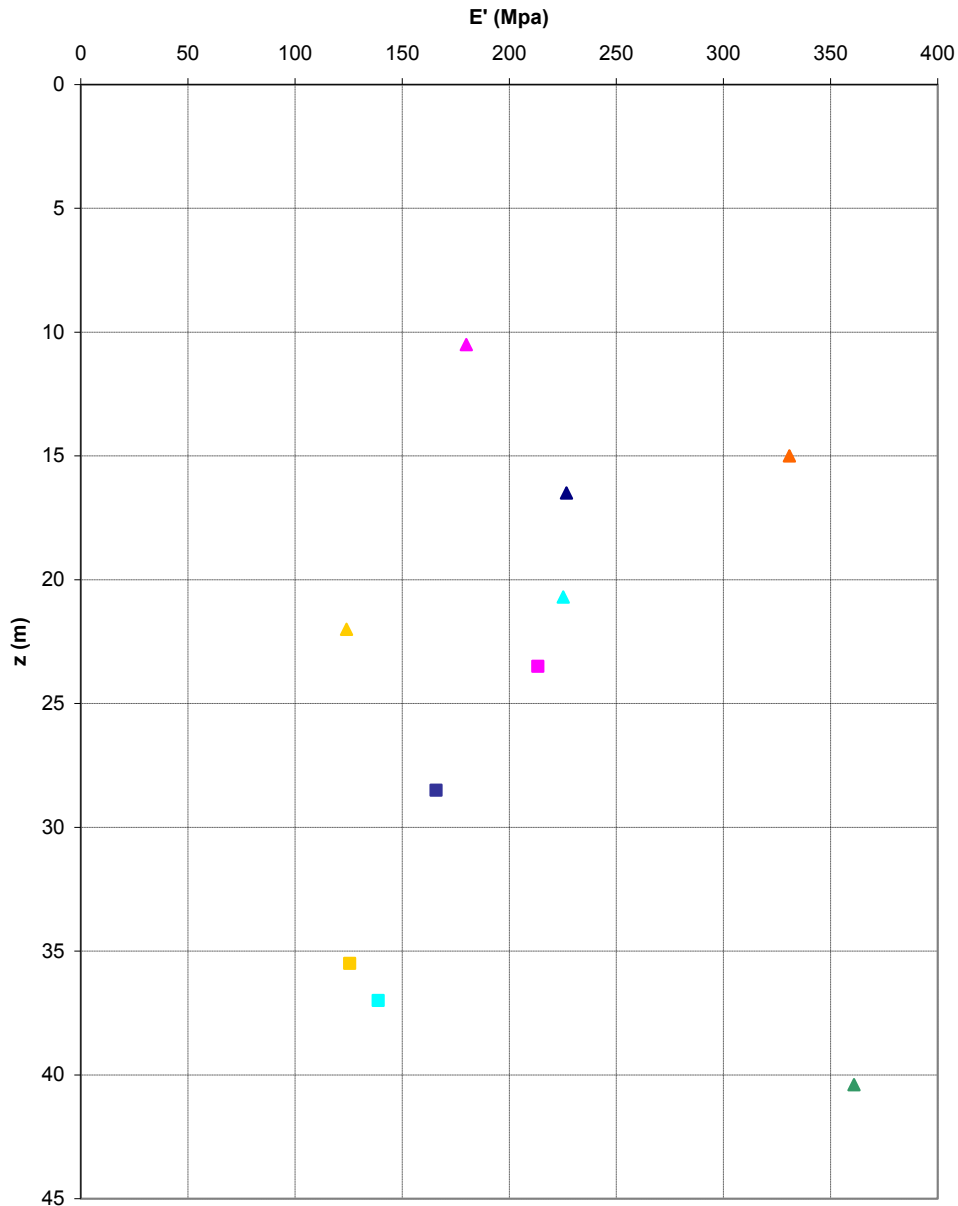
$E'=1000 \div 1500$  Mpa per profondità maggiori

### Riepilogo caratteristiche fisiche plutoniti

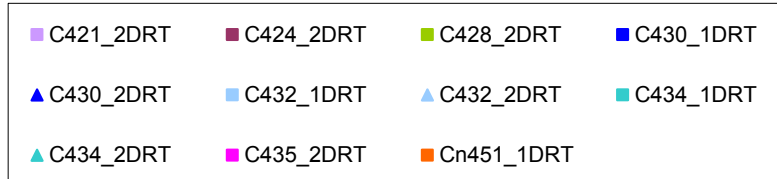
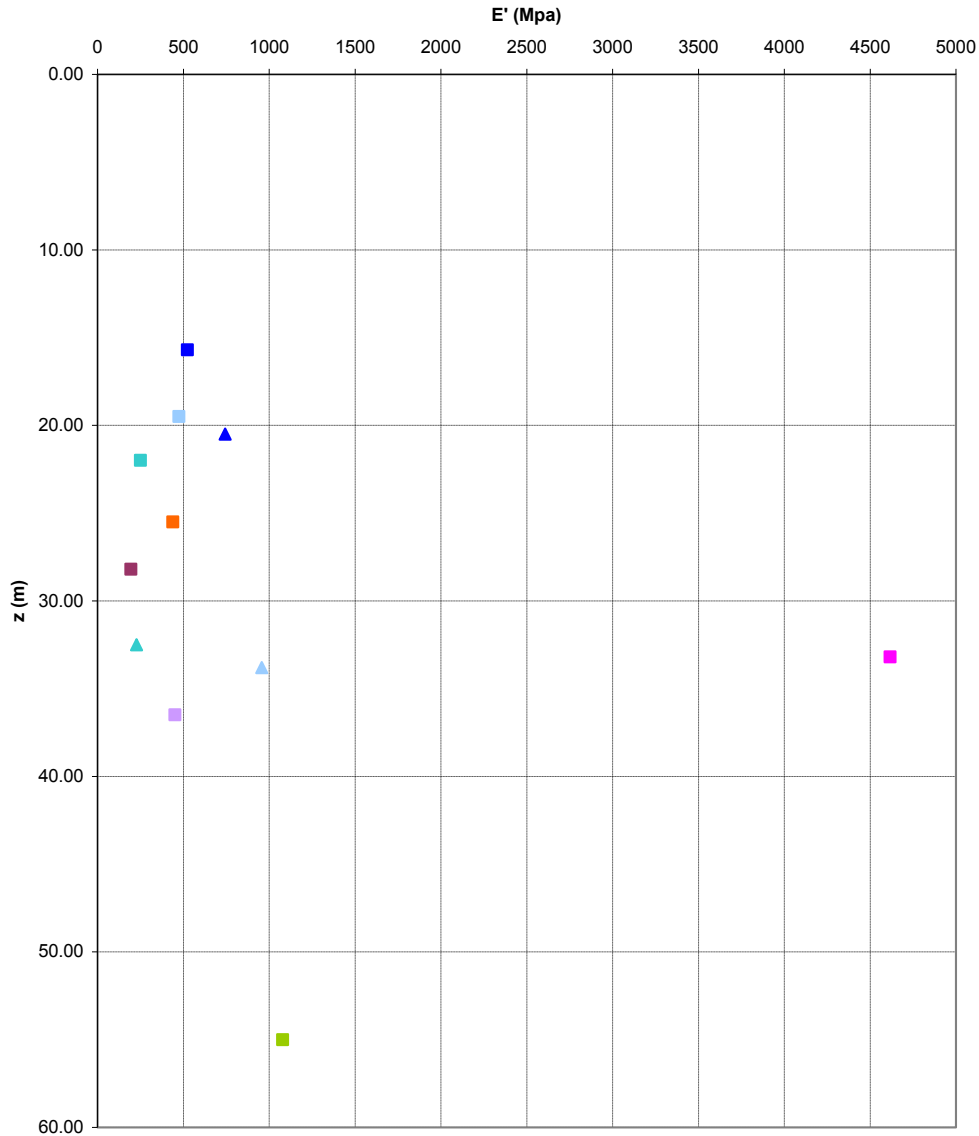
SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )
SG11bis	C1	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	4.1	19.91	18.0	25.80
SG11bis	C2	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	8.4	18.85	15.2	25.90
SG11bis	C3	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	11.45	18.55	17.0	26.10
SG11bis	C4	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	16.15	20.01	17.3	26.10
SG11bis	C5	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	22.8	19.52	17.9	25.40
SG11bis	C6	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	26.15	20.01	17.6	26.70
SG13bis	C1	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	6.65	19.81	17.1	26.70
SG13bis	C2	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	13.15	19.02	16.8	25.30
SG13bis	C3	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	19.60	18.8	17.3	26.30
SG13bis	C4	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	40.65	20.40	18.7	25.50
SG13bis	C6	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	54.65	20.97	17.9	25.80
Cn451	CR1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	31.60			26.67
Cn451	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	34.60			26.87
Cn451	CR3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	37.35			26.74
C421	CR3	Galleria Rampa A	31.8			26.50
C421	CR4	Galleria Rampa A	35.2			27.18
C421	CR5	Galleria Rampa A	38.80			27.21
C425	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	19.2			26.84
C425	SPT10	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	21			26.39
C425	CR3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	22.5			26.84
C425	SPT11	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	24			26.58
C429	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	23.8			27.19
C429	CR3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	28.9			26.92
C432	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	25.8			26.41
C432	SL01	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	18.8			27.21
C435	CR1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	20.5			26.86
C435	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	25.7			26.83
C435	CR3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	32.3			26.77
C435	CR4	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	39.9			26.39
C427	CR03	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	23.4			26.79
C427	CR04	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	31.3			26.61
C427	CR05	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	38.5			26.13
C421	SL01	Galleria Rampa A	13.6			26.78
C421	SL02	Galleria Rampa A	22.9			27.06
C427	SL01	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	31.8			27.05
C428	CI1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	14.08			26.76
C428	CR1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	17.42			26.45
C428	SPT7	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	21			27.13
C428	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	21.74			27.20
C428	CR03	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	24.4			27.75
C428	CR4	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	33.9			26.92
C428	CR6	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	38.55			26.66
C434	SPT8	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	15			26.37
C434	SPT9	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A acc	18			26.54

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )
SG11	C1/riman	Rampa C 1+200-3+300	10.00	20.23	18.83
SG11	C2/ind	Rampa C 1+200-3+300	23.00	21.82	20.83
SG11	C3/ind	Rampa C 1+200-3+300	27.00	20.20	20.63
Cn451	CR1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	31.60		26.67
Cn451	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	34.60		26.87
Cn451	CR3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	37.35		26.74
C421quater	SL01	ferrovia	83.90		27.13
C421quater	CR1	ferrovia	60.50		27.26
C421quater	CR2	ferrovia	68.20		27.11
C421quater	CR3	ferrovia	85.00		27.02
C421quater	CR4	ferrovia	93.30		26.83
C433	SL01	Rampa C 1+200-3+300 / Ramo A_acc / Rampa F	35.60		26.70
C433	SL01	Rampa C 1+200-3+300 / Ramo A_acc / Rampa F	37.40		26.68

**Prove pressiometriche  
PLUTONITI**



**Prove dilatometriche  
PLUTONITI**

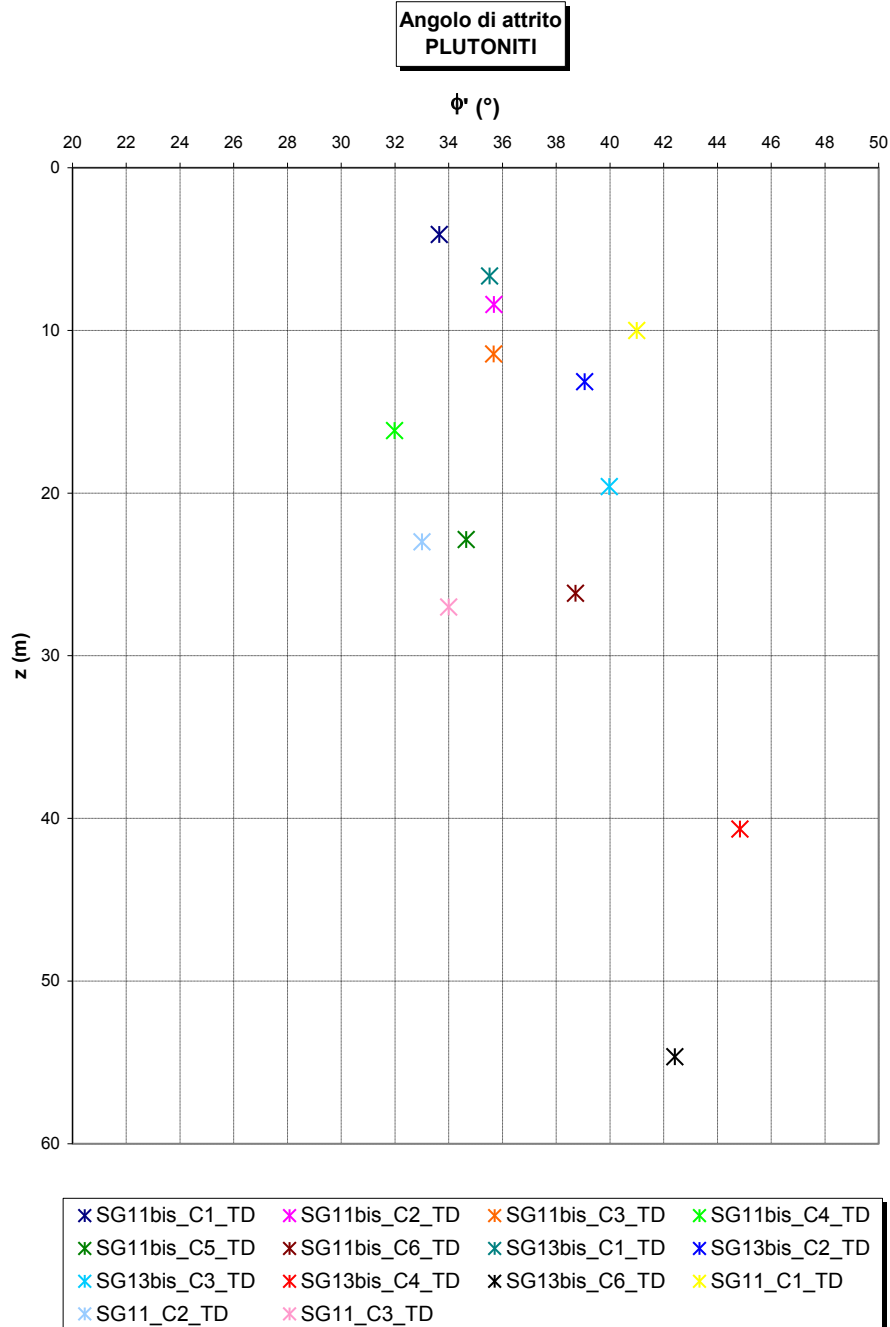


**ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)**  
**RELAZIONE DI CALCOLO**

*Codice documento*  
CS0561\_F0.doc

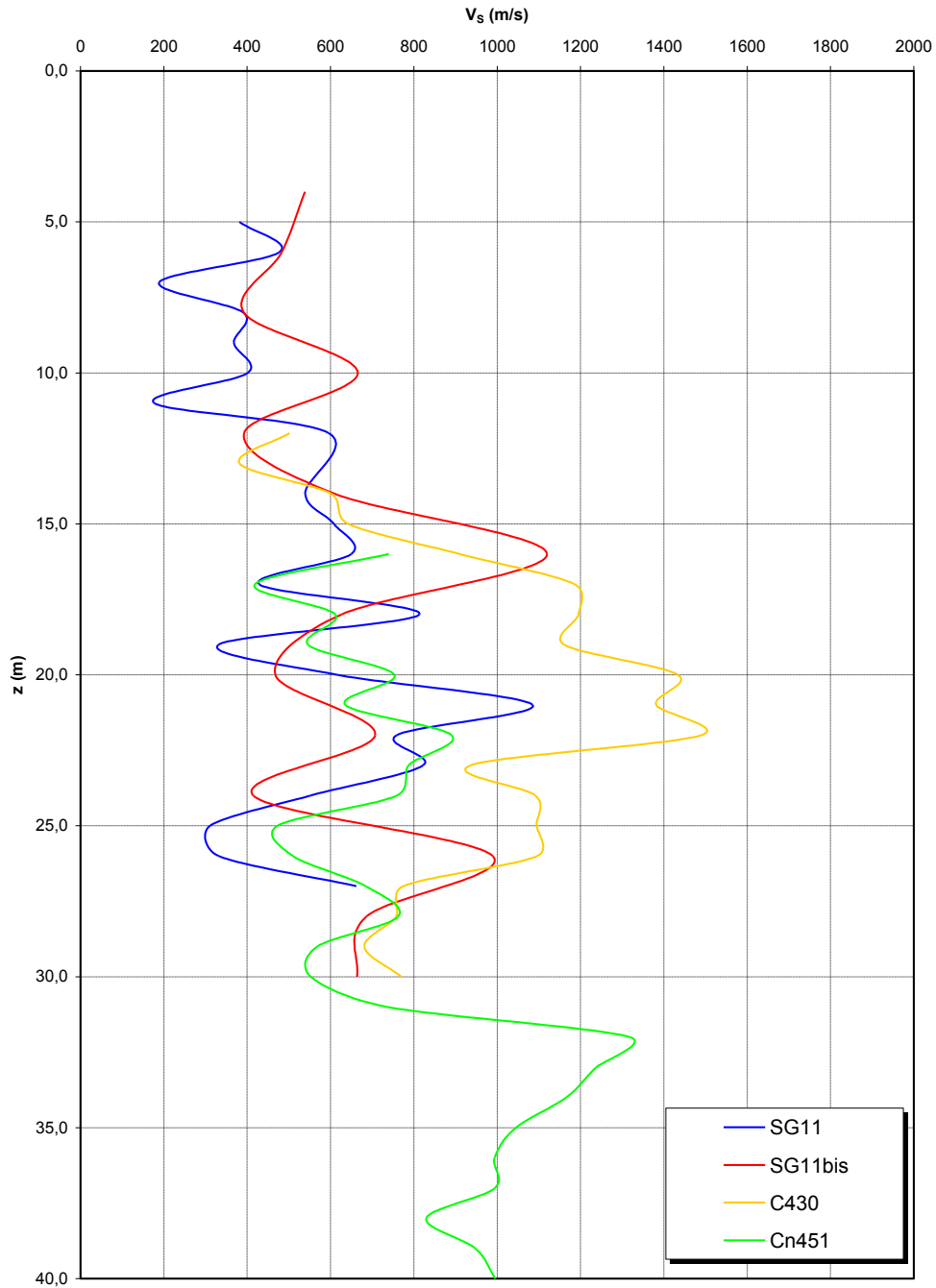
<i>Rev</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	Opera	PROVA	c' [kPa]	φ' [°]
SG11	C1/riman	10.0	Rampa C 1+200-3+300	TD	16.3	41
SG11	C2/ind	23.0	Rampa C 1+200-3+300	TD	11.6	33
SG11	C3/ind	27.0	Rampa C 1+200-3+300	TD	18.3	34
SG11bis	C1	4.1	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	21	34
SG11bis	C2	8.4	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	9	36
SG11bis	C3	11.5	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	8	36
SG11bis	C4	16.2	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	15	32
SG11bis	C5	22.9	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	0	35
SG11bis	C6	26.2	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	11	39
SG13bis	C1	6.7	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	TD	1	36
SG13bis	C2	13.2	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	TD	5	39
SG13bis	C3	19.6	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	TD	0	40
SG13bis	C4	40.7	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	TD	32	45
SG13bis	C6	54.7	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	TD	19	42

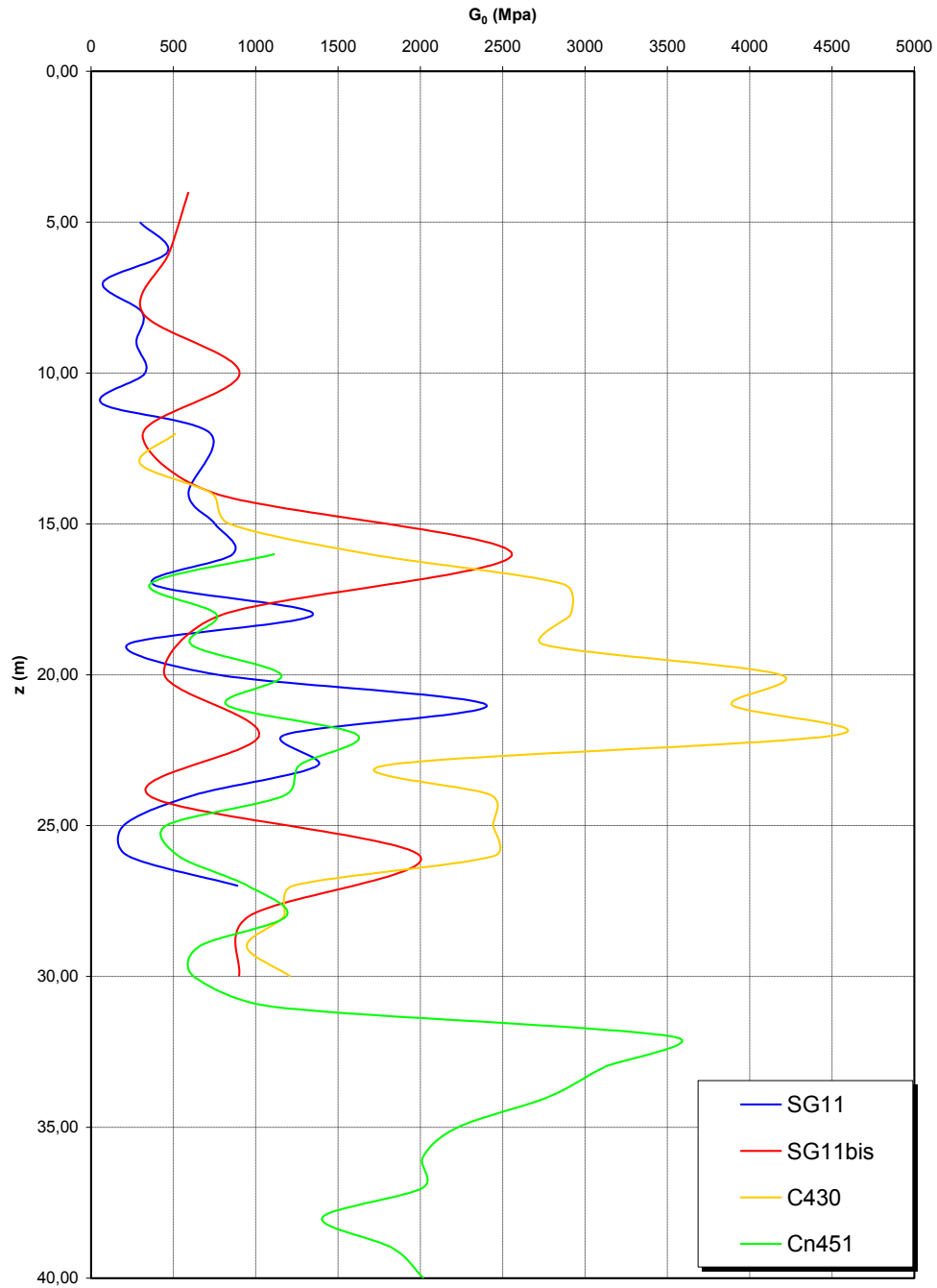




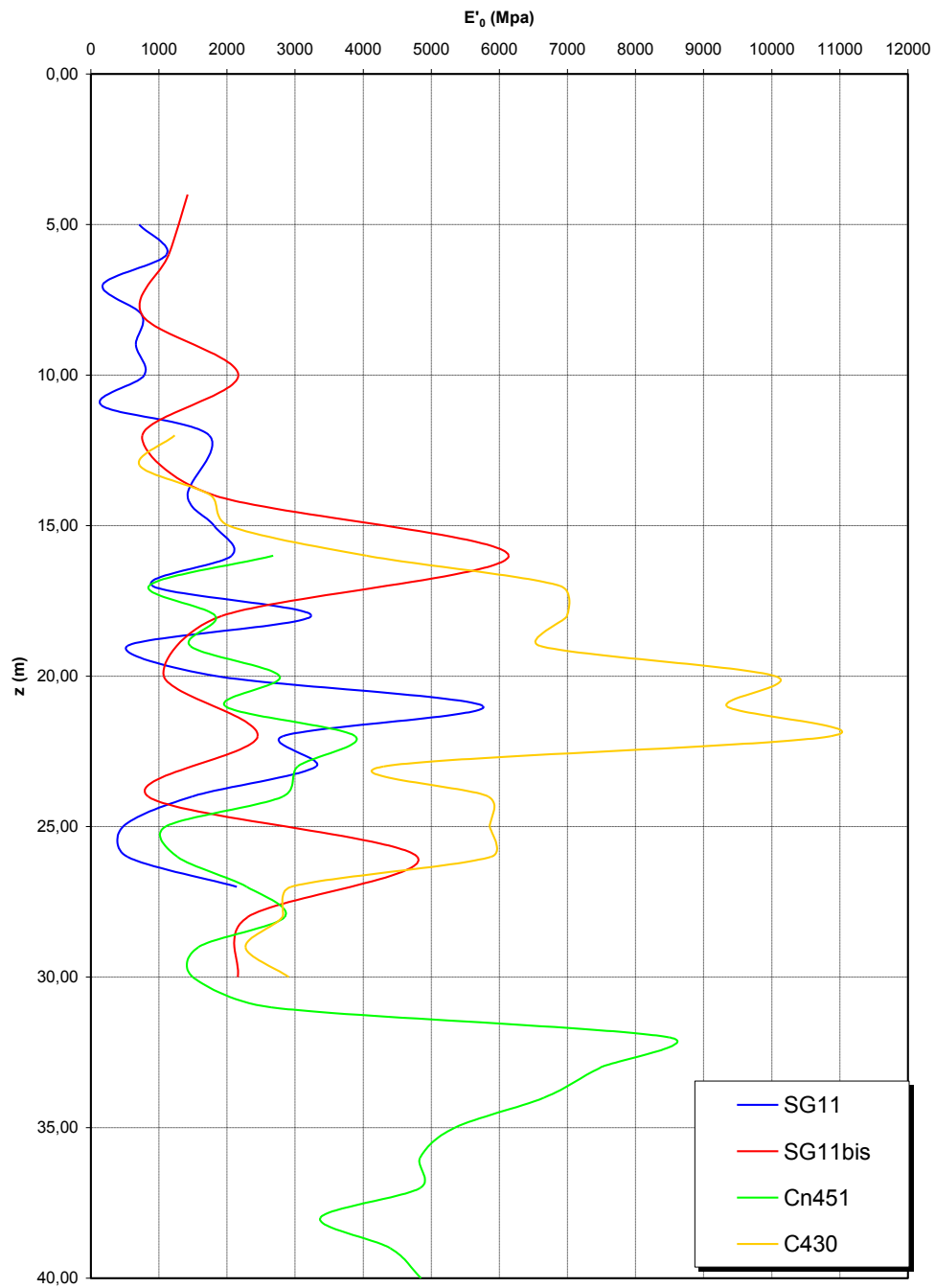
**Prove sismiche  
PLUTONITI**

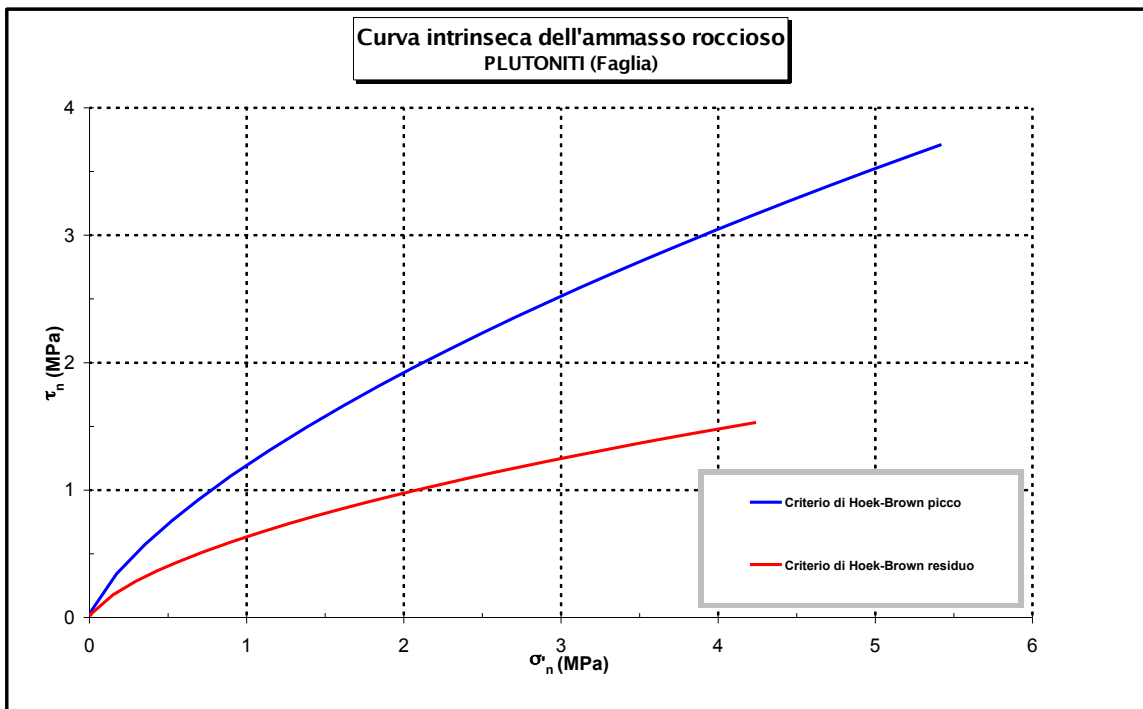
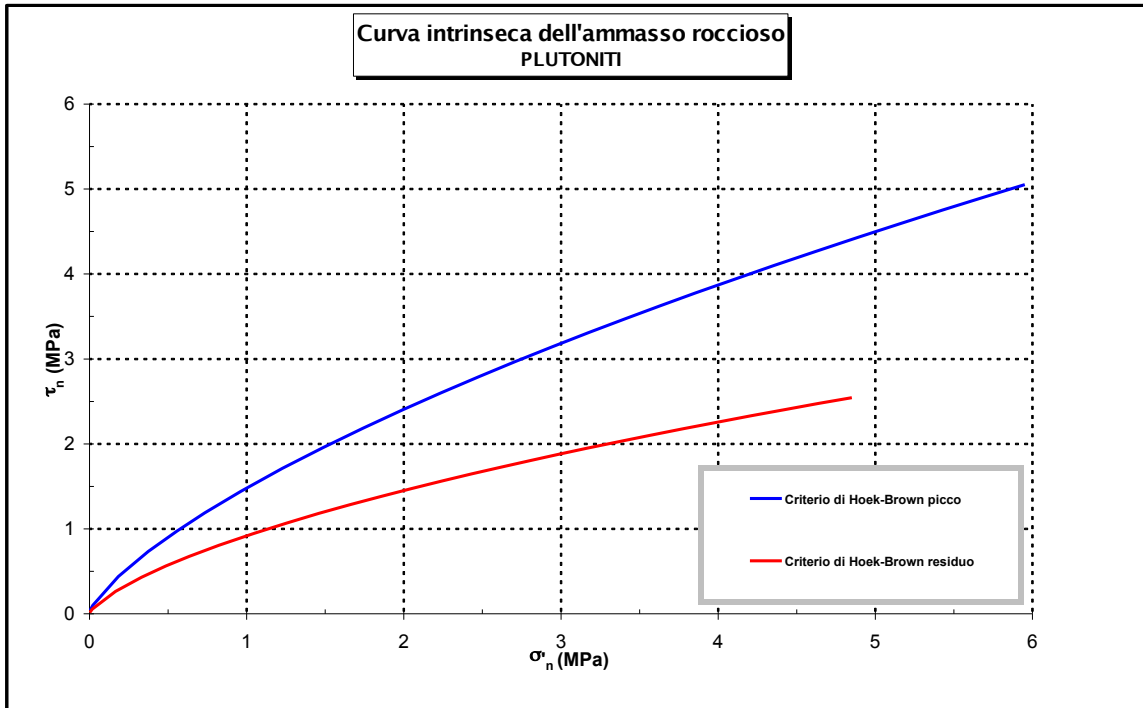




**Prove sismiche  
PLUTONITI**



**Prove sismiche  
PLUTONITI**







		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per il dimensionamento geotecnico (verifiche di portata della fondazione) del prolungamento del tombino scatolare, dei pozzetti di caduta e dei nuovi imbocchi sono state utilizzate le seguenti caratteristiche dei “*Depositi terrazzati marini*”:

- peso specifico = 20 kN/m<sup>3</sup>;
- angolo di attrito = 38°.

Per le sollecitazioni derivanti dal terreno da rilevato, in virtù delle caratteristiche granulometriche del materiale costituente il corpo del rilevato (terre appartenenti ai gruppi A1-a, A1-b, A2-4, A2-5 e A3 - UNI 10006/2002), delle sue modalità di posa per strati di 30 cm in condizioni ottimali di umidità ( $w_{opt} - 2,0\% < w < w_{opt} + 2,0\%$ , con  $w_{opt}$  da AASHTO modif.) e di compattazione (grado di costipamento > 92% secondo AASHTO modif.) si sono utilizzati i seguenti parametri di progetto:

- peso specifico = 20 kN/m<sup>3</sup>;
- angolo di attrito = 38°.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 5.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITÀ

La caratterizzazione sismica del sito in cui è inserita l'opera in oggetto viene effettuata sulla base delle indicazioni contenute nel D.M. 14/01/2008 (paragrafo 3.2).

I parametri sismici di base sono stati calcolati utilizzando il foglio di calcolo dedicato "Spettri di risposta", fornito dal Consiglio Sup. LL.PP. (<http://www.cslp.it/cslp/>), inserendo le coordinate geografiche dell'intervento in corrispondenza dell'opera in progetto:

<b>Latitudine</b>	38° 13' 49"
<b>Longitudine</b>	15° 39' 35"

#### 5.3.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA



L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito dipende dal periodo di riferimento considerato per la definizione dell'azione sismica.

In base alle indicazioni riportate nel paragrafo 2.4 del D.M. 14/01/2008 si scelgono i seguenti parametri di progetto:

<b>Tipo di costruzione</b>	2
<b>Vita nominale (<math>V_N</math>)</b>	50 anni
<b>Classe d'uso</b>	III
<b>Coefficiente d'uso (<math>C_U</math>)</b>	1.5

Pertanto il periodo di riferimento per l'azione sismica vale:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.5 = 75 \text{ anni}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 5.3.2 PARAMETRI SISMICI DI BASE

In base alla posizione del sito in esame ed al periodo di riferimento considerato, si ottengono i seguenti parametri sismici di base:

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [sec]
SLO	45	0.079	2.307	0.291
SLD	75	0.105	2.297	0.313
SLV	712	0.299	2.441	0.378
SLC	1462	0.397	2.481	0.410

dove:  $T_R$  = periodo di ritorno associato allo Stato Limite considerato;

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale;

$F_o$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



### 5.3.3 STATI LIMITE DI RIFERIMENTO

Nel caso delle strutture in genere e delle opere di sostegno (muri, paratie) devono essere verificati i seguenti Stati Limite:

- **SLD** (Stato Limite di Danno), associato alle verifiche a Stato Limite di Esercizio;
- **SLV** (Stato Limite di salvaguardia della Vita), associato alle verifiche a Stato Limite Ultimo.

### 5.3.4 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante un approccio semplificato che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento indicate nella Tabella 3.2.II del D.M. 14/01/2008.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360m/s e 800m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina media-mente consistenti</i> , con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180m/s e 360m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsa-mente consistenti</i> , con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).



In base alla caratterizzazione geotecnica del sito in cui sorge l'opera in progetto, il sottosuolo di progetto rientra nella **Categoria C**.

#### 5.3.4.1 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) può essere calcolato in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi al sottosuolo di Categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tabella 3.2.V del D.M. 14/01/2008.

Operando una semplificazione a favore di sicurezza, si assume come valore del coefficiente di amplificazione, per le componenti orizzontali del sisma, il limite superiore di suddetta tabella.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Pertanto si ha:

Categoria di sottosuolo	A	B	C	D	E
Coefficiente $S_s$	1.00	1.20	1.50	1.80	1.60

Per le componenti verticali del sisma, il coefficiente  $S_s$  assume sempre il valore unitario.

#### 5.3.4.2 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

In accordo con la Tabella 3.2.IV del D.M. 14/01/2008, le caratteristiche topografiche del sito in cui sorge l'opera in progetto rientrano nella **Categoria T1** (*“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ”*).



Tenendo conto delle condizioni topografiche ed in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, il valore del coefficiente di topografia ( $S_T$ ) assume quindi un valore unitario, in accordo con quanto riportato nella Tabella 3.2.VI del D.M. 14/01/2008.

#### 5.3.5 PARAMETRI PER LE VERIFICHE DI STABILITÀ DEL PENDIO

Per le verifiche di stabilità globale del pendio a monte del muro di sostegno si è invece considerata sia l'accelerazione orizzontale che quella verticale. Il valore del coefficiente  $\beta_s$  può essere ottenuto direttamente dalla Tabella 7.11.I del D.M. 14/02/2008, in quanto l'accelerazione sismica attesa per quest'opera non supera il valore massimo considerato nella suddetta tabella (pari a 0.4g): nel calcolo dei coefficienti sismici a SLV si è assunto  $\beta_s = 0.28$ :

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} = 0.126$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_s = \pm 0.063$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6 FASI COSTRUTTIVE

Di seguito vengono descritte le fasi costruttive per la realizzazione del prolungamento del tombino circolare idraulico esistente: vengono mantenute distinte le fasi di lavorazione a monte e a valle dell'Autostrada esistente, poiché la distanza è tale da renderle effettivamente indipendenti.

Si sottolinea che la realizzazione del prolungamento di monte dovrà avvenire a seguito della realizzazione della paratia di diaframmi definitiva (ubicata in fregio alla Rampa A).

### 6.1 REALIZZAZIONE DEL PROLUNGAMENTO A MONTE



Vengono elencate di seguito le fasi di realizzazione delle opere a monte dell'Autostrada esistente, in fregio alla carreggiata direzione Salerno:

1. Realizzazione dei micropali e del cordolo di testa della paratia provvisoria;
2. Sbancamento del terreno tra la paratia provvisoria e la paratia di diaframmi: durante tale fase si dovrà procedere alla posa in opera dei contrasti sulla paratia provvisoria secondo le modalità previste nella relazione di calcolo;
3. Demolizione del manufatto d'imbocco esistente e del fosso rivestito;
4. Realizzazione del nuovo manufatto d'imbocco;
5. Realizzazione del piano di posa e successiva posa in opera degli elementi prefabbricati circolari  $\varnothing 1500\text{mm}$  tra il tombino circolare esistente ed il nuovo manufatto d'imbocco;
6. Realizzazione del rivestimento del manufatto d'imbocco per garantire la continuità con il medesimo rivestimento dei diaframmi;
7. Demolizione del cordolo e della testa della paratia provvisoria e rimodellazione del terreno a lato dell'Autostrada A3.

### 6.2 REALIZZAZIONE DEL PROLUNGAMENTO A VALLE



Vengono elencate di seguito le fasi di realizzazione delle opere a valle dell'Autostrada esistente, in fregio alla carreggiata direzione Reggio Calabria:

1. Realizzazione dei micropali e del cordolo di testa della paratia provvisoria;
2. Sbancamento del terreno a valle della paratia provvisoria: durante tale fase si dovrà procedere alla posa in opera dei contrasti sulla paratia provvisoria secondo le modalità previste nella

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

relazione di calcolo ed alla realizzazione di una parete in spritz-beton per il sostegno del terreno al di sotto dell'esistente tombino;

3. Demolizione del manufatto esistente;
4. Realizzazione del nuovo pozzetto di caduta n°1;
5. Sbancamento del terreno nella zona del nuovo pozzetto di caduta n°2 e successiva realizzazione del pozzetto stesso;
6. Sbancamento del terreno nella zona del nuovo muro di sostegno della Rampa F e successiva realizzazione del medesimo muro;
7. Realizzazione del piano di posa e successiva posa in opera degli elementi prefabbricati circolari Ø1500mm tra il pozzetto n°2 ed il muro di sostegno;
8. Ricoprimento del tombino tra il pozzetto di caduta n°2 ed il muro di sostegno per la realizzazione del rilevato della Rampa F;
9. Realizzazione del piano di posa e successiva posa in opera degli elementi prefabbricati circolari Ø1500mm tra i pozzetti n°1 e n°2;
10. Ricoprimento del tombino tra i pozzetti di caduta n°1 e n°2 ed il muro di sostegno per la realizzazione del rilevato della Rampa C;
11. Demolizione del cordolo e della testa della paratia provvisoria e rimodellazione del terreno a lato dell'Autostrada A3.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

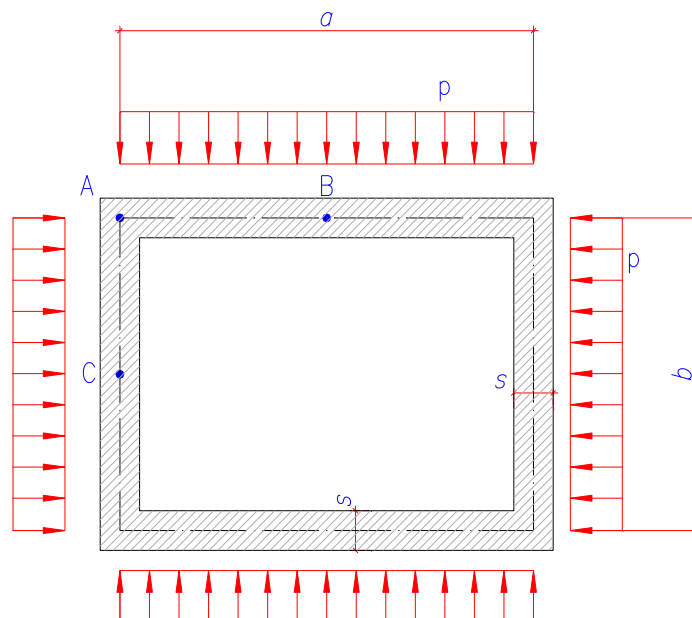
## 7 ANALISI MANUFATTO D'IMBOCCO

Per il dimensionamento delle camerette di ispezione si considera il massimo ricoprimento  $H = 11.0$  m e le dimensioni interne in pianta  $4.50$  m X  $3.00$  m, lo spessore delle pareti è pari a  $0.40$  m.

### 7.1 ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE

#### 7.1.1 SCHEMA STATICO



L'analisi statica è stata svolta studiando tre sezioni trasversali della cameretta di ispezione, di dimensioni  $a \times b$ , come telaio chiuso soggetto a carichi distribuiti uniformi di valore  $p$ .



Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica si rimanda completamente ai paragrafi precedenti.

Le principali caratteristiche geometriche utilizzate nel calcolo del telaio sono le seguenti:

Dimensioni (m)	Spessore (m)	Profondità (m)
4.90 x 3.40	0.50	11.00

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### 7.1.2 ANALISI DEI CARICHI

Per il calcolo della struttura si sono considerati i seguenti carichi:

#### Spinta laterale del terreno (a riposo)



La spinta laterale del terreno sulla struttura avrà una distribuzione triangolare con un valore massimo alla base. I valori di spinta assunti nel calcolo della struttura si ottengono tramite la seguente formula:

$$S_T = k_0 \cdot \gamma \cdot h_T = 0.38 \cdot 20 \cdot 11.0 = 83.6 \text{ kN/m}^2$$

#### Spinta del sovraccarico accidentale sulla parete laterale della cameretta

Considerando un sovraccarico agente sul terreno pari a 20.0 kN/m<sup>2</sup> posizionato in modo tale da generare delle spinte orizzontali sulla parete della struttura.

$$S_{ACC} = q \cdot k_0 = 20.00 \cdot 0.38 = 7.60 \text{ kN/m}^2$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 7.1.3 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Con riferimento allo schema statico riportato precedentemente si ottiene il carico uniformemente distribuito sommando il contributo del sovraccarico accidentale a quello della spinta del terreno:

$$\begin{aligned}
 \text{SLE} \quad p &= S_T + S_{ACC} = 123.12 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{SLU} \quad p &= 1.35 \cdot S_T + 1.35 \cdot S_{ACC} = 91.20 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{FESS\_QP} \quad p &= S_T = 83.60 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{FESS\_FR} \quad p &= S_T + 0.7 \cdot S_{ACC} = 88.92 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$



Considerando il rapporto k dato da:

$$k = \frac{b}{a} = 1.43$$

$$N_B = \frac{p \cdot b}{2}; M_A = \frac{p \cdot (a^2 + b^2 \cdot k)}{12 \cdot (1+k)}; M_B = -\frac{p \cdot a^2}{8} + M_A; N_C = \frac{p \cdot a}{2}; M_C = -\frac{p \cdot b^2}{8} + M_A; T_{MAX} = N_B = N_C$$

si ottengono le seguenti sollecitazioni:

	<b>N<sub>B</sub></b> <b>[kN]</b>	<b>M<sub>A</sub></b> <b>[kNm]</b>	<b>M<sub>B</sub></b> <b>[kNm]</b>	<b>N<sub>C</sub></b> <b>[kN]</b>	<b>M<sub>C</sub></b> <b>[kNm]</b>	<b>T<sub>MAX</sub></b> <b>[kN]</b>
<b>SLE</b>	228.00	150.10	10.45	159.60	-134.90	228.00
<b>SLU</b>	307.80	202.64	14.11	215.46	-182.12	307.80
<b>FESS_QP</b>	209.00	137.59	9.58	146.30	-123.66	209.00
<b>FESS_FR</b>	222.30	146.35	10.19	155.61	-131.53	222.30

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

## 7.2 VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Tutte le condizioni di carico vengono utilizzate per le verifiche a Stato Limite di Esercizio, mentre per le verifiche a Stato Limite di Fessurazione vengono utilizzate le sole condizioni di carico 3-4 (combinazioni Frequenti) e 5-6 (combinazioni Quasi Permanenti).

### Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0  
 h2 50.0 b3 100.0

### Descrizione dell'armatura normale

5 ø20 mm posizionati a 6.0 cm da intradosso  
 5 ø20 mm posizionati a 44.0 cm da intradosso

Area armatura normale = 3141.6 (mm<sup>2</sup>) a 25.0 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 = 150.1 (KN.m)  
 Sforzo normale = -159.6 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.68 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Trazione massima nell'acciaio = 191.05 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.6 (cm)  
 Braccio di leva interno = 39.0 (cm)

### Condizione di carico 2

Momento = -134.9 (KN.m)  
 Sforzo normale = -159.6 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.12 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Trazione massima nell'acciaio = 166.80 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.9 (cm)  
 Braccio di leva interno = 38.7 (cm)



### Condizione di carico 3

Momento = 146.4 (KN.m)  
 Sforzo normale = -155.6 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.54 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Trazione massima nell'acciaio = 186.27 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.6 (cm)  
 Braccio di leva interno = 39.0 (cm)

### Condizione di carico 4

Momento = -131.5 (KN.m)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Sforzo normale = -155.6(KN)**

**Compressione massima nel calcestruzzo = -4.99(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Trazione massima nell'acciaio = 162.63(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.9 (cm)**  
**Braccio di leva interno = 38.7 (cm)**

**Condizione di carico 5**

**Momento = 137.6(KN.m)**  
**Sforzo normale = -146.3(KN)**

**Compressione massima nel calcestruzzo = -5.21(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Trazione massima nell'acciaio = 175.12(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.6 (cm)**  
**Braccio di leva interno = 39.0 (cm)**



**Condizione di carico 6**

**Momento = -123.7(KN.m)**  
**Sforzo normale = -146.3(KN)**

**Compressione massima nel calcestruzzo = -4.69(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Trazione massima nell'acciaio = 152.90(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.9 (cm)**  
**Braccio di leva interno = 38.7 (cm)**

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Rev</b></td> <td style="width: 50%;"><b>Data</b></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<b>Rev</b>	<b>Data</b>	F0	20/06/2011
<b>Rev</b>	<b>Data</b>						
F0	20/06/2011						

## 7.3 VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

### 7.3.1 COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI

#### Momento positivo

##### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

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

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

b1 100.0  
 h2 50.0 b3 100.0

##### Descrizione dell'armatura normale

5 ø20 mm posizionati a 6.0 cm da intradosso  
 5 ø20 mm posizionati a 44.0 cm da intradosso

Area armatura normale = 3141.6 (mm<sup>2</sup>) a 25.0 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 = 20.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm<sup>-1</sup>

Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 31.5 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 141.49 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = 168.44 (KN.m)

##### Stadio non fessurato

Coefficiente di omogeneizzazione = 15

Distanza asse neutro da lembo teso = 22.7 cm

Altezza del tirante ideale = 20.0 cm

Densità d'armatura del tirante ideale = 0.785 %

##### Stadio fessurato

Coefficiente di omogeneizzazione = 15

Distanza media fra due fessure attigue  $S_m$  = 28.2 cm



Momento di fessurazione; Trazione acciaio = 214.5 (N/mm<sup>2</sup>)

Coeff.  $K_3$  ( $= [0.25 \cdot (\sigma_1 + \sigma_2) / (2 \cdot \sigma_1)]$ ) = 0.140

Trazione nell'acciaio per il calcolo della fessura = 186.3 (N/mm<sup>2</sup>)

Ampiezza della fessura ( $w = 1.7 \cdot S_m \cdot \sigma_{sm} / E_s$ ) = 0.1135 - 0.1135 mm

Il valore dell'ampiezza teorica delle fessure risulta inferiore al valore limite da normativa (0.3 mm);  
 la verifica è pertanto soddisfatta.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<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: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">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						

## Momento negativo

### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

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

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

b1 100.0  
h2 50.0 b3 100.0

#### Descrizione dell'armatura normale

5 ø20 mm posizionati a 6.0 cm da intradosso  
5 ø20 mm posizionati a 44.0 cm da intradosso

Area armatura normale = 3141.6 (mm<sup>2</sup>) a 25.0 cm da intrad.

#### Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'estradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 20.0 (mm)



Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm<sup>-1</sup>

Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 31.5 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 143.17 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = -1.704E+02 (KN.m)

La verifica a fessurazione perde di significato poichè il momento di 1° fessurazione risulta superiore al momento sollecitante.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## 7.3.2 COMBINAZIONI FREQUENTI

### Momento positivo

#### 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 40.0 b3 100.0

##### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
5 ø14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>) a 20.0 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 = 14.0 (mm)



Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm<sup>-1</sup>

Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 31.5 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 82.92 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = 98.71 (KN.m)

La verifica a fessurazione perde di significato poichè il momento di 1° fessurazione risulta superiore al momento sollecitante.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<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: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">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						

## Momento negativo

### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

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

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

b1 100.0  
h2 50.0 b3 100.0

#### Descrizione dell'armatura normale

5 ø20 mm posizionati a 6.0 cm da intradosso  
5 ø20 mm posizionati a 44.0 cm da intradosso

Area armatura normale = 3141.6 (mm<sup>2</sup>) a 25.0 cm da intrad.

#### Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'estradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 20.0 (mm)



Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm<sup>-1</sup>

Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 31.5 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 143.17 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = -1.704E+02 (KN.m)

La verifica a fessurazione perde di significato poichè il momento di 1° fessurazione risulta superiore al momento sollecitante.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: left;">Rev</th> <th style="text-align: left;">Data</th> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

## 7.4 VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO

### 7.4.1 FLESSIONE

#### METODO SEMIPROBABILISTICO - VERIFICA A ROTTURA

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

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

b1 100.0  
 h2 50.0 b3 100.0

#### Descrizione dell'armatura normale

5 ø20 mm posizionati a 6.0 cm da intradosso  
 5 ø20 mm posizionati a 44.0 cm da intradosso

Area armatura normale = 3141.6 (mm<sup>2</sup>) a 25.0 cm da intrad.

#### Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000.0 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Modulo Elastico calcestruzzo = 36000.0 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Resistenza cubica del calcestruzzo:  $R_{ck} = 40.00$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 Resistenza cubica iniziale (alla tesatura):  $R_{ckj} = 32.00$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 Soglia di snervamento acciaio normale:  $F_{yk} = 440.00$  (N/mm<sup>2</sup>)

#### Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo  
 Accorciamento ultimo a flessione = 0.3500 %  
 Accorciamento ultimo a compress. = 0.2000 %  
 Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare  
 Allungamento ultimo acciaio normale = 0.675 %  
 Coefficiente di sicurezza calcestruzzo :  $\gamma_c = 1.500$   
 Coefficiente di sicurezza acciaio :  $\gamma_s = 1.150$   
 Termine di lunga durata :  $F_1 = 0.850$   
 Rapporto  $R_{cy1}/R_{cubo}$ :  $F_2 = 0.830$   
 Resistenza di progetto calcestruzzo :  $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \gamma_c = 0.47 R_{cubo}$   
 Resistenza di progetto dell'acciaio :  $F_{sd} = F_{yk} / \gamma_s = 0.87 F_{yk}$

#### Resistenze di progetto



Calcestruzzo = 18.81 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Acciaio normale = 382.61 (N/mm<sup>2</sup>)

#### Convenzioni di segno

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

#### Condizione di carico 1

Momento di Progetto  $M_d = 202.6$  (KN.m)  
 Sforzo di Progetto  $N_d = -215.5$  (KN)  
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.4 (cm)  
 Momento di Rottura  $M_r = 293.8$  (KN.m)  
 Sforzo di Rottura  $N_r = -215.0$  (KN)  
 Rottura nel Dominio 2  
 Rapporto  $M_r/M_d = 1.45$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Condizione di carico 2**

**Momento di Progetto  $M_d$  = -182.1 (KN.m)**  
**Sforzo di Progetto  $N_d$  = -215.5 (KN)**



**Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.4 (cm)**

**Momento di Rottura  $M_r$  = -293.8 (KN.m)**

**Sforzo di Rottura  $N_r$  = -215.0 (KN)**

**Rottura nel Dominio 2**

**Rapporto  $M_r/M_d$  = 1.613**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 7.4.2 TAGLIO

### Verifiche senza armatura trasversale resistente a taglio

Con riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3.1 del D.M. 14/01/2008, la resistenza alle sollecitazioni taglianti di elementi sprovvisti di apposita armatura a taglio è valutata con la seguente espressione:

$$V_{Rd} = [0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$\text{con: } \begin{cases} k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2 \\ v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{3/2} \end{cases}$$

dove:  $d$  = altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  = rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  = tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 \cdot f_{cd}$ );

$b_w$  = larghezza minima della sezione (in mm).

Di seguito viene presentata la tabella di verifica della sezione.

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

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	$R_{ck}$	=	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	$f_{ck}$	=	<b>33</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del cls	$f_{cd}$	=	<b>18.81</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	$F_{yd}$	=	<b>391.30</b>	N/mm <sup>2</sup>

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



Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	$V_{Ed}$	=	<b>307.80</b>	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$	$N(V_{Ed})$	=	<b>215.46</b>	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$	$M(V_{Ed})$	=	<b>182.12</b>	kNm

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

Altezza utile della sezione	$d$	=	<b>440</b>	mm
Larghezza minima della sezione	$b_w$	=	<b>1000</b>	mm

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

Diametro ferri longitudinali	$\varnothing$	=	<b>20</b>	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n^\circ$	=	<b>5</b>	-
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl}$	=	<b>1570</b>	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitud. ( $\leq 0.02$ )	$\rho_l$	=	<b>0.0036</b>	-

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Calcolo del taglio resistente:**

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione ( $\leq 2$ )	k	=	1.67	-
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resist. del cls	$v_{min}$	=	0.44	N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compress. nella sezione ( $\leq 0.2 \times f_{cd}$ )	$\sigma_{cp}$	=	0.49	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	224.54	kN
Resistenza ultima a taglio ( $V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$ )	$V_{Rd}$	=	<b>233.83</b>	kN

Poichè il taglio sollecitante ( $V_{Sd}$ ) risulta maggiore del taglio resistente ( $V_{Rd}$ ), la sezione deve essere armata a taglio.

**Verifiche con armatura trasversale resistente a taglio**

Con riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3.1 del D.M. 14/01/2008, la resistenza alle sollecitazioni taglianti di elementi provvisti di apposita armatura a taglio è valutata con la seguente espressione:

$$V_{Rd} = \min[V_{Rsd}, V_{Rcd}]$$

con:  $V_{Rsd}$  = resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura trasversale:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot [\text{ctg}(\alpha) + \text{ctg}(\vartheta)] \cdot \text{sen}(\alpha)$$

$V_{Rcd}$  = resistenza di calcolo a "taglio compressione" del calcestruzzo d'anima:

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot [\text{ctg}(\alpha) + \text{ctg}(\vartheta)] / [1 + \text{ctg}^2(\vartheta)]$$

dove: d = altezza utile della sezione (in mm);

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  = tensione media di compressione nella sezione;

$b_w$  = larghezza minima della sezione (in mm);

$A_{sw}$  = area dell'armatura trasversale (in mm<sup>2</sup>);

s = interasse tra due armature trasversali consecutive (in mm);



$\alpha$  = angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento;

$f'_{cd}$  = resistenza a compressione ridotta del cls d'anima ( $f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$ );

$\alpha_c$  = coefficiente maggiorativo pari a:

1	per membrature compr.;
$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25f_{cd}$
1.25	per $0.25f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0.5f_{cd}$
$2.5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0.5f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Di seguito viene presentata la tabella di verifica della sezione.

**Caratteristiche dei materiali:**

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	$R_{ck}$	=	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	$f_{ck}$	=	<b>33</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del cls	$f_{cd}$	=	<b>18.81</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	$F_{yd}$	=	<b>391.30</b>	N/mm <sup>2</sup>

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

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	$V_{Ed}$	=	<b>307.80</b>	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$	$N(V_{Ed})$	=	<b>215.46</b>	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$	$M(V_{Ed})$	=	<b>182.12</b>	kNm

**Caratteristiche geometriche della sezione:**

Altezza utile della sezione	$d$	=	<b>440</b>	mm
Larghezza minima della sezione	$b_w$	=	<b>1000</b>	mm

**Armatura della sezione in zona tesa:**



Diametro ferri longitudinali	$\varnothing$	=	<b>20</b>	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n^\circ$	=	<b>5</b>	-
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl}$	=	<b>1570</b>	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitud. ( $\leq 0.02$ )	$\rho_l$	=	<b>0.0036</b>	-

**Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo d'inclinaz. armatura trasv. su asse dell'elemento	$\alpha$	=	<b>45</b>	°
Diametro ferri a taglio	$\varnothing_{sw}$	=	<b>10</b>	mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	$n^\circ_{sw}$	=	<b>5</b>	-
Passo in direzione asse elemento	$s$	=	<b>200</b>	mm
Area totale di armatura a taglio	$A_{sw}$	=	<b>395</b>	mm <sup>2</sup>

**Fattori di resistenza a compressione:**



Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	$\theta$	=	<b>45</b>	°
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	$f'_{cd}$	=	<b>9.41</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	=	<b>0.00</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse	$\alpha_c$	=	<b>1.03</b>	-

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Calcolo del taglio resistente:**

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura	$V_{Rsd}$	=	432.80	kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls	$V_{Rcd}$	=	3822.00	kN
Resistenza ultima a taglio	$V_{Rd}$	=	<b>432.80</b>	kN

Utilizzando ferri piegati a 45° Ø 10/20/20cm, il taglio resistente ( $V_{Rd}$ ) risulta maggiore del taglio sollecitante ( $V_{sd}$ ): la verifica è pertanto soddisfatta.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<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>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						

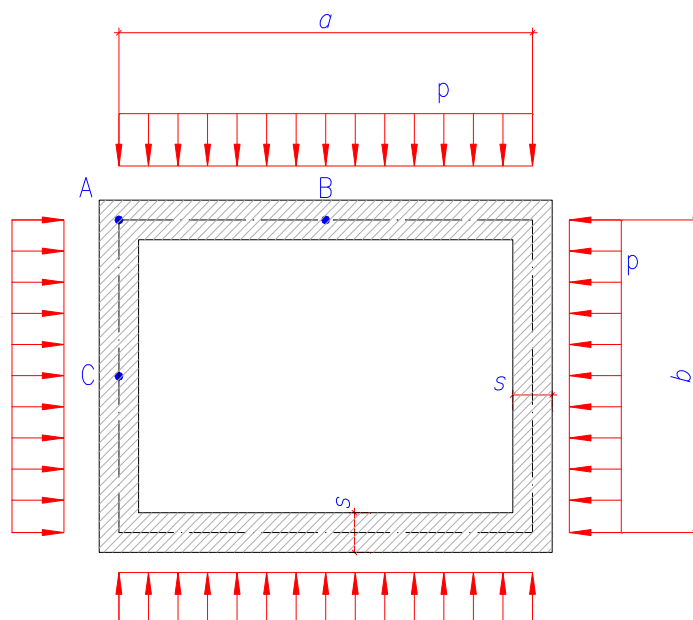
## 8 ANALISI POZZETTO DI CADUTA

Per il dimensionamento delle camerette di ispezione si considera il massimo ricoprimento  $H = 9.5$  m e le dimensioni interne in pianta  $2.50$  m X  $2.50$  m, lo spessore delle pareti è pari a  $0.40$  m.

### 8.1 ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE

#### 8.1.1 SCHEMA STATICO



L'analisi statica è stata svolta studiando tre sezioni trasversali della cameretta di ispezione, di dimensioni  $a \times b$ , come telaio chiuso soggetto a carichi distribuiti uniformi di valore  $p$ .



Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica si rimanda completamente ai paragrafi precedenti.

Le principali caratteristiche geometriche utilizzate nel calcolo del telaio sono le seguenti:

Dimensioni (m)	Spessore (m)	Profondità (m)
2.90 x 2.90	0.40	9.50

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### 8.1.2 ANALISI DEI CARICHI

Per il calcolo della struttura si sono considerati i seguenti carichi:

#### Spinta laterale del terreno (a riposo)



La spinta laterale del terreno sulla struttura avrà una distribuzione triangolare con un valore massimo alla base. I valori di spinta assunti nel calcolo della struttura si ottengono tramite la seguente formula:

$$S_T = k_0 \cdot \gamma \cdot h_T = 0.38 \cdot 20 \cdot 9.5 = 72.20 \text{ kN/m}^2$$

#### Spinta del sovraccarico accidentale sulla parete laterale della cameretta

Considerando un sovraccarico agente sul terreno pari a 20.0 kN/m<sup>2</sup> posizionato in modo tale da generare delle spinte orizzontali sulla parete della struttura.

$$S_{ACC} = q \cdot k_0 = 20.00 \cdot 0.38 = 7.60 \text{ kN/m}^2$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 8.1.3 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Con riferimento allo schema statico riportato precedentemente si ottiene il carico uniformemente distribuito sommando il contributo del sovraccarico accidentale a quello della spinta del terreno:

$$\begin{aligned}
\text{SLE} \quad p &= S_T + S_{ACC} = 79.80 \text{ kN/m}^2 \\
\text{SLU} \quad p &= 1.35 \cdot S_T + 1.35 \cdot S_{ACC} = 107.73 \text{ kN/m}^2 \\
\text{FESS\_QP} \quad p &= S_T = 72.20 \text{ kN/m}^2 \\
\text{FESS\_FR} \quad p &= S_T + 0.7 \cdot S_{ACC} = 77.52 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$



Considerando il rapporto k dato da:

$$k = \frac{b}{a} = 1.00$$

$$N_B = \frac{p \cdot b}{2}; M_A = \frac{p \cdot (a^2 + b^2 \cdot k)}{12 \cdot (1+k)}; M_B = -\frac{p \cdot a^2}{8} + M_A; N_C = \frac{p \cdot a}{2}; M_C = -\frac{p \cdot b^2}{8} + M_A; T_{MAX} = N_B = N_C$$

si ottengono le seguenti sollecitazioni:

	<b>N<sub>B</sub></b> <b>[kN]</b>	<b>M<sub>A</sub></b> <b>[kNm]</b>	<b>M<sub>B</sub></b> <b>[kNm]</b>	<b>N<sub>C</sub></b> <b>[kN]</b>	<b>M<sub>C</sub></b> <b>[kNm]</b>	<b>T<sub>MAX</sub></b> <b>[kN]</b>
<b>SLE</b>	115.71	55.93	-27.96	115.71	-27.96	115.71
<b>SLU</b>	156.21	75.50	-37.75	156.21	-37.75	156.21
<b>FESS_QP</b>	104.69	50.60	-25.30	104.69	-25.30	104.69
<b>FESS_FR</b>	112.40	54.33	-27.16	112.40	-27.16	112.40

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

## 8.2 VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Tutte le condizioni di carico vengono utilizzate per le verifiche a Stato Limite di Esercizio, mentre per le verifiche a Stato Limite di Fessurazione vengono utilizzate le sole condizioni di carico 3-4 (combinazioni Frequenti) e 5-6 (combinazioni Quasi Permanenti).

### Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0  
 h2 40.0 b3 100.0

### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
 5 ø14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>) a 20.0 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 = 55.9 (KN.m)  
 Sforzo normale = -115.7 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -4.28 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Trazione massima nell'acciaio = 156.01 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 10.0 (cm)  
 Braccio di leva interno = 29.7 (cm)

### Condizione di carico 2

Momento = -28.0 (KN.m)  
 Sforzo normale = -115.7 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.99 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Trazione massima nell'acciaio = 44.72 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.8 (cm)  
 Braccio di leva interno = 24.6 (cm)



### Condizione di carico 3

Momento = 54.3 (KN.m)  
 Sforzo normale = -112.4 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -4.16 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Trazione massima nell'acciaio = 151.54 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 10.0 (cm)  
 Braccio di leva interno = 29.7 (cm)

### Condizione di carico 4

Momento = -27.2 (KN.m)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Sforzo normale = -112.4(KN)**

**Compressione massima nel calcestruzzo = -1.94(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Trazione massima nell'acciaio = 43.44(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.8 (cm)**  
**Braccio di leva interno = 24.6 (cm)**

**Condizione di carico 5**

**Momento = 50.6(KN.m)**  
**Sforzo normale = -104.7(KN)**



**Compressione massima nel calcestruzzo = -3.87(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Trazione massima nell'acciaio = 141.14(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Distanza asse neutro da lembo compresso = 10.0 (cm)**  
**Braccio di leva interno = 29.7 (cm)**

**Condizione di carico 6**

**Momento = -25.3(KN.m)**  
**Sforzo normale = -104.7(KN)**

**Compressione massima nel calcestruzzo = -1.80(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Trazione massima nell'acciaio = 40.46(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.8 (cm)**  
**Braccio di leva interno = 24.6 (cm)**

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## 8.3 VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

### 8.3.1 COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI

#### Momento positivo

##### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

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

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

b1 100.0  
h2 40.0 b3 100.0

##### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
5 ø14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>) a 20.0 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 = 14.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm<sup>-1</sup>



Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 31.5 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 76.78 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = 91.40 (KN.m)

La verifica a fessurazione perde di significato poichè il momento di 1° fessurazione risulta superiore al momento sollecitante.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<b>Rev</b> F0	<b>Data</b> 20/06/2011

## Momento negativo

### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

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

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

b1 100.0  
 h2 40.0 b3 100.0

#### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
 5 ø14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>) a 20.0 cm da intrad.

#### Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'estradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 14.0 (mm)



Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm<sup>-1</sup>

Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 31.5 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 76.78 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = -91.40 (KN.m)

La verifica a fessurazione perde di significato poichè il momento di 1° fessurazione risulta superiore al momento sollecitante.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 8.3.2 COMBINAZIONI FREQUENTI

#### Momento positivo

##### 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 40.0 b3 100.0

##### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
5 ø14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>) a 20.0 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 = 14.0 (mm)



Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm<sup>-1</sup>

Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 31.5 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 76.78 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = 91.40 (KN.m)

La verifica a fessurazione perde di significato poichè il momento di 1° fessurazione risulta superiore al momento sollecitante.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## Momento negativo

### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

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

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

b1 100.0  
h2 40.0 b3 100.0

#### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
5 ø14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>) a 20.0 cm da intrad.

#### Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'estradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 14.0 (mm)



Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm<sup>-1</sup>

Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 31.5 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 76.78 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = -91.40 (KN.m)

La verifica a fessurazione perde di significato poichè il momento di 1° fessurazione risulta superiore al momento sollecitante.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Rev</b></td> <td style="width: 50%;"><b>Data</b></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<b>Rev</b>	<b>Data</b>	F0	20/06/2011
<b>Rev</b>	<b>Data</b>						
F0	20/06/2011						

## 8.4 VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO

### 8.4.1 FLESSIONE

#### METODO SEMIPROBABILISTICO - VERIFICA A ROTTURA

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

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

b1 100.0  
 h2 40.0 b3 100.0

#### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
 5 ø14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>) a 20.0 cm da intrad.

#### Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000.0 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Modulo Elastico calcestruzzo = 36000.0 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Resistenza cubica del calcestruzzo:  $R_{ck} = 40.00$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 Resistenza cubica iniziale (alla tesatura):  $R_{ckj} = 32.00$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 Soglia di snervamento acciaio normale:  $F_{yk} = 440.00$  (N/mm<sup>2</sup>)

#### Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo  
 Accorciamento ultimo a flessione = 0.3500 %  
 Accorciamento ultimo a compress. = 0.2000 %  
 Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare  
 Allungamento ultimo acciaio normale = 0.675 %  
 Coefficiente di sicurezza calcestruzzo :  $\gamma_c = 1.500$   
 Coefficiente di sicurezza acciaio :  $\gamma_s = 1.150$   
 Termine di lunga durata :  $F_1 = 0.850$   
 Rapporto  $R_{cy1}/R_{cubo}$ :  $F_2 = 0.830$   
 Resistenza di progetto calcestruzzo :  $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \gamma_c = 0.47 R_{cubo}$   
 Resistenza di progetto dell'acciaio :  $F_{sd} = F_{yk} / \gamma_s = 0.87 F_{yk}$

#### Resistenze di progetto

Calcestruzzo = 18.81 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Acciaio normale = 382.61 (N/mm<sup>2</sup>)



#### Convenzioni di segno

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

#### Condizione di carico 1

Momento di Progetto  $M_d = 75.5$  (KN.m)  
 Sforzo di Progetto  $N_d = -156.2$  (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 5.2 (cm)  
 Momento di Rottura  $M_r = 124.8$  (KN.m)  
 Sforzo di Rottura  $N_r = -156.6$  (KN)  
 Rottura nel Dominio 2  
 Rapporto  $M_r/M_d = 1.653$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<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						

**Condizione di carico 2**

**Momento di Progetto  $M_d$  = -37.8 (KN.m)**  
**Sforzo di Progetto  $N_d$  = -156.2 (KN)**



**Distanza asse neutro da lembo compresso = 5.2 (cm)**

**Momento di Rottura  $M_r$  = -124.8 (KN.m)**

**Sforzo di Rottura  $N_r$  = -156.6 (KN)**

**Rottura nel Dominio 2**

**Rapporto  $M_r/M_d$  = 3.305**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 8.4.2 TAGLIO

### Verifiche senza armatura trasversale resistente a taglio

Con riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3.1 del D.M. 14/01/2008, la resistenza alle sollecitazioni taglienti di elementi sprovvisti di apposita armatura a taglio è valutata con la seguente espressione:

$$V_{Rd} = [0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$\text{con: } \begin{cases} k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2 \\ v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{3/2} \end{cases}$$

dove:  $d$  = altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  = rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  = tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 \cdot f_{cd}$ );

$b_w$  = larghezza minima della sezione (in mm).

Di seguito viene presentata la tabella di verifica della sezione.

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

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	$R_{ck}$	=	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	$f_{ck}$	=	33	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del cls	$f_{cd}$	=	18.81	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	$F_{yd}$	=	391.30	N/mm <sup>2</sup>

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



Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	$V_{Ed}$	=	<b>156.21</b>	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$	$N(V_{Ed})$	=	<b>156.21</b>	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$	$M(V_{Ed})$	=	<b>75.50</b>	kNm

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

Altezza utile della sezione	$d$	=	<b>343</b>	mm
Larghezza minima della sezione	$b_w$	=	<b>1000</b>	mm

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



Diametro ferri longitudinali	$\varnothing$	=	<b>14</b>	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n^\circ$	=	<b>5</b>	-
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl}$	=	770	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitud. ( $\leq 0.02$ )	$\rho_l$	=	0.0022	-

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Calcolo del taglio resistente:**

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione ( $\leq 2$ )	$k$	=	1.76	-
Tensione dipendente dal fattore $k$ e dalla resist. del cls	$v_{min}$	=	0.47	N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compress. nella sezione ( $\leq 0.2 \times f_{cd}$ )	$\sigma_{cp}$	=	0.46	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	185.44	kN
Resistenza ultima a taglio ( $V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$ )	$V_{Rd}$	=	<b>185.44</b>	kN

Poichè il taglio sollecitante ( $V_{Sd}$ ) risulta minore del taglio resistente ( $V_{Rd}$ ), la sezione risulta verificata senza apposita armatura a taglio.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 8.5 ANALISI SOLETTA SUPERIORE

### 8.5.1 ANALISI DEI CARICHI

Per il calcolo della struttura si sono considerati i seguenti carichi:

#### Peso del terreno

Il peso del terreno posto al di sopra della soletta avrà una distribuzione triangolare con un valore massimo alla base. I valori di spinta assunti nel calcolo della struttura si ottengono tramite la seguente formula:

$$P_T = \gamma \cdot h_T = 20 \cdot 1.0 = 20.00 \text{ kN/m}^2$$

#### Peso del sovraccarico accidentale sulla parete laterale del pozzo



Si considera un sovraccarico agente sul terreno pari a 20.0 kN/m<sup>2</sup>:

$$P_{ACC} = q = 20.00 \text{ kN/m}^2$$

Il carico totale risulta pari a:

SLE	$p = P_T + P_{ACC} =$	40.00 kN/m <sup>2</sup>
SLU	$p = 1.35 \cdot P_T + 1.35 \cdot P_{ACC} =$	54.00 kN/m <sup>2</sup>
FESS_QP	$p = P_T =$	20.00 kN/m <sup>2</sup>
FESS_FR	$p = P_T + 0.7 \cdot P_{ACC} =$	34.00 kN/m <sup>2</sup>



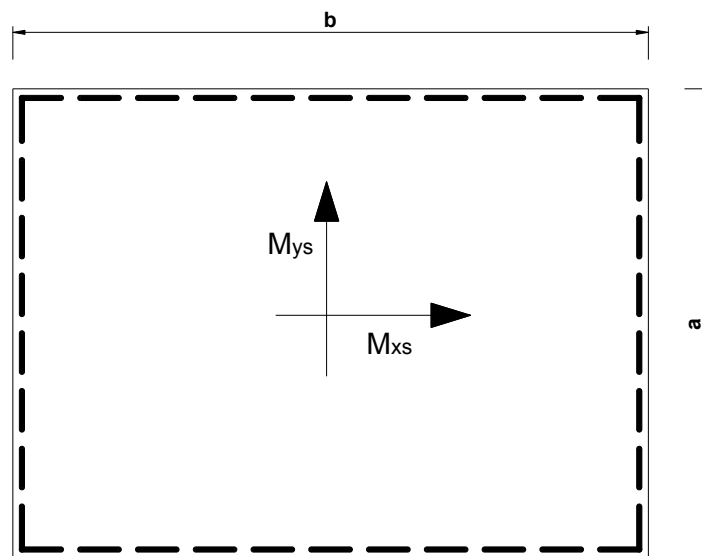
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 8.5.2 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Lo studio viene eseguito considerando una piastra di dimensioni pari a 2.9 m × 2.9 m, a favore di sicurezza, per ottenere il massimo momento in campata, si ipotizzano come condizioni al contorno vincoli di semplice appoggio lungo i lati esterni della soletta, mentre per studiare gli effetti sul perimetro si ipotizza la piastra incastrata su tutti i lati.

Mediante l'impiego di opportune tabelle che analizzano il comportamento flessionale di piastre soggette a carico uniforme (cfr. "Calcolo di lastre e piastre con la teoria elastica lineare", Richard Bareš, 1986, Clup, Milano), è possibile valutare come segue i valori dei momenti flettenti massimi della piastra.

Nell'analisi non si considera la presenza del torrino di ispezione.



**Schema struttura**



Essendo il rapporto tra i lati  $\frac{a}{b} = 1.00$  dalle tabelle per l'analisi delle piastre rettangolari, si ottengono i seguenti valori di momento massimo in campata lungo le direzioni principali:

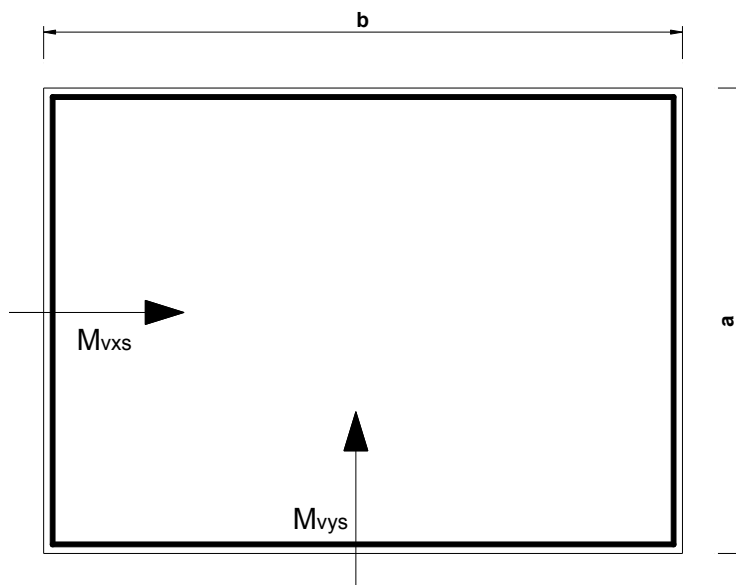
$$M_{xs} = k_{xs} \cdot q \cdot b^2$$

$$M_{ys} = k_{ys} \cdot q \cdot a^2$$

avendo assunto il coefficiente di Poisson pari a  $\mu = 0.15$  e dove  $q$  rappresenta il carico uniformemente distribuito applicato sulla soletta.

Per ottenere il valore di massimo momento negativo si considera la piastra incastrata lungo i quattro lati:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



**Schema struttura momento negativo massimo**

Si ottengono i seguenti valori di momento massimo lungo i lati incastrati:

$$M_{xvs} = -k_{xvs} \cdot q \cdot b^2$$

$$M_{yvs} = -k_{yvs} \cdot q \cdot a^2$$



avendo assunto il coefficiente di Poisson pari a  $\mu = 0.15$  e dove  $q$  rappresenta il carico uniformemente distribuito applicato sulla soletta.

$k_{xs}$	$k_{ys}$	$k_{vxs}$	$k_{vys}$
0.04	0.04	0.05	0.05

**Coefficienti k**

	$M_{xs}$ [kNm]	$M_{ys}$ [kNm]	$M_{vxs}$ [kNm]	$M_{vys}$ [kNm]	T [kNm]
<b>SLE</b>	14.23	14.23	-17.32	-17.32	--
<b>SLU</b>	19.21	19.21	-23.39	-23.39	78.30
<b>FESS_QP</b>	7.11	7.11	-8.66	-8.66	--
<b>FESS_FR</b>	12.10	12.10	-14.73	-14.73	--

**Sollecitazioni**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Rev</th> <th style="text-align: left;">Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

## 8.6 VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Tutte le condizioni di carico vengono utilizzate per le verifiche a Stato Limite di Esercizio, mentre per le verifiche a Stato Limite di Fessurazione vengono utilizzate le sole condizioni di carico 3-4 (combinazioni Frequenti) e 5-6 (combinazioni Quasi Permanenti).

### Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0  
 h2 40.0 b3 100.0

### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
 5 ø14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>) a 20.0 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 = 14.2 (KN.m)  
 Sforzo normale = 0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.11 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Trazione massima nell'acciaio = 58.59 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)  
 Braccio di leva interno = 31.5 (cm)

### Condizione di carico 2

Momento = -17.3 (KN.m)  
 Sforzo normale = 0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.35 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Trazione massima nell'acciaio = 71.31 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)  
 Braccio di leva interno = 31.5 (cm)



### Condizione di carico 3

Momento = 12.1 (KN.m)  
 Sforzo normale = 0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.94 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Trazione massima nell'acciaio = 49.82 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)  
 Braccio di leva interno = 31.5 (cm)

### Condizione di carico 4

Momento = -14.7 (KN.m)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<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: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">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						

**Sforzo normale = 0.0(KN)**

**Compressione massima nel calcestruzzo = -1.15(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Trazione massima nell'acciaio = 60.65(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)**  
**Braccio di leva interno = 31.5 (cm)**

**Condizione di carico 5**

**Momento = 7.1(KN.m)**  
**Sforzo normale = 0.0(KN)**



**Compressione massima nel calcestruzzo = -0.55(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Trazione massima nell'acciaio = 29.27(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)**  
**Braccio di leva interno = 31.5 (cm)**

**Condizione di carico 6**

**Momento = -8.7(KN.m)**  
**Sforzo normale = 0.0(KN)**

**Compressione massima nel calcestruzzo = -0.67(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Trazione massima nell'acciaio = 35.66(N/mm<sup>2</sup>)**  
**Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)**  
**Braccio di leva interno = 31.5 (cm)**

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## 8.7 VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

### 8.7.1 COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI

#### Momento positivo

##### 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 40.0 b3 100.0

##### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
5 ø14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>) a 20.0 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 = 14.0 (mm)



Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm<sup>-1</sup>

Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 31.5 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 76.78 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = 91.40 (KN.m)

La verifica a fessurazione perde di significato poichè il momento di 1° fessurazione risulta superiore al momento sollecitante.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<b>Rev</b> F0	<b>Data</b> 20/06/2011

## Momento negativo

### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

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

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

b1 100.0  
 h2 40.0 b3 100.0

#### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
 5 ø14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>) a 20.0 cm da intrad.

#### Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'estradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 14.0 (mm)



Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm<sup>-1</sup>

Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 31.5 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 76.78 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = -91.40 (KN.m)

La verifica a fessurazione perde di significato poichè il momento di 1° fessurazione risulta superiore al momento sollecitante.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<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						

## 8.7.2 COMBINAZIONI FREQUENTI

### Momento positivo

#### 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 40.0 b3 100.0

##### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
5 ø14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>) a 20.0 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 = 14.0 (mm)



Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm<sup>-1</sup>

Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 31.5 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 76.78 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = 91.40 (KN.m)

La verifica a fessurazione perde di significato poichè il momento di 1° fessurazione risulta superiore al momento sollecitante.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Rev</th> <th style="text-align: left;">Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

## Momento negativo

### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

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

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

b1 100.0  
 h2 40.0 b3 100.0

#### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
 5 ø14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>) a 20.0 cm da intrad.

#### Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'estradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 14.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm<sup>-1</sup>



Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 31.5 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 76.78 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = -91.40 (KN.m)

La verifica a fessurazione perde di significato poichè il momento di 1° fessurazione risulta superiore al momento sollecitante.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

## 8.8 VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO

### 8.8.1 FLESSIONE

#### METODO SEMIPROBABILISTICO - VERIFICA A ROTTURA

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

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

b1 100.0  
 h2 40.0 b3 100.0

#### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
 5 ø14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>) a 20.0 cm da intrad.

#### Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000.0 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Modulo Elastico calcestruzzo = 36000.0 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Resistenza cubica del calcestruzzo:  $R_{ck} = 40.00$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 Resistenza cubica iniziale (alla tesatura):  $R_{ckj} = 32.00$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 Soglia di snervamento acciaio normale:  $F_{yk} = 440.00$  (N/mm<sup>2</sup>)

#### Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo  
 Accorciamento ultimo a flessione = 0.3500 %  
 Accorciamento ultimo a compress. = 0.2000 %  
 Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare  
 Allungamento ultimo acciaio normale = 0.675 %  
 Coefficiente di sicurezza calcestruzzo :  $\gamma_c = 1.500$   
 Coefficiente di sicurezza acciaio :  $\gamma_s = 1.150$   
 Termine di lunga durata :  $F_1 = 0.850$   
 Rapporto  $R_{cy1}/R_{cubo}$ :  $F_2 = 0.830$   
 Resistenza di progetto calcestruzzo :  $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \gamma_c = 0.47 R_{cubo}$   
 Resistenza di progetto dell'acciaio :  $F_{sd} = F_{yk} / \gamma_s = 0.87 F_{yk}$

#### Resistenze di progetto



Calcestruzzo = 18.81 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Acciaio normale = 382.61 (N/mm<sup>2</sup>)

#### Convenzioni di segno

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

#### Condizione di carico 1

Momento di Progetto  $M_d = 19.2$  (KN.m)  
 Sforzo di Progetto  $N_d = 0.0$  (KN)  
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 4.4 (cm)  
 Momento di Rottura  $M_r = 98.4$  (KN.m)  
 Sforzo di Rottura  $N_r = 0.3$  (KN)  
 Rottura nel Dominio 2  
 Rapporto  $M_r/M_d = 5.123$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Condizione di carico 2**

Momento di Progetto  $M_d = -23.4 \text{ (KN.m)}$   
Sforzo di Progetto  $N_d = 0.0 \text{ (KN)}$



Distanza asse neutro da lembo compresso = 4.4 (cm)

Momento di Rottura  $M_r = -98.4 \text{ (KN.m)}$

Sforzo di Rottura  $N_r = 0.3 \text{ (KN)}$

Rottura nel Dominio 2

Rapporto  $M_r/M_d = 4.207$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 8.8.2 TAGLIO

### Verifiche senza armatura trasversale resistente a taglio

Con riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3.1 del D.M. 14/01/2008, la resistenza alle sollecitazioni taglianti di elementi sprovvisti di apposita armatura a taglio è valutata con la seguente espressione:

$$V_{Rd} = [0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$\text{con: } \begin{cases} k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2 \\ v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{3/2} \end{cases}$$

dove:  $d$  = altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  = rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  = tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 \cdot f_{cd}$ );

$b_w$  = larghezza minima della sezione (in mm).

Di seguito viene presentata la tabella di verifica della sezione.

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

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	$R_{ck}$	=	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	$f_{ck}$	=	33	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del cls	$f_{cd}$	=	18.81	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	$F_{yd}$	=	391.30	N/mm <sup>2</sup>

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



Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	$V_{Ed}$	=	<b>78.30</b>	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$	$N(V_{Ed})$	=	<b>0</b>	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$	$M(V_{Ed})$	=	<b>0</b>	kNm

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

Altezza utile della sezione	$d$	=	<b>343</b>	mm
Larghezza minima della sezione	$b_w$	=	<b>1000</b>	mm

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



Diametro ferri longitudinali	$\varnothing$	=	<b>14</b>	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n^\circ$	=	<b>5</b>	-
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl}$	=	770	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitud. ( $\leq 0.02$ )	$\rho_l$	=	0.0022	-

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Calcolo del taglio resistente:**

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione ( $\leq 2$ )	k	=	1.76	-
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resist. del cls	$v_{min}$	=	0.47	N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compress. nella sezione ( $\leq 0.2 \times f_{cd}$ )	$\sigma_{cp}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	162.01	kN
Resistenza ultima a taglio ( $V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$ )	$V_{Rd}$	=	<b>162.01</b>	kN

Poichè il taglio sollecitante ( $V_{Sd}$ ) risulta minore del taglio resistente ( $V_{Rd}$ ), la sezione risulta verificata senza apposita armatura a taglio.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 9 ANALISI MURO DI SOSTEGNO

### 9.1 ANALISI DEI CARICHI

#### 9.1.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio del muro in c.a. è valutato in ragione di 25.0 kN/m<sup>3</sup>.

Il muro oggetto di verifica ha la seguente geometria di calcolo: fondazione di lunghezza pari a 270 cm e spessore pari a 60 cm; elevazione (unica risega) di altezza pari a 300 cm e spessore di 50 cm.

#### 9.1.2 SPINTA DELLE TERRE

Le spinte del terreno sono valutate in base alle caratteristiche geotecniche del terreno desunte dalla relazione geotecnica. Il valore di spinta sulla struttura è calcolato secondo la seguente formula:



$$S_{\text{ter}} = \frac{1}{2} \cdot k_a \cdot \gamma_d \cdot H^2 \text{ [kN/m]}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_k}{\gamma_\gamma} = \frac{\gamma_k}{1.0}$$

$$\phi_d = \arctg\left(\frac{\tan\phi_k}{\gamma_\phi}\right) = \arctg\left(\frac{\tan\phi_k}{1.25}\right)$$

dove:

$\gamma_k$	=	20.00 kN/m <sup>3</sup>	peso caratteristico terreno per unità di volume
$\gamma_d$	=	20.00 kN/m <sup>3</sup>	peso di progetto terreno per unità di volume
$\phi_k$	=	38.00 °	angolo di attrito interno caratteristico del terreno
$\phi_d$	=	32.01 °	angolo di attrito interno di progetto del terreno
$k_a$	=	0.22 -	coefficiente di spinta attiva secondo Rankine
$k_{ad}$	=	0.28 -	coefficiente di spinta attiva secondo Rankine
H	=	3.50	altezza di spinta (in m)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 9.1.3 SOVRACCARICO PERMANENTE

Il peso della scarpata a tergo del muro viene considerato come sovraccarico permanente.



Il terreno che grava direttamente sulla fondazione verrà chiamato permanente stabilizzante, mentre il terreno che grava solo sul cuneo di spinta verrà chiamato permanente ribaltante.

## 9.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Si illustrano di seguito le combinazioni di carico utilizzate per le verifiche geotecniche e strutturali. Le combinazioni di verifica risultano conformi a quanto riportato nei paragrafi 2.5.3 (*“Sicurezza e prestazioni attese – Combinazione delle azioni”*) e 6.2.3 (*“Progettazione geotecnica – Verifiche della sicurezza e delle prestazioni”*) del D.M. 14/01/2008.

		Peso proprio	Peso terreno	Peso permanenti	Peso accidentali	Spinta terre	Spinta permanenti	Spinta accidentali	Azioni in testa muro	Azioni sismiche
<b>Combinazioni per verifiche geotecniche (GEO)</b>	<b>SLU_GEO-1</b>	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.30	0.00	0.00
	<b>SLU_GEO-2</b>	1.00	1.00	1.00	1.30	1.00	1.00	1.30	0.00	0.00
	<b>SLU_EQU</b>	0.90	0.90	0.90	0.00	1.10	1.10	1.50	0.00	0.00
	<b>SLU_ECC</b>	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
	<b>SLU_SISM</b>	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
<b>Combinazioni per verifiche strutturali (STR)</b>	<b>SLU_STR</b>	1.00	1.00	1.00	0.00	1.30	1.30	1.50	0.00	0.00
	<b>SLU_ECC</b>	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
	<b>SLU_SISM</b>	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
	<b>SLE_QP</b>	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	<b>SLE_FR</b>	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.70	0.00	0.00
	<b>SLE_CAR</b>	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
	<b>SLE_SISM</b>	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Le combinazioni “SLE Quasi Permanente” e “SLE Frequente” vengono utilizzate per le verifiche a Stato Limite di Fessurazione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



## 9.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

### 9.3.1 SOLLECITAZIONI A LIVELLO INTRADOSSO FONDAZIONE

La tabella seguente riporta le sollecitazioni agenti sul muro, indicando i relativi bracci rispetto al baricentro della faccia d'intradosso della ciabatta di fondazione ( $b_M$ ) e rispetto all'estremità più a valle della ciabatta di fondazione ( $b_O$ ).

Azioni sollecitanti a base fondazione del concio	N [kN]	V [kN]	$b_{\text{oriz,(O)}}$ [m]	$b_{\text{oriz,(M)}}$ [m]	$b_{\text{vert}}$ [m]
Peso proprio elevazione	375.00		0.55	0.80	
Peso proprio ciabatta di fondazione	405.00		1.35	0.00	
Peso del terreno da rilevato su ciabatta posteriore	1140.00		1.75	-0.40	
Peso del terreno da rilevato su ciabatta anteriore	0.00		0.15	1.20	
Peso dei sovraccarichi permanenti su ciabatta posteriore	205.20		1.75	-0.40	
Spinte del terreno da rilevato a monte	151.08	322.82	2.70	-1.35	1.20
Spinte del terreno dovute a sovraccarichi permanenti	131.78	281.57	2.70	-1.35	1.80
Increm. sismico peso proprio elevazione (SLV)	26.07	52.14	0.55	0.80	2.10
Increm. sismico peso proprio ciabatta di fondazione (SLV)	28.15	56.31	1.35	0.00	0.30
Increm. sismico terreno da rilevato su ciabatta posteriore (SLV)	79.25	158.50	1.75	-0.40	2.10
Increm. sismico sovraccarichi perm. su ciabatta posteriore (SLV)	14.26	28.53	1.75	-0.40	0.60
Spinte sismiche del terreno da rilevato a monte (SLV)	209.98	448.67	2.70	-1.35	1.20
Spinte sismiche del terreno dovute a sovraccarichi perm. (SLV)	183.15	391.34	2.70	-1.35	1.80

Tali valori andranno opportunamente combinati (secondo le combinazioni di carico riportate nel paragrafo precedente) per effettuare le verifiche di stabilità globale (ribaltamento, scivolamento e portata).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0

### 9.3.2 VERIFICHE A RIBALTAMENTO

Si valuta il valore del momento stabilizzante e del momento ribaltante e si verifica che il rapporto tra i due sia maggiore di  $\gamma_R = 1.0$  secondo la seguente espressione:

$$F_S = \frac{M_{stab}}{M_{rib}} = \frac{\sum_i \alpha_i \cdot N_i \cdot b_{i-ORIZ(O)}}{\sum_i \beta_i \cdot V_i \cdot b_{i-vert}}$$

- dove:  $\alpha_i$  = coefficiente di combinazione della forza  $N_i$  (vedi par. 9.2);  
 $N_i$  = forza verticale (vedi paragrafo 9.3.1);  
 $b_{i-ORIZ(O)}$  = braccio della forza verticale rispetto al centro di rotazione (vedi par. 9.3.1);  
 $\beta_i$  = coefficiente di combinazione della forza  $V_i$  (vedi par. 9.2);  
 $V_i$  = forza orizzontale (vedi par. 9.3.1);  
 $b_{i-vert}$  = braccio della forza orizzontale rispetto al centro di rotazione (vedi par. 9.3.1).

Verifiche a ribaltamento		Comb. SLU_EQU	Comb. SLU_ECC	Comb. SLU_SISM
Momento stabilizzante totale	[kNm]	2796	3107	2891
Momento ribaltante totale	[kNm]	144	130	1719
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	[-]	<b>19.48</b>	<b>23.81</b>	<b>1.68</b>

### 9.3.3 VERIFICHE A SCIVOLAMENTO



Si valuta il valore delle forze verticali (contributi resistenti) e delle forze orizzontali (forze di scorrimento) e si verifica che il rapporto tra le due sia maggiore di  $\gamma_R = 1.0$  secondo la seguente espressione:

$$F_S = \frac{F_{attrito}}{F_{scorrim}} = \frac{\mu \cdot \sum_i \alpha_i \cdot N_i}{\sum_i \beta_i \cdot V_i}$$

- dove:  $\mu$  = coefficiente di attrito terreno/fondazione (posto ragionevolmente pari a 0.60);  
 $\alpha_i$  = coefficiente di combinazione della forza  $N_i$  (vedi par. 9.2);  
 $N_i$  = forza verticale (vedi par. 9.3.1);  
 $\beta_i$  = coefficiente di combinazione della forza  $V_i$  (vedi par. 9.2);  
 $V_i$  = forza orizzontale (vedi par. 9.3.1).

Verifiche a scivolamento		Comb. SLU_GEO-1	Comb. SLU_ECC	Comb. SLU_SISM
Forza di attrito totale	[kN/m]	1275	1275	1186
Forza di scorrimento totale	[kN/m]	604	604	1135
Coefficiente di sicurezza allo scivolamento	[-]	<b>2.11</b>	<b>2.11</b>	<b>1.04</b>



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 9.3.4 VERIFICHE DI CAPACITÀ PORTANTE DELLA FONDAZIONE

La capacità portata della fondazione è stata calcolata attraverso l'espressione proposta da Brinch-Hansen per le fondazioni superficiali; poichè la fondazione ed il piano campagna risultano orizzontali, si trascurano i fattori correttivi corrispondenti.

La portata limite unitaria è pertanto fornita dalla seguente espressione:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$$

- dove:
- $\gamma'$  = peso specifico terreno di fondazione (sommerso, se in presenza di falda);
  - $B$  = larghezza equivalente della fondazione (in presenza di carichi eccentrici);
  - $c'$  = coesione del terreno di fondazione;
  - $q'$  = sovraccarico dovuto al peso del terreno posto sopra il livello di fondazione;
  - $N_{\gamma}, N_c, N_q$  = coefficienti di capacità portante;
  - $s_{\gamma}, s_c, s_q$  = coefficienti di forma;
  - $i_{\gamma}, i_c, i_q$  = coefficienti correttivi dovuti alla presenza di carichi orizzontali;
  - $d_c, d_q$  = coefficienti dipendenti dalla profondità del piano di posa.

Di seguito vengono riepilogate le espressioni per il calcolo della larghezza equivalente, del sovraccarico e dei vari coefficienti:

- *Larghezza equivalente della fondazione:*

$$B = B_R - 2 \cdot \frac{M}{N}$$

- dove:
- $B_R$  = larghezza reale della fondazione;
  - $M$  = momento risultante sulla fondazione;
  - $N$  = azione perpendicolare al piano di posa sulla fondazione.

- *Sovraccarico dovuto al peso del terreno posto sopra il livello di fondazione:*

$$q' = \gamma_t \cdot D$$



- dove:
- $\gamma_t$  = peso del terreno di ricoprimento;
  - $D$  = profondità del piano di posa della fondazione.

- *Coefficienti di capacità portante:*

$$N_q = \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot \operatorname{tg}(\phi')}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg}(\phi')$$

$$N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \operatorname{tg}(\phi')$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<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						

dove:  $\phi'$  = angolo di attrito del terreno di fondazione.

- *Coefficienti di forma (per  $B < L$ ):*

$$s_{\gamma} = 1 + 0.1 \cdot \frac{B}{L} \cdot \frac{1 + \sin(\phi')}{1 - \sin(\phi')}$$

$$s_q = s_{\gamma}$$

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L} \cdot \frac{1 + \sin(\phi')}{1 - \sin(\phi')}$$

dove:  $\phi'$  = angolo di attrito del terreno di fondazione;  
B = larghezza equivalente della fondazione (definita in precedenza);  
L = lunghezza della fondazione.

- *Coefficienti dipendenti dalla profondità del piano di posa:*

$$d_q = 1 + 2 \cdot \frac{D}{B} \cdot \text{tg}(\phi') \cdot [1 - \sin(\phi')]^2 \quad \text{per } D/B \leq 1$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \text{tg}(\phi') \cdot [1 - \sin(\phi')]^2 \cdot \text{ctg}\left(\frac{D}{B}\right) \quad \text{per } D/B > 1$$

$$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \text{tg}(\phi')}$$

dove:  $\phi'$  = angolo di attrito del terreno di fondazione;  
B = larghezza equivalente della fondazione (definita in precedenza);  
D = profondità del piano di posa della fondazione;  
 $N_c$  = coefficiente di capacità portante (definito in precedenza).



- *Coefficienti correttivi dovuti alla presenza di carichi orizzontali:*

$$i_{\gamma} = \left[ 1 - \frac{H}{N + B \cdot L \cdot c' \cdot \text{ctg}(\phi')} \right]^{(m+1)}$$

$$i_q = \left[ 1 - \frac{H}{N + B \cdot L \cdot c' \cdot \text{ctg}(\phi')} \right]^m \quad \text{con: } m = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \text{tg}(\phi')}$$

dove:  $\phi'$  = angolo di attrito del terreno di fondazione;  
 $c'$  = coesione del terreno di fondazione;  
B = larghezza equivalente della fondazione (definita in precedenza);  
L = lunghezza della fondazione;  
N = azione perpendicolare al piano di posa sulla fondazione;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

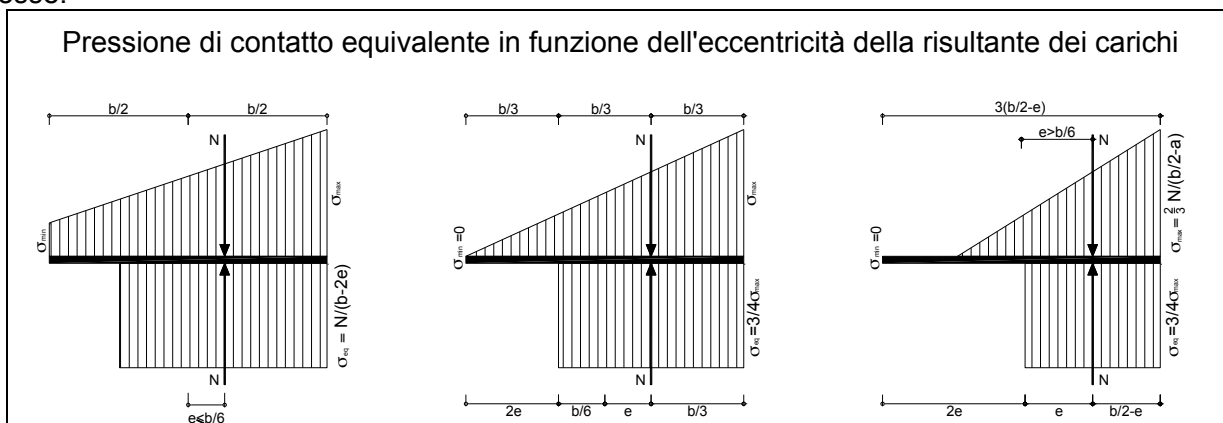
- H = azione parallela al piano di posa sulla fondazione;
- N<sub>c</sub> = coefficiente di capacità portante (definito in precedenza);
- d<sub>q</sub> = coefficiente dipendente dalla profondità del piano di posa (definito in precedenza).

Le verifiche di portata, conformi alle NTC 2008, vengono svolte secondo l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2) come prescritto dalla Circ.Min. n°617 del 02/02/2009 (paragrafo C.6.4.2.1). In base a quanto riportato nel D.M. 14/01/2008, la capacità portante della fondazione è verificata se risulta vera la seguente espressione:



$$\sigma_{Sd} \leq \sigma_{Rd} = \frac{\sigma_{lim}}{\gamma_R}$$

- dove:  $\sigma_{Sd}$  = pressione equivalente sul terreno;
- $\sigma_{lim}$  = portata limite unitaria calcolata secondo Brinch-Hansen;
- $\gamma_R$  = coefficiente parziale a Stato Limite Ultimo (pari a 1.80).

Il calcolo del valore equivalente della pressione di contatto nella verifica di portata delle fondazioni superficiali, ampiamente documentato in letteratura ed in particolare nei citati riferimenti bibliografici, si basa sulla considerazione che il comportamento dei terreni risulta tutt'altro che lineare: il calcolo del valore massimo di pressione sulla base della tradizionale ipotesi di validità per il terreno della legge di Hooke (valore  $\sigma_{max}$  nelle tabelle) appare quindi poco significativo. Il calcolo del valore equivalente si basa sulla valutazione dell'eccentricità delle sollecitazioni, in modo da ridistribuire in maniera uniforme su una dimensione ridotta della platea le sollecitazioni stesse.



Si riporta di seguito la tabella riassuntiva delle verifiche per le 4 combinazioni di carico analizzate.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0

Verifiche di portata della fondazione (formulazione di Brinch-Hansen)		Comb. SLU_GEO-1	Comb. SLU_GEO-2	Comb. SLU_ECC	Comb. SLU_SISM
<b>Sollecitazioni sul concio a base fondazione</b>	M [kNm]	1038	1038	1038	1498
	N [kN]	2125	2125	2125	1977
	H [kN]	604	604	604	1135
	e [m]	0.49	0.49	0.49	0.76
<b>Caratteristiche geometriche della fondazione</b>	B <sub>R</sub> [m]	2.70	2.70	2.70	2.70
	B [m]	1.72	1.72	1.72	1.19
	L [m]	10.00	10.00	10.00	10.00
	D [m]	1.40	1.40	1.40	1.40
	q' [kN/m <sup>2</sup> ]	28.00	28.00	28.00	28.00
<b>Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione</b>	φ [°]	32.01	32.01	32.01	32.01
	c [kN/m <sup>2</sup> ]	0.00	0.00	0.00	0.00
	γ <sub>fond</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	21.00	21.00	21.00	21.00
	α [°]	0.00	0.00	0.00	0.00
	ω [°]	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Calcolo della portata limite e di progetto del terreno</b>	q <sub>LIM-attr.</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	222.46	222.46	222.46	33.03
	q <sub>LIM-coes.</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	0.00	0.00	0.00	0.00
	q <sub>LIM-car.lat.</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	451.71	451.71	451.71	149.04
	q <sub>LIM</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	674.16	674.16	674.16	182.07
	F <sub>s</sub> [-]	1.00	1.00	1.00	1.00
	q <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	<b>674.16</b>	<b>674.16</b>	<b>674.16</b>	<b>182.07</b>
<b>Sforzi sul terreno di fondazione</b>	σ <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	164.44	164.44	164.44	222.45
	σ <sub>min</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	0.00	0.00	0.00	0.00
	L <sub>reag</sub> [m]	2.58	2.58	2.58	1.78
	σ <sub>eq</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	<b>123.33</b>	<b>123.33</b>	<b>123.33</b>	<b>166.83</b>

dove:

M	il momento flettente alla base dell'opera
N	l'azione verticale alla base dell'opera
H	l'azione orizzontale alla base dell'opera
B <sub>R</sub>	la larghezza reale della fondazione
B	la larghezza ridotta della fondazione
σ <sub>min</sub>	la sollecitazione minima sul terreno
σ <sub>max</sub>	la sollecitazione massima sul terreno
σ <sub>eq</sub>	la sollecitazione equivalente sul terreno

Le verifiche di portata risultano pertanto soddisfatte.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

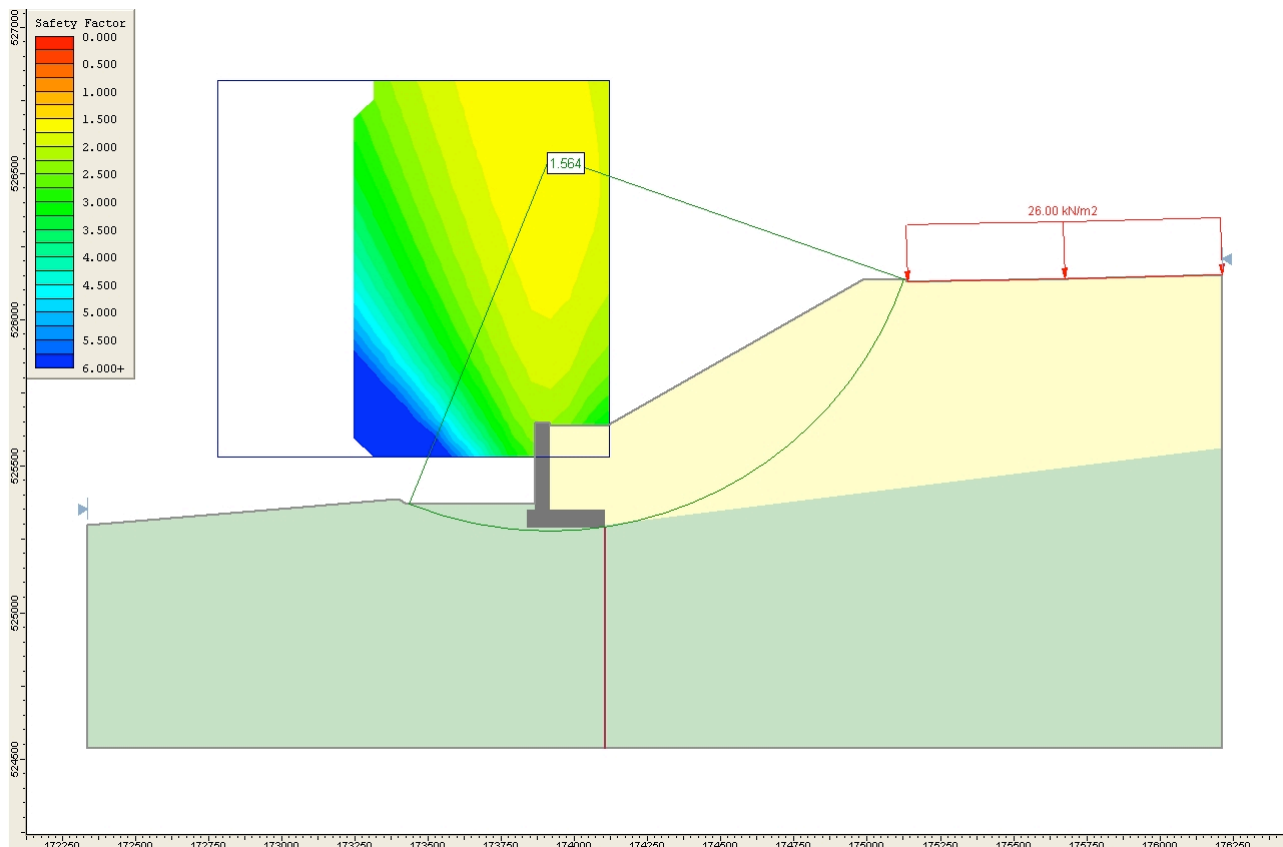
### 9.3.5 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE MURO-TERRENO

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

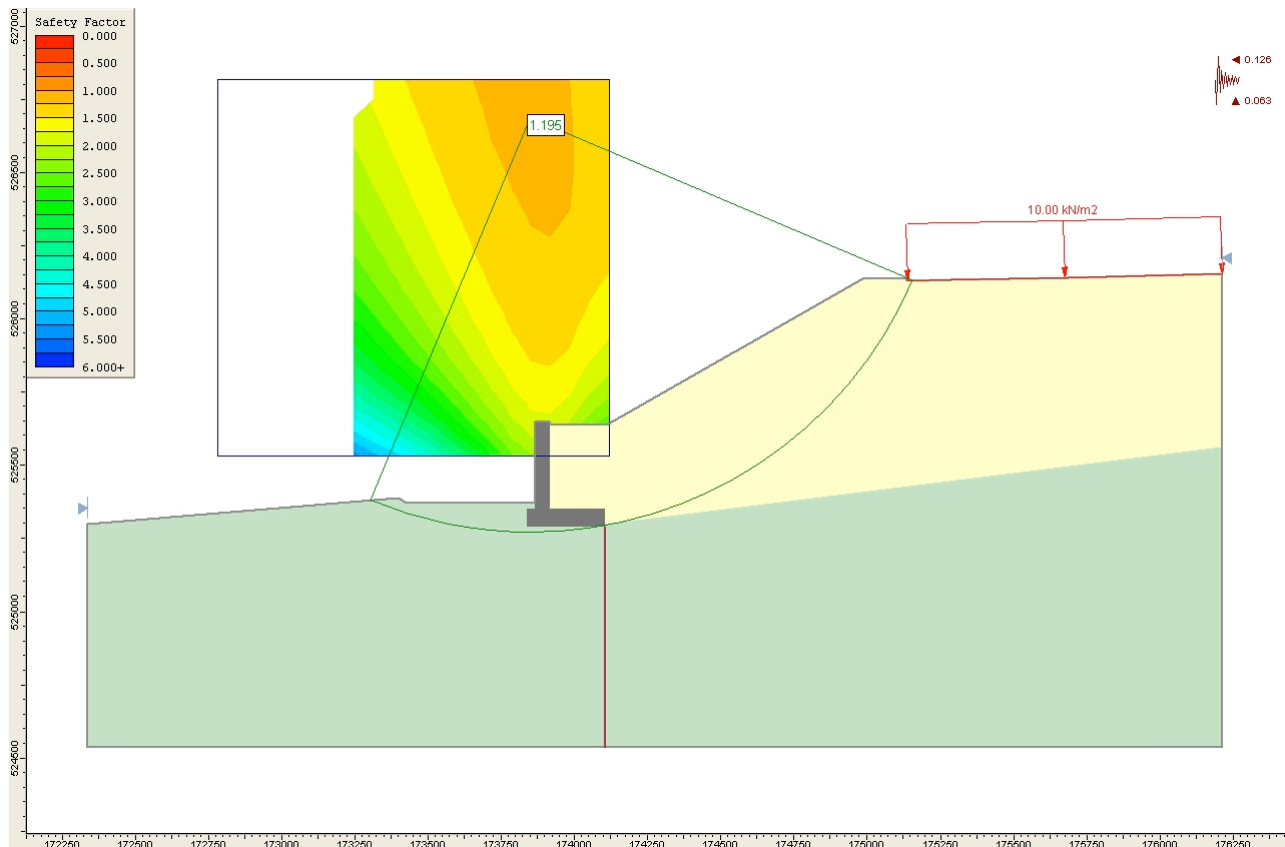
Le analisi di stabilità sono state condotte sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche facendo riferimento alle indicazioni riportate in precedenza; in particolare si assume:

$$\gamma_r \geq 1.1$$



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=1.564*

*Analisi di stabilità caso sismico: FS=1.195*

Si precisa che le analisi di stabilità sono state condotte a favore di sicurezza trascurando il contributo benefico fornito dal terreno di contenimento a valle del muro di sostegno (cono del rilevato autostradale).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 9.4 VERIFICHE DELL'ELEVAZIONE



### 9.4.1 RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Nelle seguenti tabelle vengono riportate le sollecitazioni più gravose (con il sovraccarico accidentale) utilizzate per le verifiche sezionali dell'elevazione che corrispondono al caso con sovraccarico accidentale.

Azioni a base risega	N [kN/m]	V [kN/m]	b <sub>oriz</sub> [m]	b <sub>vert</sub> [m]
Peso proprio elevazione	37.50		0.00	
Spinte del terreno da rilevato a monte	8.27	17.67	-0.25	1.00
Spinte del terreno dovute a sovraccarichi permanenti	8.65	18.49	-0.25	1.50
Spinte del terreno dovute a sovraccarichi accidentali	0.00	0.00	-0.25	1.50
Azioni concentrate in testa muro		0.00		0.00
Increment. sismico peso proprio elevazione (SLD)	0.71	1.42	0.00	1.50
Spinte sismiche terreno da rilevato a monte (SLD)	9.06	19.36	-0.25	1.00
Spinte sismiche terreno dovute a sovracc. perm. (SLD)	9.49	20.27	-0.25	1.50
Increment. sismico peso proprio elevazione (SLV)	2.61	5.21	0.00	1.50
Spinte sism. terreno da rilevato a monte (SLV)	11.77	25.16	-0.25	1.00
Spinte sism. terreno dovute a sovracc. perm. (SLV)	12.32	26.33	-0.25	1.50

	N [kN/m]	V [kN/m]	M [kNm/m]
SLU_STR	38	47	54
SLU_ECC	38	36	41
SLU_SISM	35	93	108
SLE_QP	38	36	41
SLE_FR	38	36	41
SLE_CAR	38	36	41
SLE_SISM	37	41	47

(nella tabella precedente N positiva se di compressione).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Rev</th> <th style="text-align: left;">Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

#### 9.4.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Le condizioni di carico "1" e "2" sono utilizzate per le verifiche agli SLE (limitazione delle tensioni di trazione nell'acciaio e di compressione nel calcestruzzo); la condizioni di carico "1" anche relative alle verifiche a fessurazione.

Si adotta l'armatura seguente:

- Intradosso (lato terreno):       $\varnothing$  14/20      (ripartitori esterni:  $\varnothing$  10/20)
- Estradosso:                       $\varnothing$  20/20      (ripartitori esterni:  $\varnothing$  10/20)

Il copriferro netto è pari a 4 cm.

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

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

b1 100.0  
 h2 50.0    b3 100.0

##### Descrizione dell'armatura normale

5  $\varnothing$ 14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
 5  $\varnothing$ 14 mm posizionati a 44.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>)      a 25.0 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 = 41.0(KN.m)  
 Sforzo normale = -38.0(KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -2.11(N/mm<sup>2</sup>)  
 Trazione massima nell'acciaio = 105.00(N/mm<sup>2</sup>)  
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 10.3 (cm)  
 Braccio di leva interno = 40.2 (cm)



##### Condizione di carico 2

Momento = 47.0(KN.m)  
 Sforzo normale = -37.0(KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -2.42(N/mm<sup>2</sup>)  
 Trazione massima nell'acciaio = 124.45(N/mm<sup>2</sup>)  
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 10.0 (cm)  
 Braccio di leva interno = 40.5 (cm)

I valori di tensione nei materiali sono inferiori ai limiti di normativa.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 9.4.3 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE

#### 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 50.0 b3 100.0

#### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
5 ø14 mm posizionati a 44.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>) a 25.0 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 = 14.0 (mm)



Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm<sup>-1</sup>

Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 31.5 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 119.31 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = 142.03 (KN.m)

Poiché il momento sollecitante risulta inferiore al momento di 1° fessurazione la verifica a fessurazione perde di significato.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

## 9.4.4 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE

### METODO SEMIPROBABILISTICO - VERIFICA A ROTTURA

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

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

b1 100.0  
 h2 50.0 b3 100.0

#### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
 5 ø14 mm posizionati a 44.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>) a 25.0 cm da intrad.

#### Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000.0 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Modulo Elastico calcestruzzo = 36000.0 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Resistenza cubica del calcestruzzo:  $R_{ck} = 40.00$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 Resistenza cubica iniziale (alla tesatura):  $R_{ckj} = 35.00$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 Soglia di snervamento acciaio normale:  $F_{yk} = 440.00$  (N/mm<sup>2</sup>)

#### Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo  
 Accorciamento ultimo a flessione = 0.3500 %  
 Accorciamento ultimo a compress. = 0.2000 %  
 Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare  
 Allungamento ultimo acciaio normale = 0.675 %  
 Coefficiente di sicurezza calcestruzzo :  $\gamma_c = 1.500$   
 Coefficiente di sicurezza acciaio :  $\gamma_s = 1.150$   
 Termine di lunga durata :  $F_1 = 0.850$   
 Rapporto  $R_{cyl}/R_{cubo}$ :  $F_2 = 0.830$   
 Resistenza di progetto calcestruzzo :  $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \gamma_c = 0.47 R_{cubo}$   
 Resistenza di progetto dell'acciaio :  $F_{sd} = F_{yk} / \gamma_s = 0.87 F_{yk}$

#### Resistenze di progetto

Calcestruzzo = 18.81 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Acciaio normale = 382.61 (N/mm<sup>2</sup>)

#### Convenzioni di segno

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



#### Condizione di carico 1

Momento di Progetto  $M_d = 54.0$  (KN.m)  
 Sforzo di Progetto  $N_d = -38.0$  (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 5.0 (cm)  
 Momento di Rottura  $M_r = 134.9$  (KN.m)  
 Sforzo di Rottura  $N_r = -37.9$  (KN)  
 Rottura nel Dominio 2  
 Rapporto  $M_r/M_d = 2.497$

#### Condizione di carico 2

Momento di Progetto  $M_d = 41.0$  (KN.m)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<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						

**Sforzo di Progetto  $N_d$  = -38.0(KN)**

**Distanza asse neutro da lembo compresso = 5.0 (cm)**

**Momento di Rottura  $M_r$  = 134.9(KN.m)**

**Sforzo di Rottura  $N_r$  = -37.9(KN)**

**Rottura nel Dominio 2**

**Rapporto  $M_r/M_d$  = 3.289**

**Condizione di carico 3**

**Momento di Progetto  $M_d$  = 108.0(KN.m)**

**Sforzo di Progetto  $N_d$  = -35.0(KN)**

**Distanza asse neutro da lembo compresso = 5.0 (cm)**



**Momento di Rottura  $M_r$  = 134.2(KN.m)**

**Sforzo di Rottura  $N_r$  = -34.9(KN)**

**Rottura nel Dominio 2**

**Rapporto  $M_r/M_d$  = 1.243**

La verifica risulta soddisfatta in quanto, per tutte le combinazioni di carico esaminate, il coefficiente di sicurezza è superiore a uno.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 9.4.5 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

Si riportano le verifiche a taglio secondo quanto riportato in D.M. 14/01/2008 § 4.1.2.1.3.

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

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	$R_{ck}$	=	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	$f_{ck}$	=	33	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del cls	$f_{cd}$	=	18.81	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	$f_{yd}$	=	391.30	N/mm <sup>2</sup>

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

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	$V_{Ed}$	=	<b>93.00</b>	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$	$N(V_{Ed})$	=	<b>35.00</b>	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$	$M(V_{Ed})$	=	<b>108.00</b>	kNm

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

Altezza utile della sezione	$d$	=	<b>443</b>	mm
Larghezza minima della sezione	$b_w$	=	<b>1000</b>	mm



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

Diametro ferri longitudinali	$\varnothing$	=	<b>14</b>	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n$	=	<b>5</b>	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl}$	=	770	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ )	$\rho_l$	=	0.0017	--

##### Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione ( $\leq 2$ )	$k$	=	1.67	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	$v_{min}$	=	0.44	N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 \times f_{cd}$ )	$\sigma_{cp}$	=	0.08	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,mi}$	=	198.39	kN
<b>Resistenza ultima a taglio (<math>V_{Rd} \geq V_{Rd,min}</math>)</b>	$V_{Rd}$	=	<b>198.39</b>	<b>kN</b>

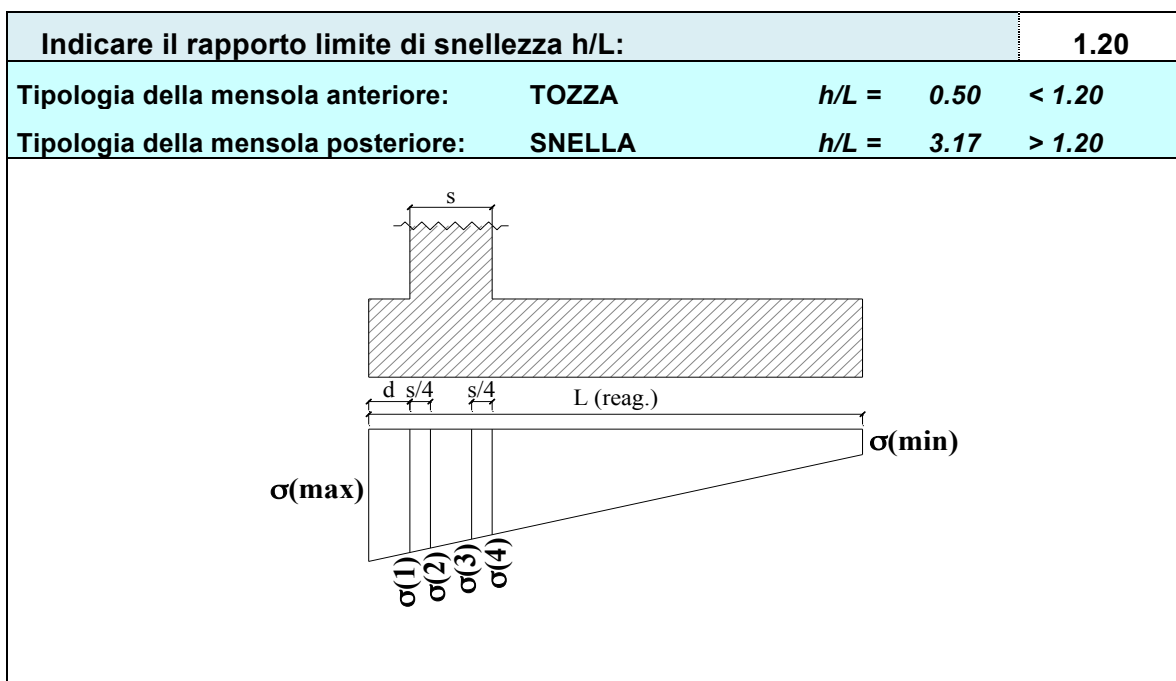
Dato che la verifica risulta soddisfatta non occorre disporre un'apposita armatura resistente a



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

taglio.

## 9.5 VERIFICHE DELLA FONDAZIONE

Considerando la geometria della ciabatta di fondazione, come indicato nella sottostante figura, si analizza la mensola a monte come una mensola snella e la mensola a valle come una mensola tozza.





		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



### 9.5.1 RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI DI VERIFICA MENSOLA SNELLA

Nella seguente tabella vengono riportate le sollecitazioni più gravose (con il sovraccarico accidentale) utilizzate per le verifiche sezionali della mensola snella posteriore.

Azioni a base fondazione (punto M)	N [kN/m]	V [kN/m]	b <sub>oriz</sub> [m]	b <sub>vert</sub> [m]
Peso proprio elevazione	37.50		0.80	
Peso proprio ciabatta di fondazione	40.50		0.00	
Peso del terreno da rilevato su ciabatta posteriore	114.00		-0.40	
Peso del terreno da rilevato su ciabatta anteriore	0.00		1.20	
Peso dei sovraccarichi permanenti su ciabatta posteriore	20.52		-0.40	
Spinte del terreno da rilevato a monte	11.91	25.44	-1.35	1.20
Spinte del terreno dovute a sovraccarichi permanenti	10.39	22.19	-1.35	1.80
Spinte del terreno dovute a sovraccarichi accidentali	0.00	0.00	-1.35	1.80
Azioni concentrate in testa muro		0.00		3.60
Incres. sismico peso proprio elevazione (SLV)	2.61	5.21	0.80	2.10
Incres. sismico peso proprio ciabatta di fondazione (SLV)	2.82	5.63	0.00	0.30
Incres. sismico terreno da rilevato su ciabatta posteriore (SLV)	7.92	15.85	-0.40	2.10
Incres. sismico sovraccarichi perm. su ciabatta posteriore (SLV)	1.43	2.85	-0.40	0.60
Spinte sismiche del terreno da rilevato a monte (SLV)	16.95	36.22	-1.35	1.20
Spinte sismiche del terreno dovute a sovraccarichi perm. (SLV)	14.79	31.60	-1.35	1.80
Incres. sismico peso proprio elevazione (SLD)	0.71	1.42	0.80	2.10
Incres. sismico peso proprio ciabatta di fondazione (SLD)	0.77	1.53	0.00	0.30
Incres. sismico terreno da rilevato su ciabatta posteriore (SLD)	2.15	4.31	-0.40	2.10
Incres. sismico sovraccarichi perm. su ciabatta posteriore (SLD)	0.39	0.78	-0.40	0.60
Incres. sismico sovraccarichi perm. su ciabatta anteriore (SLD)	0.00		1.20	
Spinte sismiche del terreno da rilevato a monte (SLD)	13.05	27.88	-1.35	1.20
Spinte sismiche del terreno dovute a sovraccarichi perm. (SLD)	11.38	24.32	-1.35	1.80

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Azioni mensola snella	AZIONI PER VERIFICHE	
	V	M
	[kN/m]	[kNm/m]
<b>Combinazione di carico SLU_STR</b>	-6	-16
<b>Combinazione di carico SLU_ECC</b>	-5	-11
<b>Combinazione di carico SLU_SISM</b>	-58	-89
<b>Combinazione di carico SLE_QP</b>	-5	-11
<b>Combinazione di carico SLE_FR</b>	-5	-11
<b>Combinazione di carico SLE_CAR</b>	-5	-11

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Rev</th> <th style="text-align: left;">Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

## 9.5.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Per la mensola snella si adotta la seguente armatura:

- Intradosso fondazione:  $\varnothing$  14/20 (ripartitori esterni:  $\varnothing$  10/20)
- Estradosso fondazione:  $\varnothing$  14/20 (ripartitori esterni:  $\varnothing$  10/20)

Si considera una sezione trasversale di conglomerato pari a 100 cm × 60 cm.

Il copriferro netto della sezione è pari a 4 cm.

Le condizioni di carico "1" e "2" sono utilizzate per le verifiche agli SLE (limitazione delle tensioni di trazione nell'acciaio e di compressione nel calcestruzzo); le condizioni di carico "1" sono anche relative alle verifiche a fessurazione.

### Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0  
 h2 60.0 b3 100.0

### Descrizione dell'armatura normale

5  $\varnothing$ 14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
 5  $\varnothing$ 14 mm posizionati a 54.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>) a 30.0 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 = -11.0(KN.m)  
 Sforzo normale = 0.0(KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.41(N/mm<sup>2</sup>)  
 Trazione massima nell'acciaio = 28.12(N/mm<sup>2</sup>)  
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 9.7 (cm)  
 Braccio di leva interno = 51.0 (cm)



### Condizione di carico 2

Momento = -11.0(KN.m)  
 Sforzo normale = 0.0(KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.41(N/mm<sup>2</sup>)  
 Trazione massima nell'acciaio = 28.12(N/mm<sup>2</sup>)  
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 9.7 (cm)  
 Braccio di leva interno = 51.0 (cm)

I valori di tensione nei materiali sono inferiori ai limiti di normativa.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<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: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">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						

### 9.5.3 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE

#### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

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

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

b1 100.0  
h2 60.0    b3 100.0

#### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
5 ø14 mm posizionati a 54.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>)    a 30.0 cm da intrad.

#### Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'estradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 14.0 (mm)



Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm<sup>-1</sup>

Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 26.0 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 140.92 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $\sigma = f_{ctm}$ ) = -1.678E+02 (KN.m)

Poiché il momento sollecitante risulta inferiore al momento di 1° fessurazione la verifica a fessurazione perde di significato.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

## 9.5.4 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE

### METODO SEMIPROBABILISTICO - VERIFICA A ROTTURA

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0  
 h2 60.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
 5 ø14 mm posizionati a 54.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm<sup>2</sup>) a 30.0 cm da intrad.

Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000.0 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Modulo Elastico calcestruzzo = 31176.9 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Resistenza cubica del calcestruzzo:  $R_{ck}$  = 30.00 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Resistenza cubica iniziale (alla tesatura):  $R_{ckj}$  = 25.00 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Soglia di snervamento acciaio normale:  $F_{yk}$  = 440.00 (N/mm<sup>2</sup>)

Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo  
 Accorciamento ultimo a flessione = 0.3500 %  
 Accorciamento ultimo a compress. = 0.2000 %  
 Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare  
 Allungamento ultimo acciaio normale = 0.675 %  
 Coefficiente di sicurezza calcestruzzo :  $\gamma_c$  = 1.500  
 Coefficiente di sicurezza acciaio :  $\gamma_s$  = 1.150  
 Termine di lunga durata :  $F_1$  = 0.850  
 Rapporto  $R_{cyl}/R_{cubo}$ :  $F_2$  = 0.830  
 Resistenza di progetto calcestruzzo :  $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \gamma_c$  = 0.47  $R_{cubo}$   
 Resistenza di progetto dell'acciaio :  $F_{sd} = F_{yk} / \gamma_s = 0.87 F_{yk}$

Resistenze di progetto

Calcestruzzo = 14.11 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Acciaio normale = 382.61 (N/mm<sup>2</sup>)

Convenzioni di segno

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



Condizione di carico 1

Momento di Progetto  $M_d$  = -16.0 (KN.m)  
 Sforzo di Progetto  $N_d$  = 0.0 (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 5.8 (cm)  
 Momento di Rottura  $M_r$  = -153.6 (KN.m)  
 Sforzo di Rottura  $N_r$  = 0.6 (KN)  
 Rottura nel Dominio 2  
 Rapporto  $M_r/M_d$  = 9.603

Condizione di carico 2

Momento di Progetto  $M_d$  = -11.0 (KN.m)



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

**Sforzo di Progetto  $N_d = 0.0(KN)$**   
**Distanza asse neutro da lembo compresso = 5.8 (cm)**  
**Momento di Rottura  $M_r = -153.6(KN.m)$**   
**Sforzo di Rottura  $N_r = 0.6(KN)$**   
**Rottura nel Dominio 2**  
**Rapporto  $M_r/M_d = 13.968$**

**Condizione di carico 3**

**Momento di Progetto  $M_d = -89.0(KN.m)$**   
**Sforzo di Progetto  $N_d = 0.0(KN)$**   
**Distanza asse neutro da lembo compresso = 5.8 (cm)**  
**Momento di Rottura  $M_r = -153.6(KN.m)$**   
**Sforzo di Rottura  $N_r = 0.6(KN)$**   
**Rottura nel Dominio 2**  
**Rapporto  $M_r/M_d = 1.726$**

La verifica risulta soddisfatta in quanto, per tutte le combinazioni di carico esaminate, il coefficiente di sicurezza è superiore a uno.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 9.5.5 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

Si riportano le verifiche a taglio secondo quanto riportato in D.M. 14/01/2008 § 4.1.2.1.3.

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

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	$R_{ck} = 30$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	$f_{ck} = 25.00$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del cls	$f_{cd} = 14.11$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	$f_{yd} = 391.30$ N/mm <sup>2</sup>

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

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	$V_{Ed} = 58.00$ 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 $V_{Ed}$	$M(V_{Ed}) = 0.00$ kNm

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

Altezza utile della sezione	$d = 543$ mm
Larghezza minima della sezione	$b_w = 1000$ mm



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

Diametro ferri longitudinali	$\varnothing = 14$ mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n = 5$ --
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl} = 770$ mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ )	$\rho_l = 0.0014$ --

#### Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione ( $\leq 2$ )	$k = 1.61$ --
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	$v_{min} = 0.36$ N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 \times f_{cd}$ )	$\sigma_{cp} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,mi} = 193.17$ kN
<b>Resistenza ultima a taglio (<math>V_{Rd} \geq V_{Rd,min}</math>)</b>	$V_{Rd} = 193.17$ kN



Dato che la verifica risulta soddisfatta non occorre disporre un'apposita armatura resistente a taglio.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 9.6 VERIFICA MENSOLA TOZZA

Nella seguente tabella vengono riportate le sollecitazioni più gravose utilizzate per le verifiche sezionali della mensola tozza anteriore.

Azioni mensola tozza	$F_{reaz}$ [kN/m]	$b_{Freaz}$ [m]	$F_{tir}$ [kN/m]	$\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Combinazione di carico SLU_STR	46.47	0.21	19.58	2.54
Combinazione di carico SLU_ECC	41.85	0.21	17.56	2.28
Combinazione di carico SLU_SISM	67.44	0.22	29.13	3.78

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 10 ANALISI DELLE PARATIE PROVVISORIE

### 10.1 CARATTERISTICHE DI CALCOLO

Il dimensionamento delle paratie è stato condotto utilizzando il metodo agli stati limite secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, il D.M. 14/01/2008. Tale normativa impone una doppia verifica, agli Stati Limite d'Esercizio e agli Stati Limite Ultimi. Nelle condizioni di esercizio si verifica che le deformazioni risultino ammissibili per le strutture e per i terreni in sito, considerando valori caratteristici sia dei carichi sia dei parametri del terreno, mentre agli S.L.U., la normativa impone di considerare almeno i seguenti stati limite:

- Collasso per rotazione attorno ad un punto dell'opera;
- Collasso per carico limite verticale;
- Sfilamento di uno o più ancoraggi;
- Instabilità del fondo scavo;
- Sifonamento del fondo scavo;
- Instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
- Raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
- Raggiungimento della resistenza in uno o più sistemi di contrasto;
- Raggiungimento della resistenza strutturale della paratia;



accertando che sia soddisfatta, per ogni stato limite considerato, la condizione:

$$E_d < R_d$$

dove  $E_d$  e  $R_d$  rappresentano rispettivamente le sollecitazioni e le resistenze di progetto, calcolate tenendo in conto dei coefficienti parziali per le azioni e per i parametri geotecnici riportati nelle seguenti tabelle:

carichi	effetto	coeff. parziale	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)
Permanenti	favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	favorevole	$\gamma_{G2}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	favorevole	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3

**Tabella 6.2.I delle N.T.C. 2008**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

parametro	simbolo	coeff. parziale	M1	M2
tangente angolo di attrito	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.00	1.25
coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40
peso unità di volume	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1.00	1.00

**Tabella 6.2.II delle N.T.C. 2008**

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera è effettuata secondo l'approccio 1, combinazione2:

$$A2+M2+R2$$

In accordo con la Tabella 6.8.I del D.M. 14/02/2008 il coefficiente parziale sulle resistenza R2 è pari a 1.1, mentre i coefficienti A2 e M2 sono quelli già citati sopra.



Le rimanenti verifiche sono state effettuate adottando le seguenti combinazioni di coefficienti. Il segno '+', in ossequio alla nuova normativa, ha il significato di 'combinato con'.

	Combinazione
<b>Comb1</b>	A1+M1+R1
<b>Comb2</b>	A2+M2+R1

I fattori parziali associati al caso 'R1' risultano tutti unitari. Il programma di calcolo utilizzato, Paratie Plus 2010, è in grado di distinguere i contributi dei vari carichi è, conseguentemente, di amplificare le sollecitazioni ad essi associate per i coefficienti A corrispondenti.

La verifica strutturale dei contrasti è condotta con riferimento alla peggiore delle combinazioni sopra descritte (Comb1 e Comb2).

Poichè l'opera in oggetto è di tipo provvisoria e la durata prevista in progetto risulta inferiore a 2 anni, la fase sismica viene trascurata (in accordo con quanto riportato nel paragrafo 2.4.1 del D.M.14/01/2008).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 10.2 STRATIGRAFIA DI PROGETTO

Di seguito si riportano i parametri geotecnici caratteristici delle varie unità assunti nei calcoli, conformi a quanto riportato nel paragrafo “Caratterizzazione geotecnica”.

Si precisa che, a favore di sicurezza, viene trascurato lo strato di “*plutonite*”. Tale strato presenta infatti caratteristiche meccaniche molto migliori rispetto allo strato che lo precede (“*depositi terrazzati marini*”), che pertanto verrà esteso oltre il suo limite.

Unità [-]	Tipologia [-]	S [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c [kPa]	$\phi$ [°]	$\nu$ [-]	$E_{vc}$ [kPa]	$E_{ur}$ [kPa]
A	Terreno da rilevato	2.50	20	0	38	0.3	50000	150000
B	Depositi terrazzati marini	15.00	20	0	38	0.2	41000	123000

dove:

S	Spessore dello strato di terreno (da quota testa paratia)
$\gamma$	Peso di volume del terreno
c	Coesione drenata
$\phi$	Angolo di attrito
$\nu$	Coefficiente di Poisson
$E_{vc}$	Modulo elastico in compressione vergine
$E_{ur}$	Modulo elastico in fase di scarico/ricarico



Per l'unità B (“*Depositi terrazzati marini*”) viene assunto un valore del modulo elastico  $E_{vc}$  compatibile con quello definito nella caratterizzazione geotecnica per opere che subiscono spostamenti relativamente piccoli (dell'ordine di qualche cm).

La falda non risulta interferente con l'opera: nel programma di calcolo viene pertanto posizionata ad una quota inferiore rispetto alla quota di base della paratia (indicativamente -20 m dalla quota di testa della paratia).

## 10.3 PARAMETRI DI SPINTA

Il coefficiente di spinta a riposo dei terreni considerati è stato calcolato secondo il procedimento dell'equilibrio limite di Rankine:



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$K_0 = 1 - \sin \varphi \quad (\text{spinta a riposo})$$

I valori dei coefficienti di spinta attiva ( $k_a$ ) sono stati calcolati secondo la relazione di Coulomb, mentre i coefficienti di spinta passiva ( $k_p$ ) secondo le relazioni di Rankine: il valore dell'angolo di attrito terreno-parametria ( $\delta$ ) è stato assunto pari a  $0.5 \times \varphi$  per la spinta attiva, mentre è stato prudenzialmente assunto nullo per il calcolo della spinta passiva.

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

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

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

$\Psi$  = inclinazione del paramento di monte del muro ( $90^\circ$ );

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



$\varepsilon$  = Inclinazione del pendio a monte.

La relazione di Rankine per il calcolo della spinta passiva è:

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \quad (\text{spinta passiva})$$

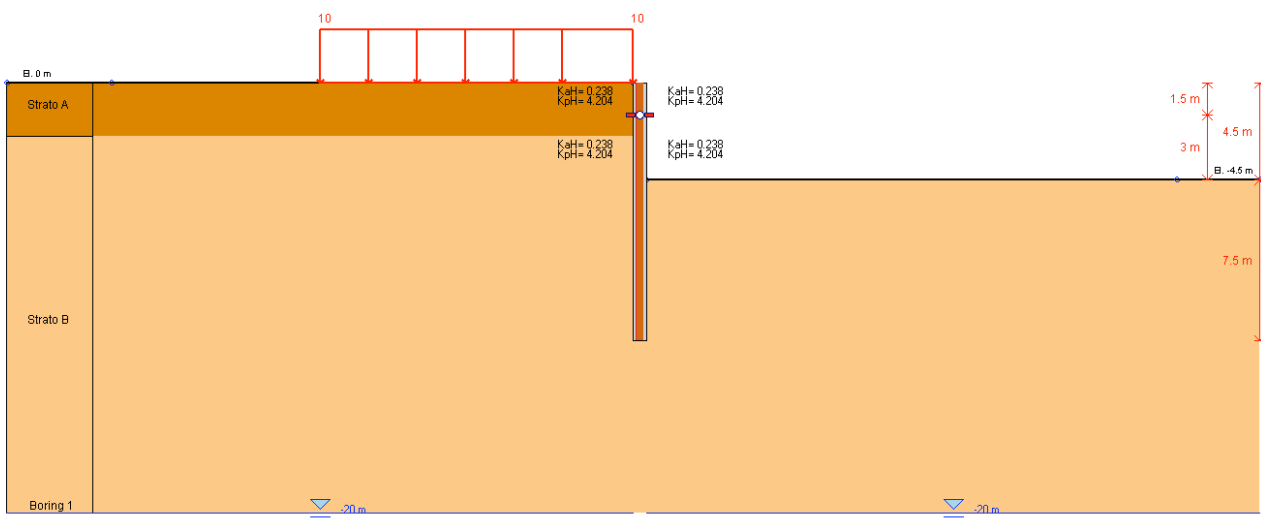
La tabella seguente riassume i coefficienti di spinta utilizzati nei calcoli effettuati; il pedice 'h' indica che i coefficienti di spinta attiva e passiva sono stati calcolati in direzione orizzontale.

Unità [-]	S.L. [-]	Valori [-]	Approccio [-]	$\phi$ [°]	$K_0$ [-]	$K_{ha}$ [-]	$K_{hp}$ [-]
<b>A</b>	S.L.E.	caratteristici	-	38	0.38	0.24	4.20
	S.L.U.	caratteristici	A1+M1+R1	38	0.38	0.24	4.20
	S.L.U.	progetto	A2+M2+R1	32	0.47	0.31	3.26
<b>B</b>	S.L.E.	caratteristici	-	38	0.38	0.24	4.20
	S.L.U.	caratteristici	A1+M1+R1	38	0.38	0.24	4.20
	S.L.U.	progetto	A2+M2+R1	32	0.47	0.31	3.26

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<b>Rev</b> F0	<b>Data</b> 20/06/2011

## 10.4 PARATIA H=4.50M

Il tratto in oggetto della paratia viene realizzato mediante micropali  $\varnothing$  220 mm di lunghezza 12 m e interasse 30 cm (armati con profili metallici PM127x8) e sostenuti da 1 ordine di puntelli (posizionato a quota -1.50m dalla testa della paratia) composti da profili commerciali in acciaio tipo HEB260 e HEB200.





**Modello di calcolo**

### 10.4.1 GEOMETRIA E FASI DI REALIZZAZIONE

Nel paragrafo in oggetto si dimensiona dal punto di vista strutturale la paratia necessaria per raggiungere la massima quota di scavo, posta a circa -4.50 m dalla quota dello stato di fatto. Per tener conto dei carichi accidentali transitanti sulla pista di lavoro, a monte della paratia viene inserito un sovraccarico accidentale pari a  $10 \text{ kN/m}^2$  (per una larghezza della pista posta pari a 5.00m). La situazione di studio viene riepilogata nella seguente tabella:



<b>Tipologia paratia</b> <b>[-]</b>	<b>Quota testa paratia</b> <b>[m]</b>	<b>Quota fondo scavo</b> <b>[m]</b>	<b>Ordini di contrasti</b> <b>[n°]</b>
<b>Berlinese</b>	0.00	-4.50	1

I contrasti sono affidati a profili commerciali in acciaio tipo HEB260 e HEB200.

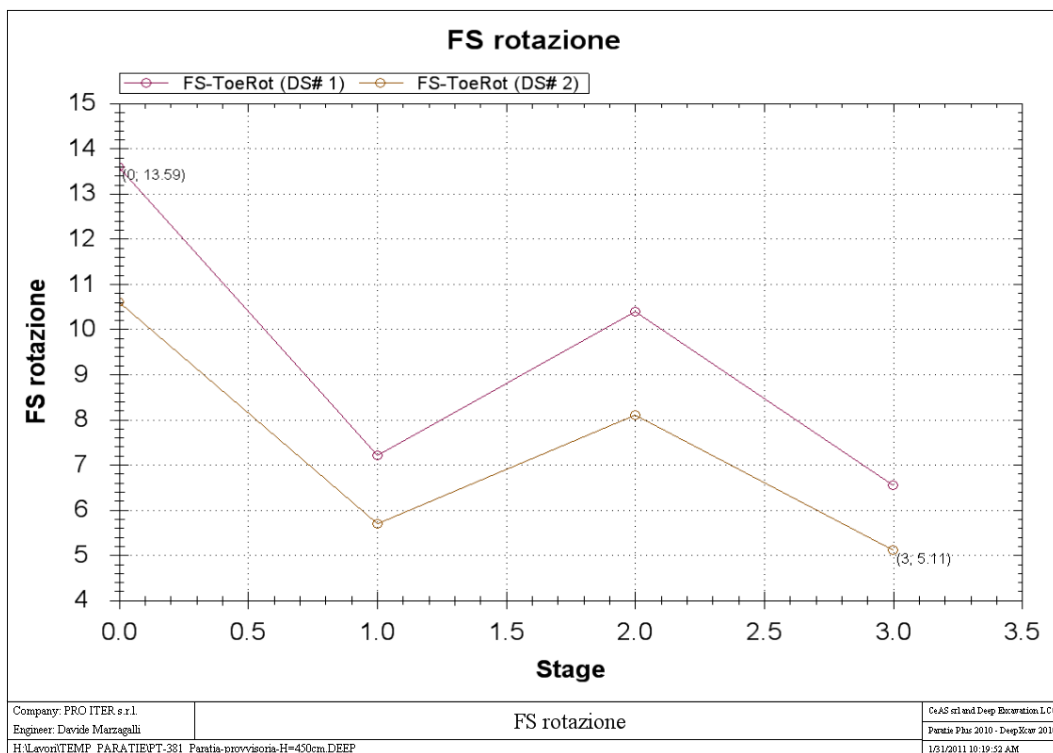
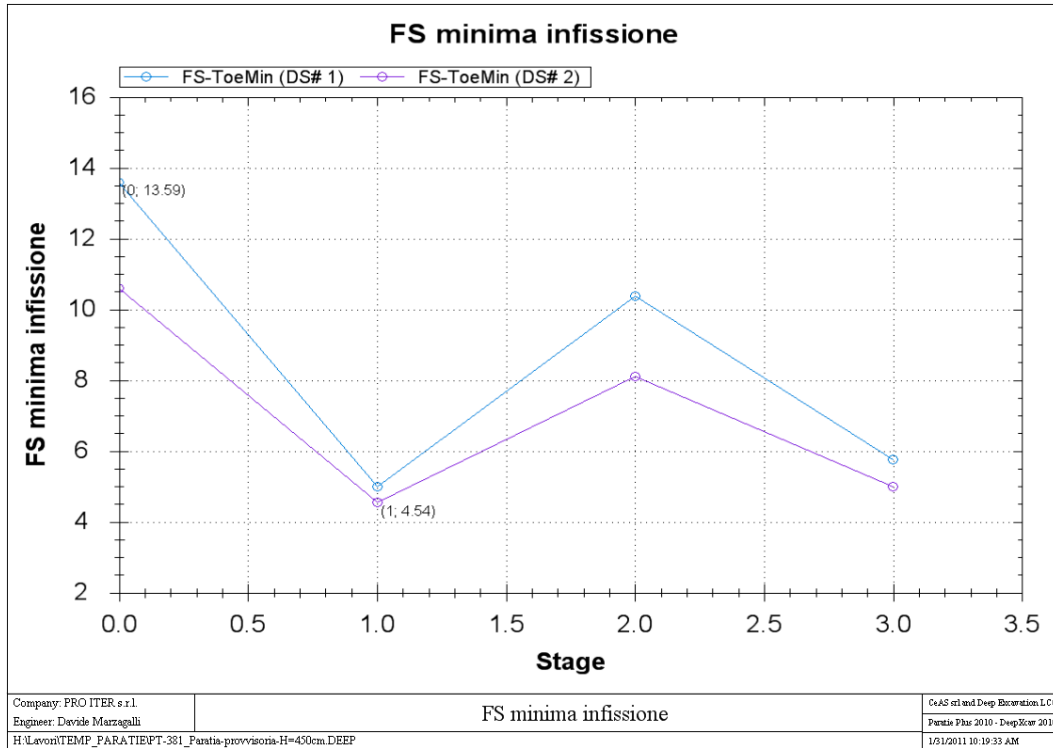
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

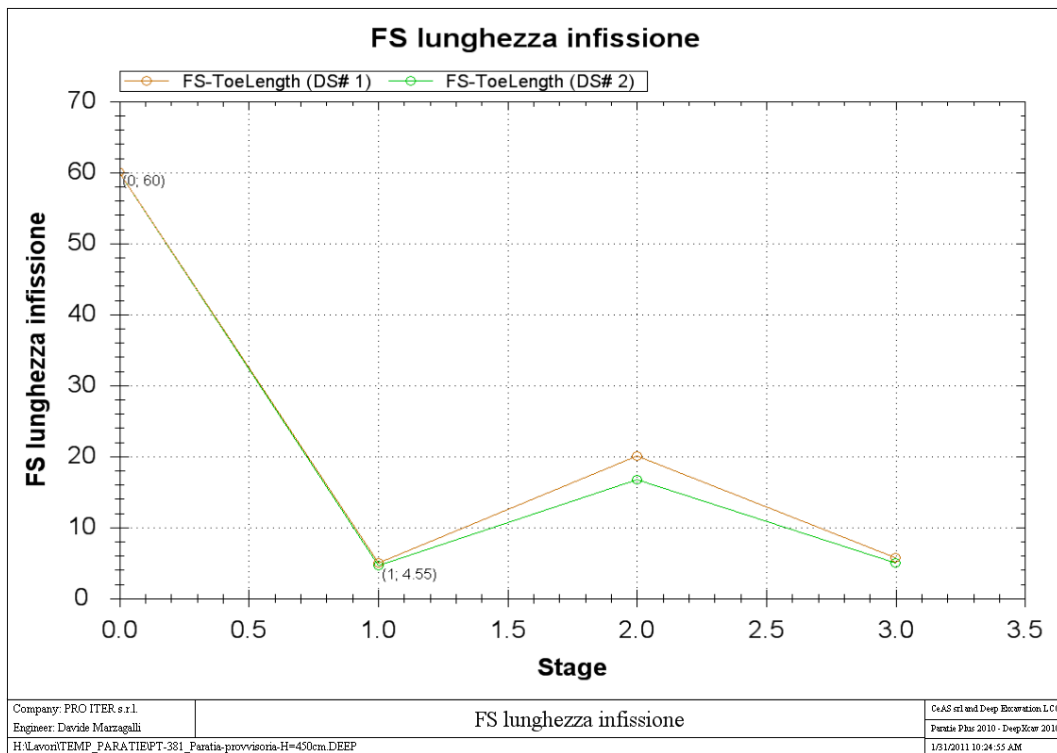
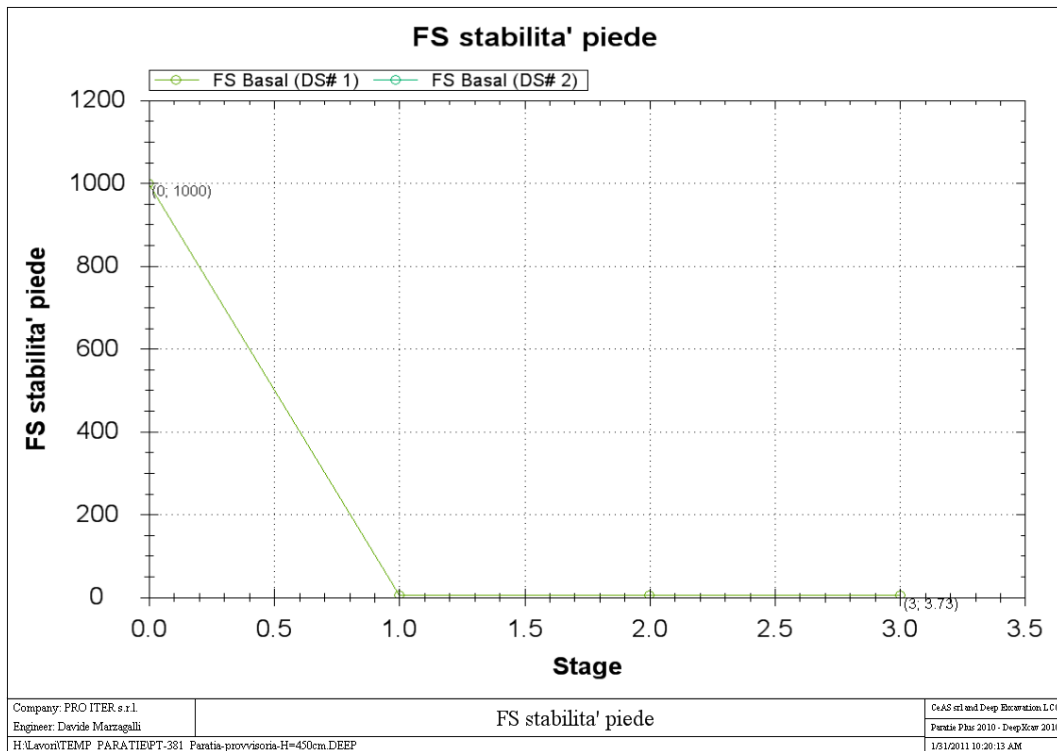
Di seguito si riportano gli step di calcolo:



- **STEP 0: Condizione geostatica**  
Corrisponde alla fase geostatica iniziale: le quote del terreno a monte e a valle della paratia coincidono (quota 0 m).
- **STEP 1: Scavo per posizionamento 1° ordine di contrasti**  
Corrisponde alla fase di scavo a valle fino al raggiungimento di quota -2.00 m, al fine di poter mettere in opera il 1° ordine di contrasti (posti a quota -1.50 m).
- **STEP 2: Messa in opera 1° ordine di contrasti**  
In tale fase viene considerato attivo il 1° ordine di contrasti (vincolo fisso).
- **STEP 3: Fondo scavo**  
Corrisponde alla fase di scavo a valle fino al raggiungimento di quota -4.50 m (fondo scavo).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<b>Rev</b> F0

### 10.4.2 VERIFICHE GEOTECNICHE





		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

#### **10.4.3 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE PARATIA-TERRENO**

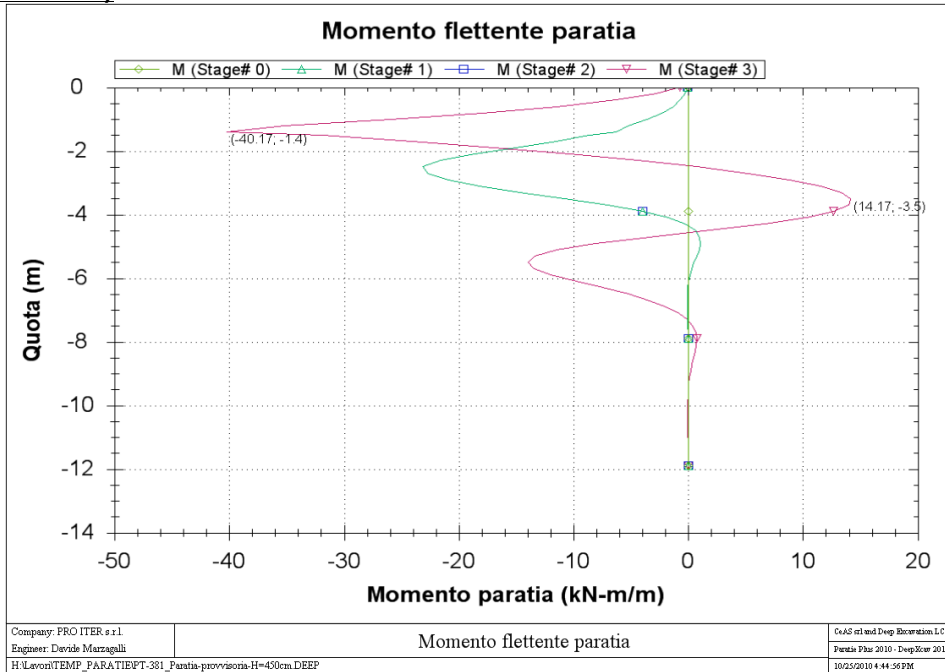
Poichè la paratia risulta di profondità minore rispetto a quella analizzata nel paragrafo 10.5 e tenuto conto della conformazione più favorevole del rilevato, per le verifiche di stabilità si rimanda a quanto svolto per la paratia successiva.

#### **10.4.4 RISULTATI DELLE ANALISI**

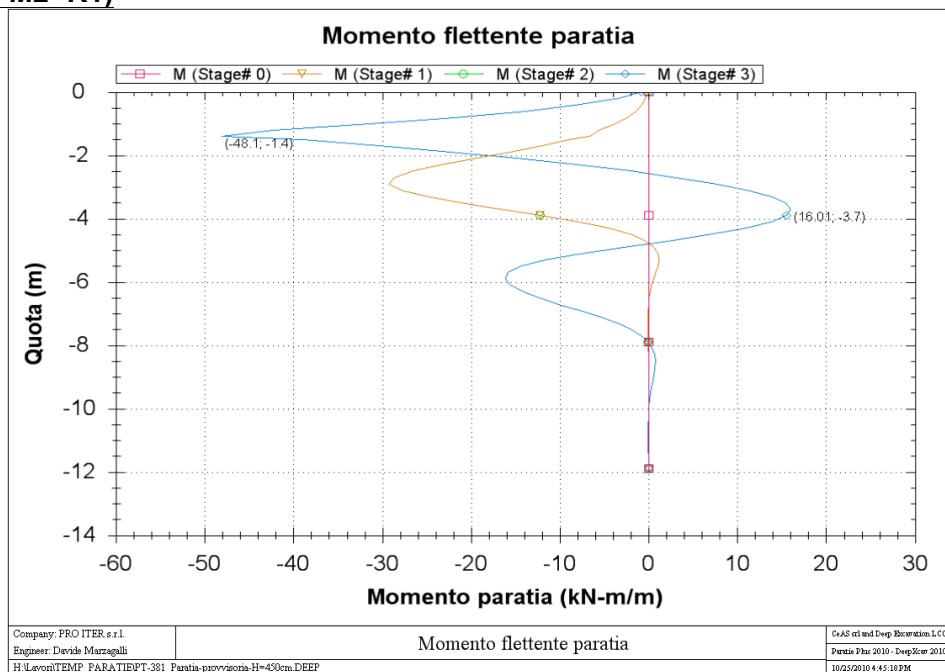
Di seguito vengono presentati i diagrammi dei momenti flettenti, dei tagli e delle azioni assiali nei contrasti per le due combinazioni di carico analizzate a Stato Limite Ultimo e le deformazioni a Stato Limite di Esercizio.

**10.4.4.1 DIAGRAMMI DEL MOMENTO FLETTENTE**

**Comb1 (A1+M1+R1)**

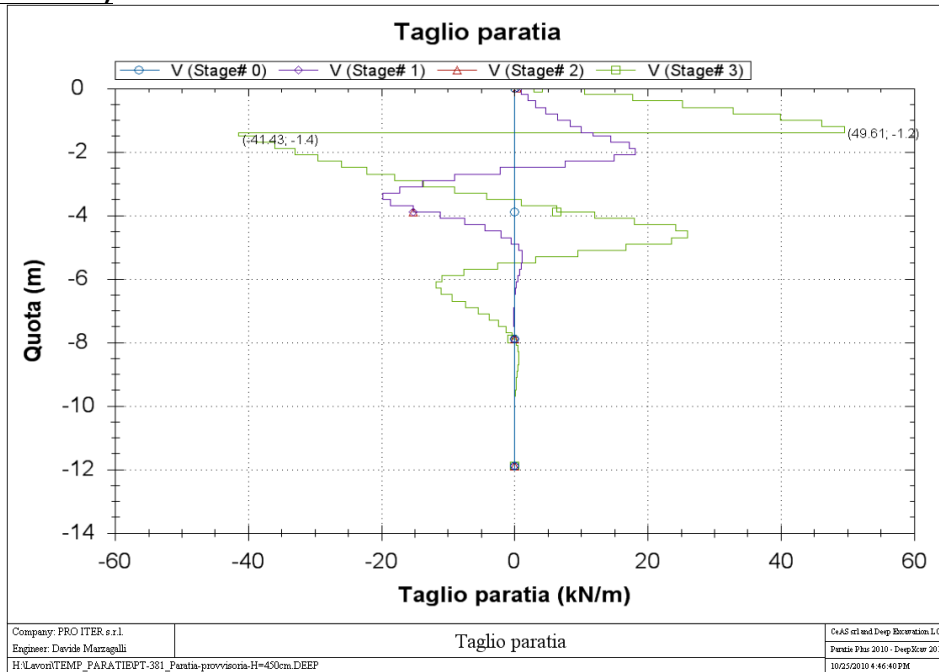


**Comb2 (A2+M2+R1)**

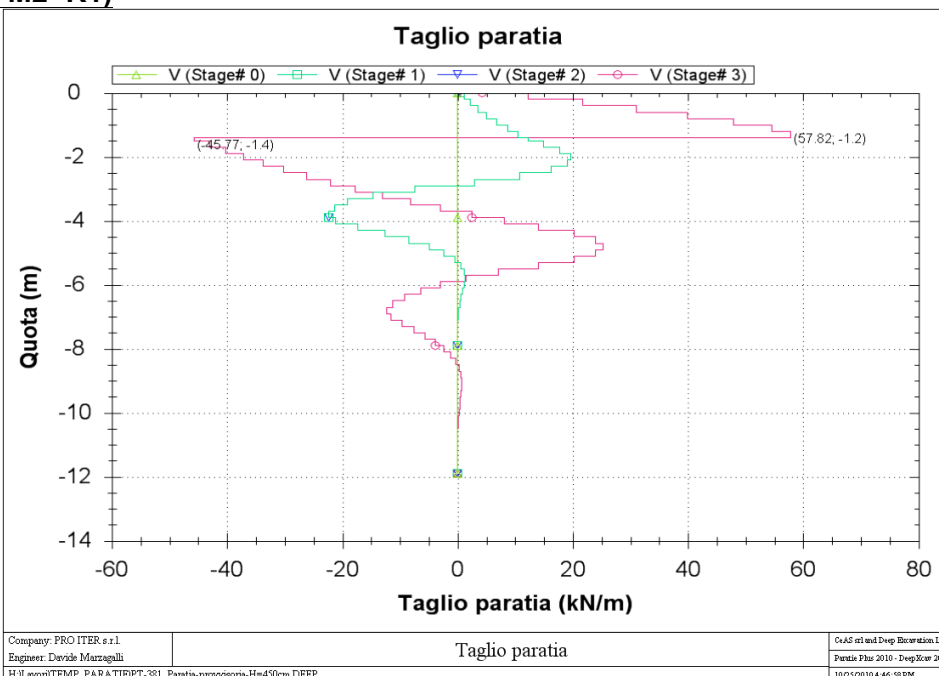


**10.4.4.2 DIAGRAMMI DEL TAGLIO**



**Comb1 (A1+M1+R1)**



**Comb2 (A2+M2+R1)**



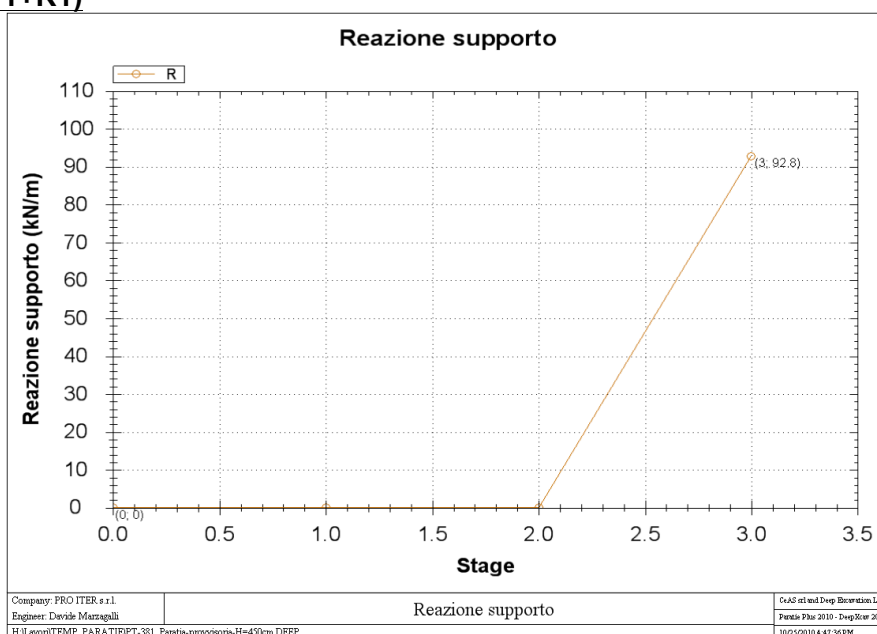


		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<table border="1"> <tr> <td><b>Rev</b></td> <td><b>Data</b></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<b>Rev</b>	<b>Data</b>	F0	20/06/2011
<b>Rev</b>	<b>Data</b>						
F0	20/06/2011						

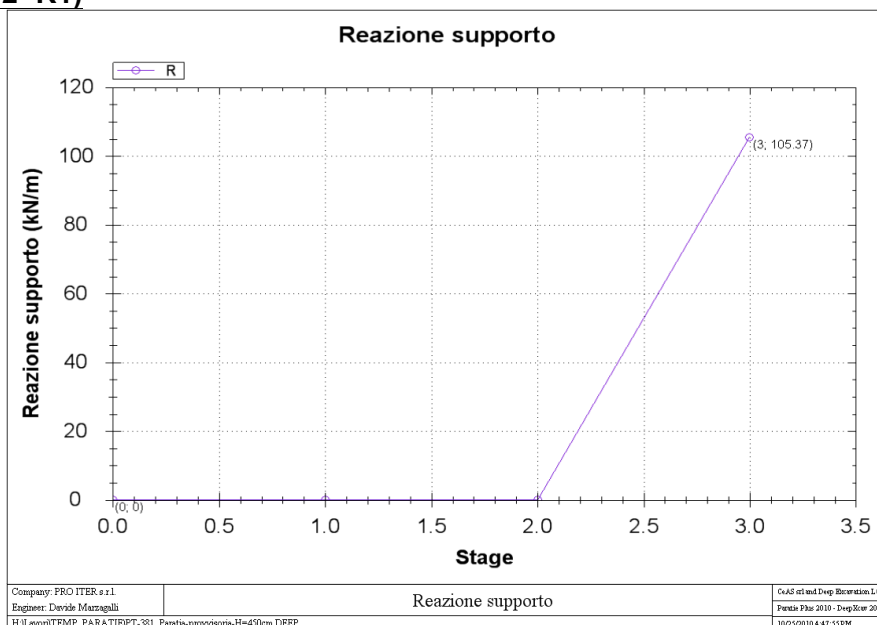
### 10.4.4.3 STORIA DI CARICO DEI CONTRASTI



Nel presente paragrafo si riporta la storia di carico dei contrasti.

#### Comb1 (A1+M1+R1)



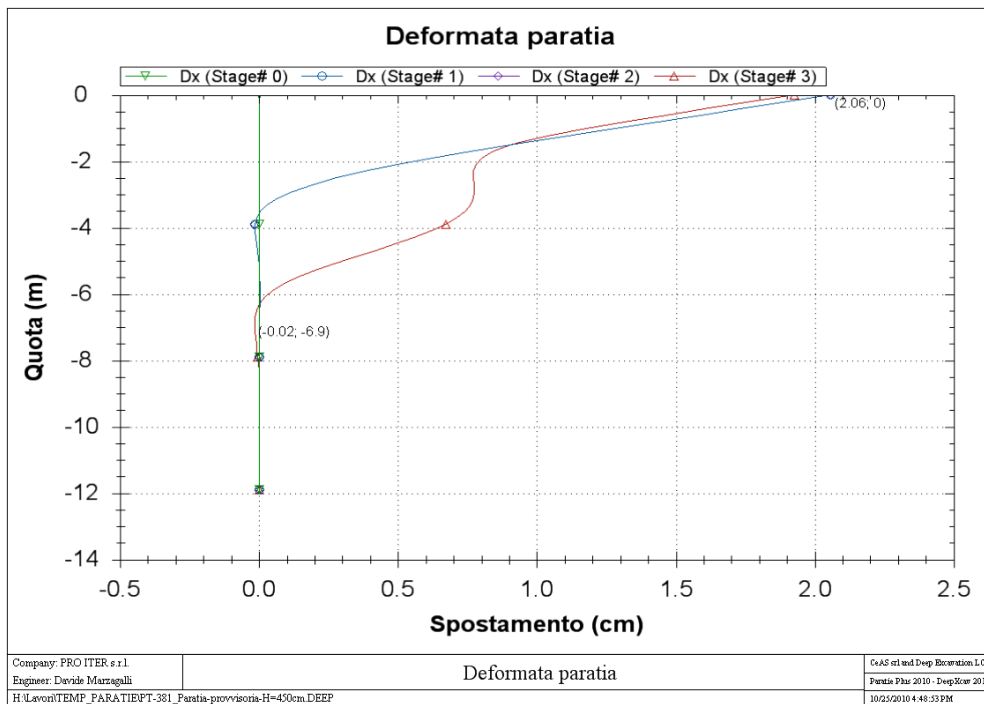
#### Comb2 (A2+M2+R1)





		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

#### 10.4.4.4 DIAGRAMMA DELLE DEFORMAZIONI

Di seguito si riportano i diagrammi delle deformazioni a Stato Limite di Esercizio.



Il valore massimo di spostamento pari a circa 2 cm è ritenuto ammissibile per l'opera in progetto e per la tipologia di terreno presente in sito.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 10.4.5 VERIFICHE DEI MICROPALI

Le verifiche vengono effettuate a Stato Limite Ultimo, confrontando le sollecitazioni massime fornite dal programma nello step più sfavorevole con il dominio di progetto dei pali.

Nella seguente tabella si riportano le sollecitazioni massime per metro fuori piano e le sollecitazioni di progetto in ciascun micropalo ( $i = 0.30$  m).

<b>Combinazione</b>	<b>M<sub>Ed</sub></b> <b>[kNm/m]</b>	<b>V<sub>Ed</sub></b> <b>[kN/m]</b>	<b>M<sub>Ed-palo</sub></b> <b>[kNm]</b>	<b>V<sub>Ed-palo</sub></b> <b>[kN]</b>
<b>Comb 1</b>	40.17	49.61	12.05	14.88
<b>Comb 2</b>	48.10	57.82	14.43	17.35

Con riferimento al paragrafo 4.2.4 delle N.T.C.2008, la resistenza di calcolo a flessione retta e a taglio (affidata, a favore di sicurezza) al solo profilato metallico, si calcola mediante le seguenti relazioni:

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$



$$V_{Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

Considerando le caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione tubolare di acciaio del micropalo (costituita da un profilo cavo circolare commerciale tipo PM127×8 di acciaio S355), si ottiene:

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{113000 \cdot 355}{1.05} \cdot 10^{-6} = 38.20 \text{ kNm}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1904 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1.05} \cdot 10^{-3} = 371.66 \text{ kN}$$

Le verifiche risultano soddisfatte poichè il momento resistente plastico  $M_{Rd}$  risulta superiore al momento di progetto  $M_{Ed}$  (si fa notare che, come prescritto da normativa, l'influenza del taglio sulla flessione viene trascurata poichè è sempre verificata la condizione  $V_{Ed} < 0.5 \times V_{Rd}$ ).

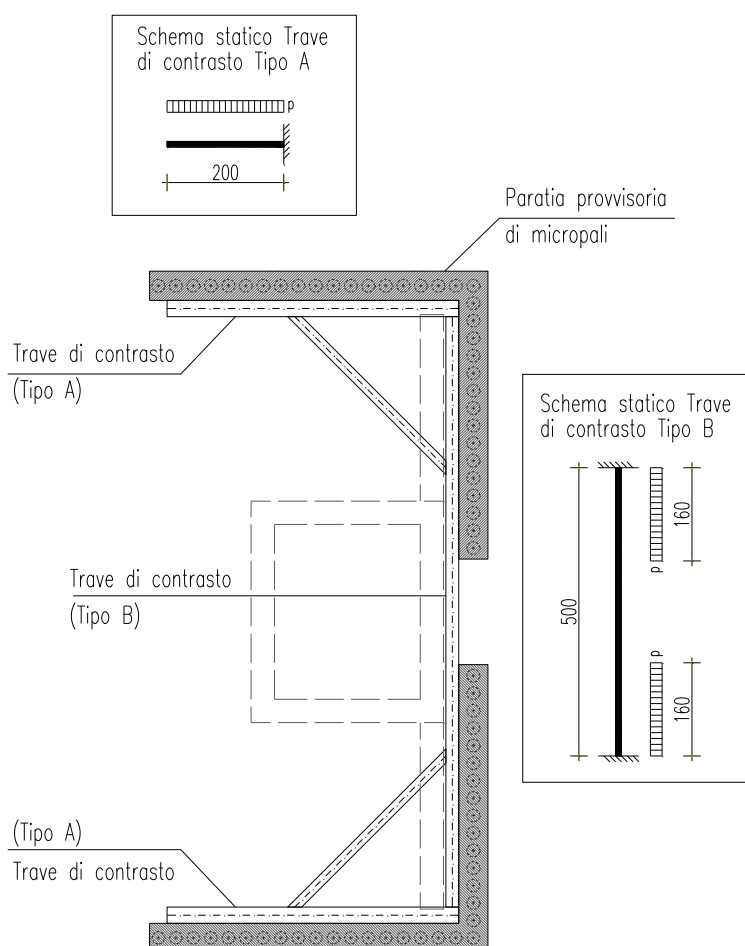
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 10.4.6 VERIFICHE DEI CONTRASTI



Nella seguente tabella sono riportati i valori massimi dell'azione agente nei contrasti nelle diverse combinazioni (indicata nelle verifiche con  $T_{Ed}$ ):

Ordine [-]	SLE [kN/m]	Comb1 [kN/m]	Comb2 [kN/m]
I	69.39	92.80	105.37

Nella figura seguente si evidenziano la disposizione, la tipologia e lo schema statico adottato per il calcolo dei contrasti.



In base a quanto riportato nella figura precedente, si procede al dimensionamento delle travi di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

contrasto, utilizzando una forza “p” pari a 105.37 kN/m (valore a Stato Limite Ultimo).

Per la trave Tipo A si utilizza un profilo metallico commerciale tipo HEB260 (acciaio S275), mentre per la trave Tipo B un profilo HEB200 (acciaio S275).

### **Verifiche trave Tipo A**

La sezione maggiormente sollecitata è quella d’incastro. Si ottiene pertanto:

$$M_{Sdu} = \frac{p \cdot L^2}{2} = \frac{105.37 \cdot 2^2}{2} = 211 \text{ kNm}$$

$$V_{Sdu} = p \cdot L = 105.37 \cdot 2 = 211 \text{ kN}$$

Considerando le caratteristiche meccaniche del profilo HEB260 ( $W=1148\text{cm}^3$ ,  $A_T=26.0\text{cm}^2$ ), si ottiene:

$$\sigma_s = \frac{M_{Sdu}}{W} = \frac{211 \cdot 10^6}{1148 \cdot 10^3} = 183.57 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_s = \frac{V_{Sdu}}{A_T} = \frac{211 \cdot 10^3}{26.00 \cdot 10^2} = 81.05 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_s^2 + 3 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{183.57^2 + 3 \cdot 81.05^2} = 231.10 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} = 261.90 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

### **Verifiche trave Tipo B**

La sezione maggiormente sollecitata è quella d’incastro. Si ottiene pertanto:

$$M_{Sdu} = \frac{p \cdot a}{L} \cdot \left[ a \cdot L - a \cdot \left( \frac{L}{2} + \frac{a}{3} \right) \right] = \frac{105.37 \cdot 1.6}{5} \cdot \left[ 1.6 \cdot 5 - 1.6 \cdot \left( \frac{5}{2} + \frac{1.6}{3} \right) \right] = 106 \text{ kNm}$$

$$V_{Sdu} = p \cdot a = 105.37 \cdot 1.6 = 169 \text{ kN}$$



Considerando le caratteristiche meccaniche del profilo HEB200 ( $W=569.6\text{cm}^3$ ,  $A_T=18.0\text{cm}^2$ ), si ottiene:

$$\sigma_s = \frac{M_{Sdu}}{W} = \frac{106 \cdot 10^6}{569.6 \cdot 10^3} = 186.27 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_s = \frac{V_{Sdu}}{A_T} = \frac{169 \cdot 10^3}{18.00 \cdot 10^2} = 93.66 \text{ N/mm}^2$$

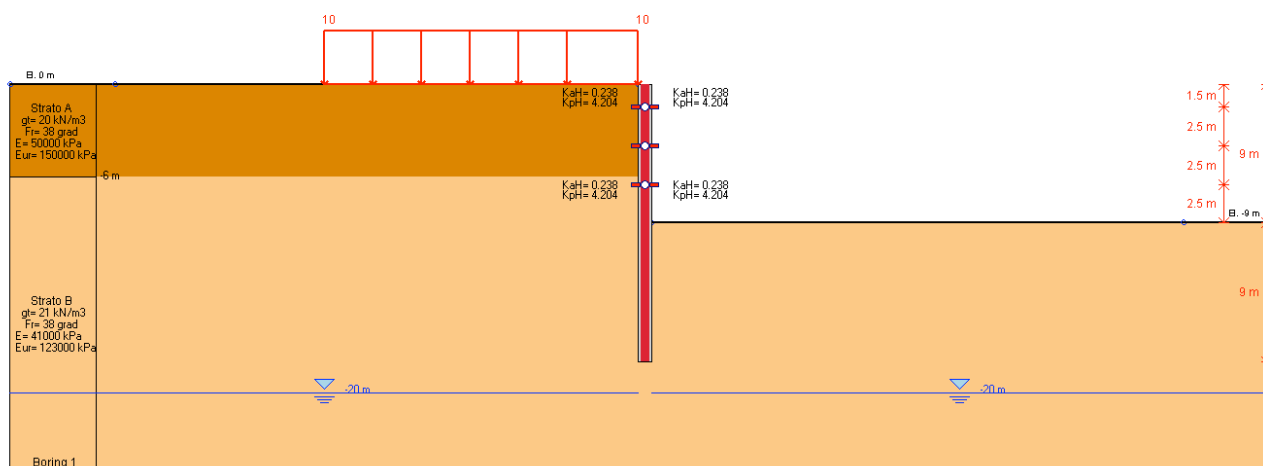
$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_s^2 + 3 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{186.27^2 + 3 \cdot 93.66^2} = 247.01 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} = 261.90 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Rev</b></td> <td style="width: 50%;"><b>Data</b></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<b>Rev</b>	<b>Data</b>	F0	20/06/2011
<b>Rev</b>	<b>Data</b>						
F0	20/06/2011						

## 10.5 PARATIA H=9.00M

Il tratto in oggetto della paratia viene realizzato mediante micropali  $\varnothing$  220 mm di lunghezza 18 m e interasse 30 cm (armati con profili metallici PM127x8) e sostenuti da 3 ordini di puntelli (rispettivamente a quota -1.50 m, -4.00 m e -6.50 m dalla testa della paratia) composti da profili commerciali in acciaio tipo HEB320 e HEB260.



**Modello di calcolo**



### 10.5.1 GEOMETRIA E FASI DI REALIZZAZIONE

Nel paragrafo in oggetto si dimensiona dal punto di vista strutturale la paratia necessaria per raggiungere la massima quota di scavo, posta a circa -9.00 m dalla quota dello stato di fatto. Per tener conto dei carichi accidentali transitanti sulla pista di lavoro, a monte della paratia viene inserito un sovraccarico accidentale pari a  $10 \text{ kN/m}^2$  (per una larghezza della pista posta pari a 5.00m). La situazione di studio viene riepilogata nella seguente tabella:

Tipologia paratia [-]	Quota testa paratia [m]	Quota fondo scavo [m]	Ordini di contrasti [n°]
<b>Berlinese</b>	0.00	-9.00	3

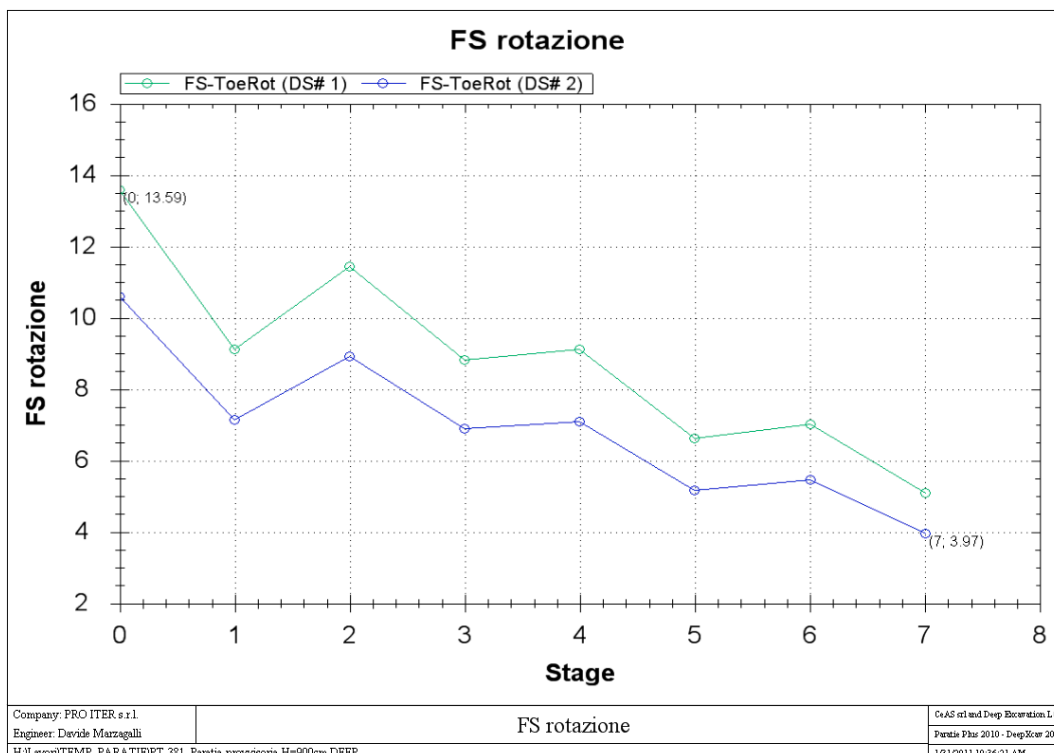
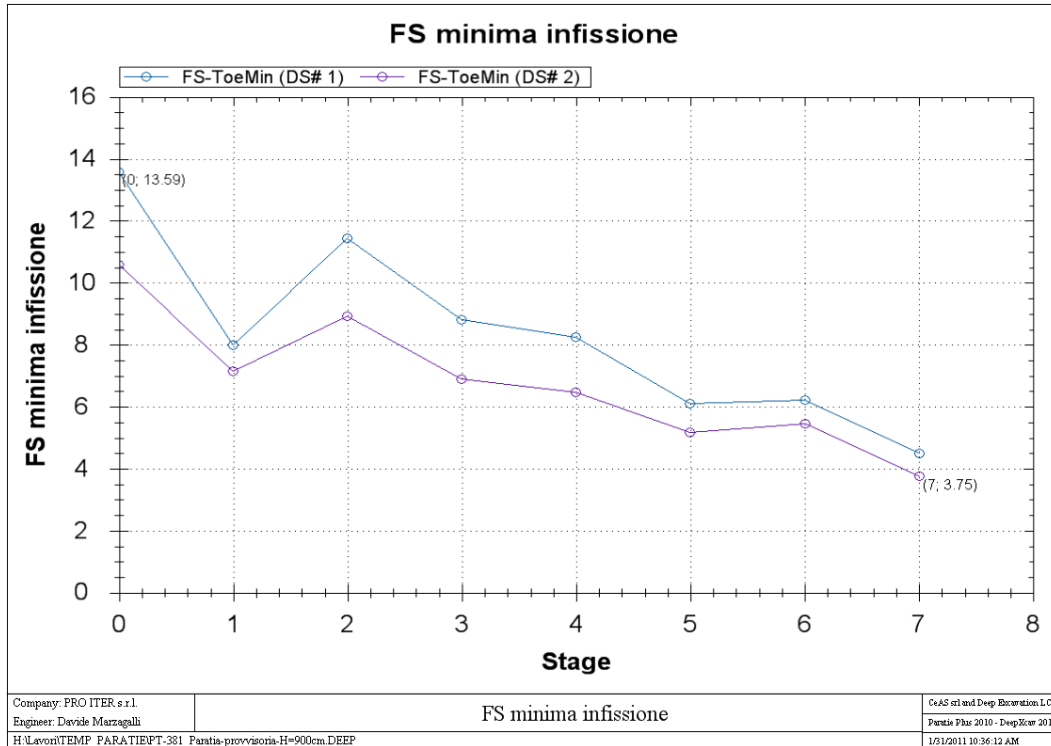
I contrasti sono affidati a profili commerciali in acciaio tipo HEB320 e HEB260.

Di seguito si riportano gli step di calcolo:

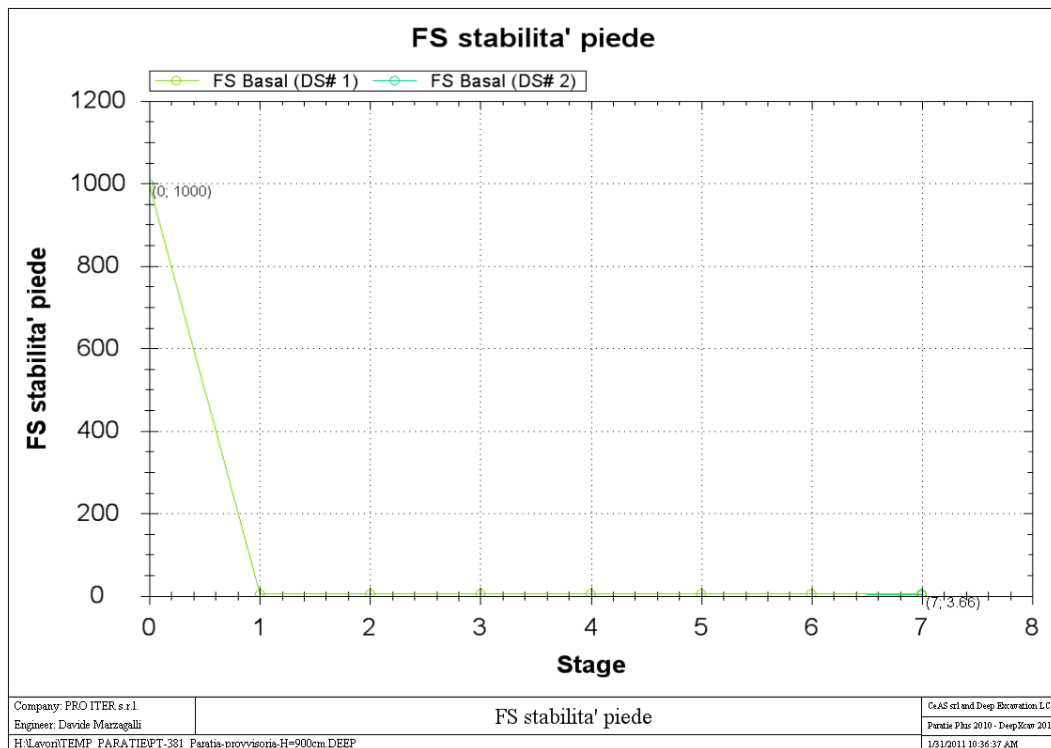
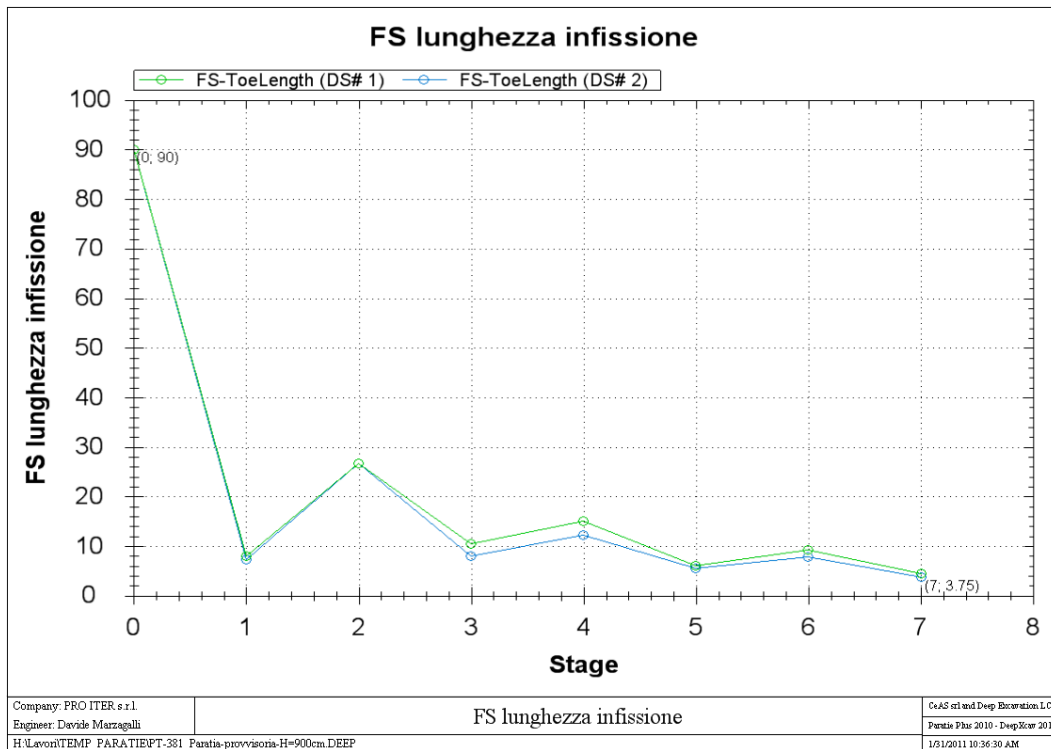
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	



- **STEP 0: Condizione geostatica**  
Corrisponde alla fase geostatica iniziale: le quote del terreno a monte e a valle della paratia coincidono (quota 0 m).
- **STEP 1: Scavo per posizionamento 1° ordine di contrasti**  
Corrisponde alla fase di scavo a valle fino al raggiungimento di quota -2.00 m, al fine di poter mettere in opera il 1° ordine di contrasti (posti a quota -1.50 m).
- **STEP 2: Messa in opera 1° ordine di contrasti**  
In tale fase viene considerato attivo il 1° ordine di contrasti (vincolo fisso).
- **STEP 3: Scavo per posizionamento 2° ordine di contrasti**  
Corrisponde alla fase di scavo a valle fino al raggiungimento di quota -4.50 m, al fine di poter mettere in opera il 2° ordine di contrasti (posti a quota -4.00 m).
- **STEP 4: Messa in opera 2° ordine di contrasti**  
In tale fase viene considerato attivo il 2° ordine di contrasti (vincolo fisso).
- **STEP 5: Scavo per posizionamento 3° ordine di contrasti**  
Corrisponde alla fase di scavo a valle fino al raggiungimento di quota -7.00 m, al fine di poter mettere in opera il 3° ordine di contrasti (posti a quota -6.50 m).
- **STEP 6: Messa in opera 3° ordine di contrasti**  
In tale fase viene considerato attivo il 3° ordine di contrasti (vincolo fisso).
- **STEP 7: Fondo scavo**  
Corrisponde alla fase di scavo a valle fino al raggiungimento di quota -9.00 m (fondo scavo).

### 10.5.2 VERIFICHE GEOTECNICHE







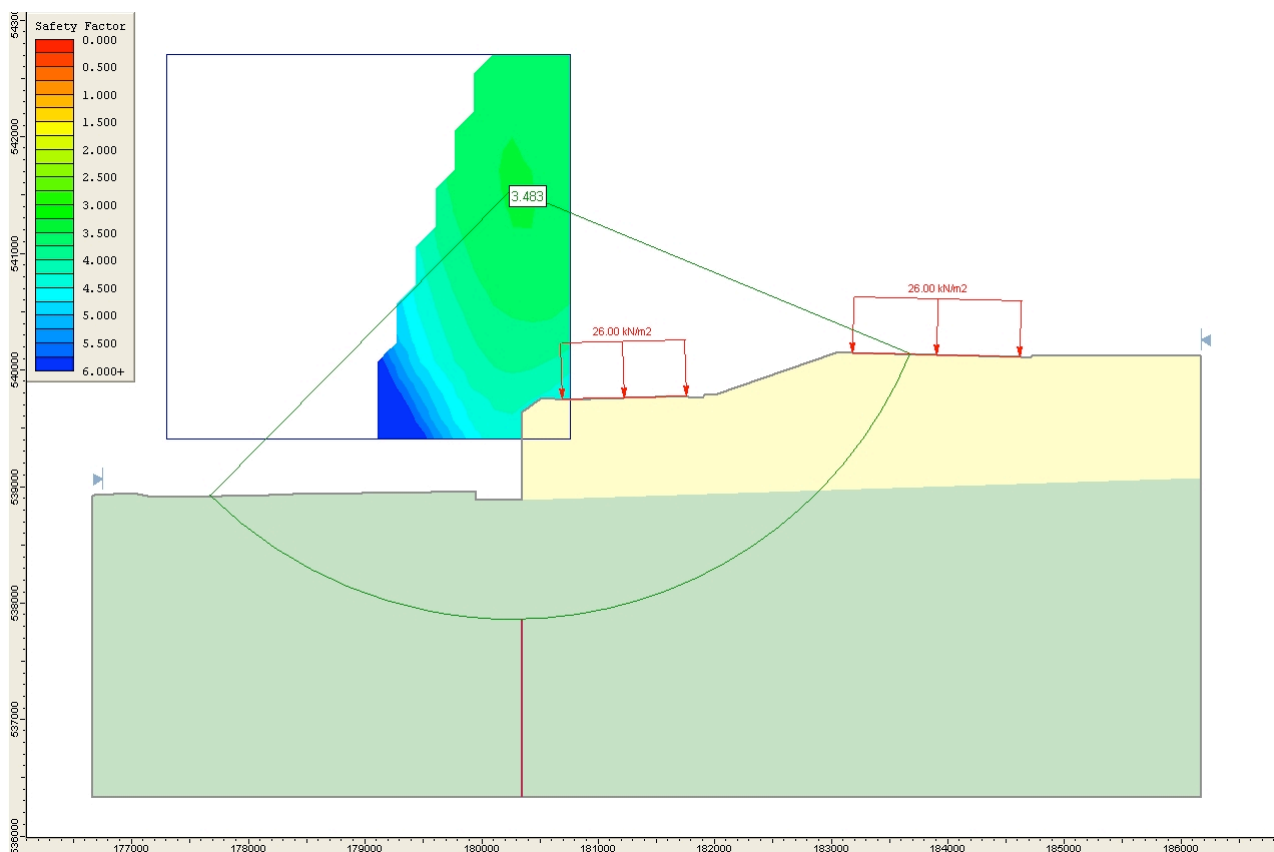
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

### 10.5.3 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE PARATIA-TERRENO

Al fine di valutare le condizioni di stabilità globale del versante in cui s’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 solo in condizioni statiche facendo riferimento alle indicazioni riportate in precedenza; in particolare si assume:

$$\gamma_r \geq 1.1$$



*Analisi di stabilità: FS=3.483*

In accordo con la normativa vigente (D.M. 14/01/2008 paragrafo 2.4.1) si omettono le verifiche in fase sismica poichè l’opera risulta essere di tipo provvisorio e con durata prevista in progetto inferiore a 2 anni.

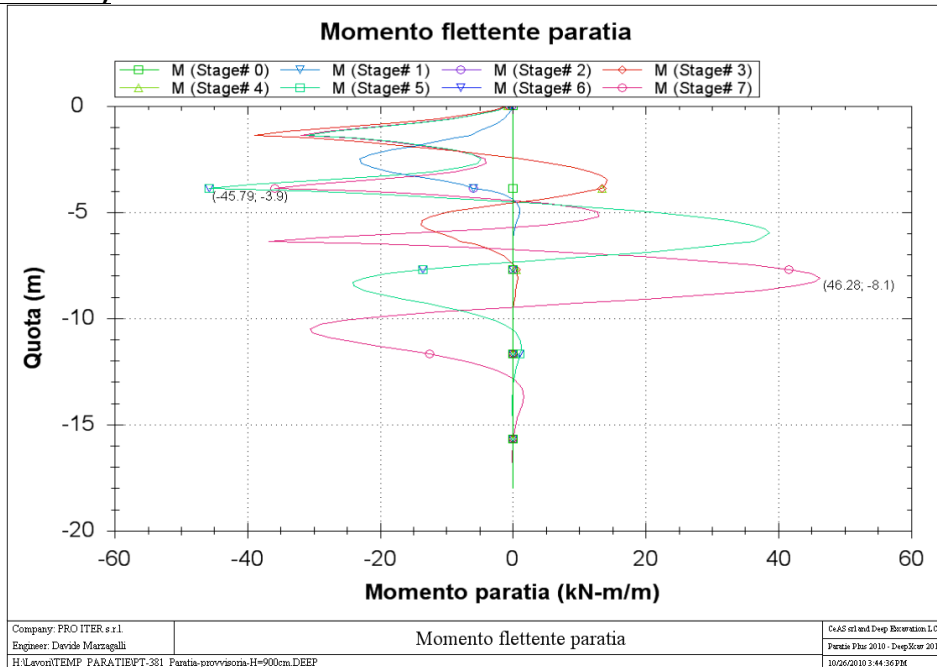
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

#### 10.5.4 RISULTATI DELLE ANALISI

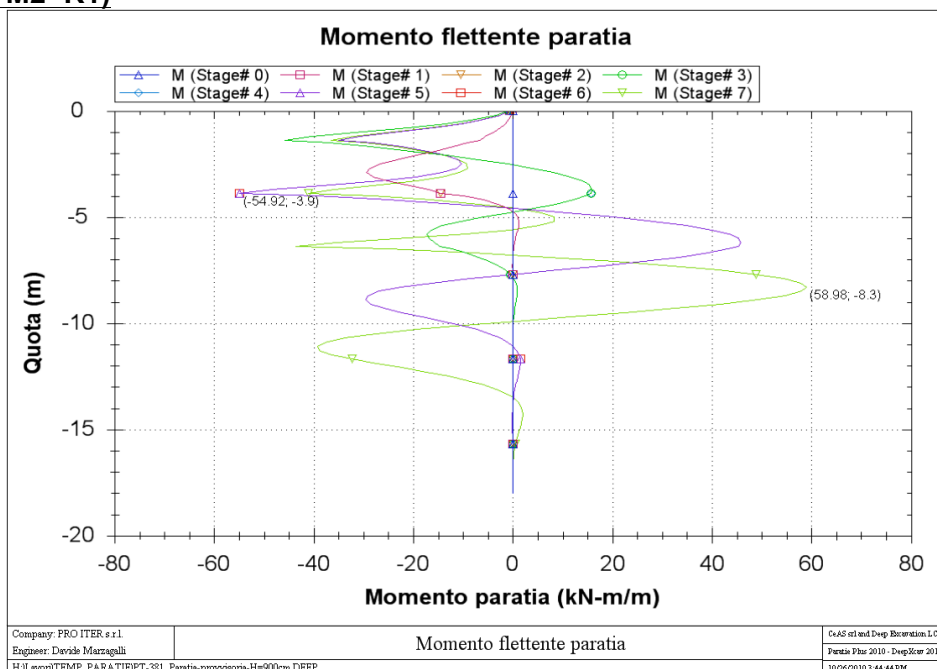
Di seguito vengono presentati i diagrammi dei momenti flettenti, dei tagli e delle azioni assiali nei contrasti per le due combinazioni di carico analizzate a Stato Limite Ultimo e le deformazioni a Stato Limite di Esercizio.



**10.5.4.1 DIAGRAMMI DEL MOMENTO FLETTENTE**

**Comb1 (A1+M1+R1)**



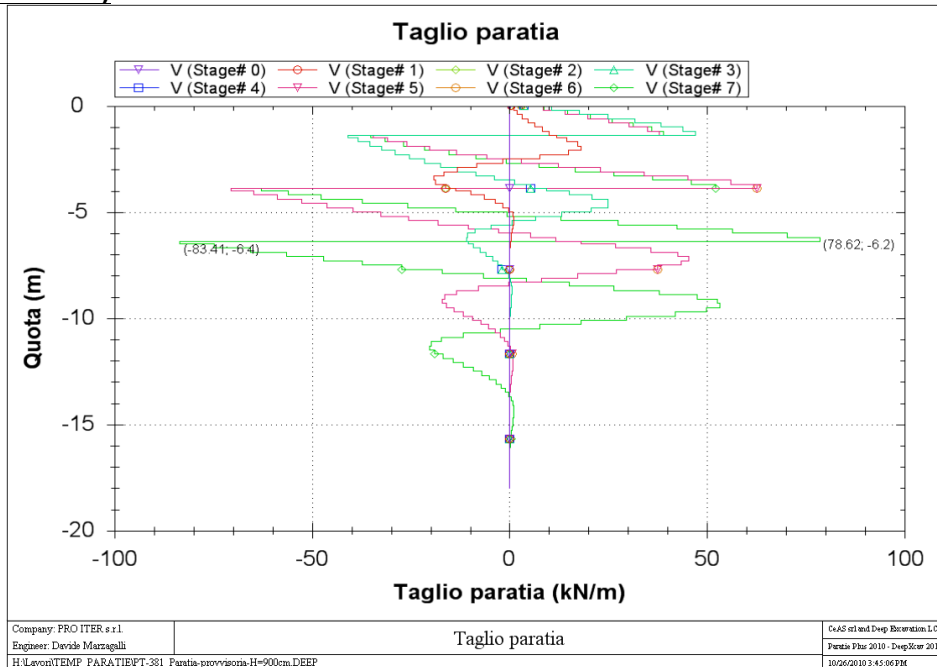
**Comb2 (A2+M2+R1)**



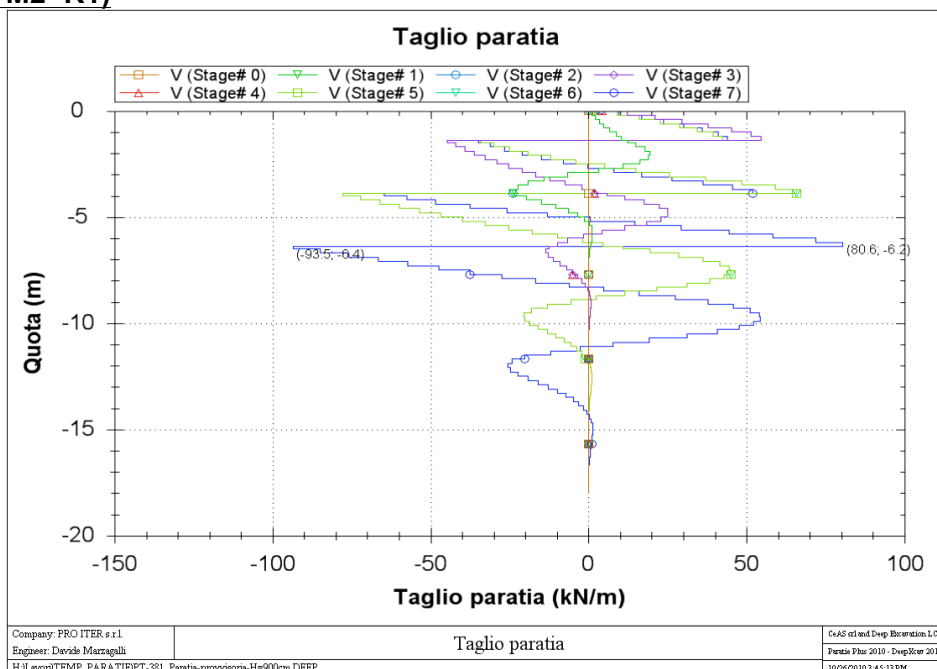
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<table border="1"> <tr> <td><b>Rev</b></td> <td><b>Data</b></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<b>Rev</b>	<b>Data</b>	F0	20/06/2011
<b>Rev</b>	<b>Data</b>						
F0	20/06/2011						



### 10.5.4.2 DIAGRAMMI DEL TAGLIO

#### Comb1 (A1+M1+R1)



#### Comb2 (A2+M2+R1)

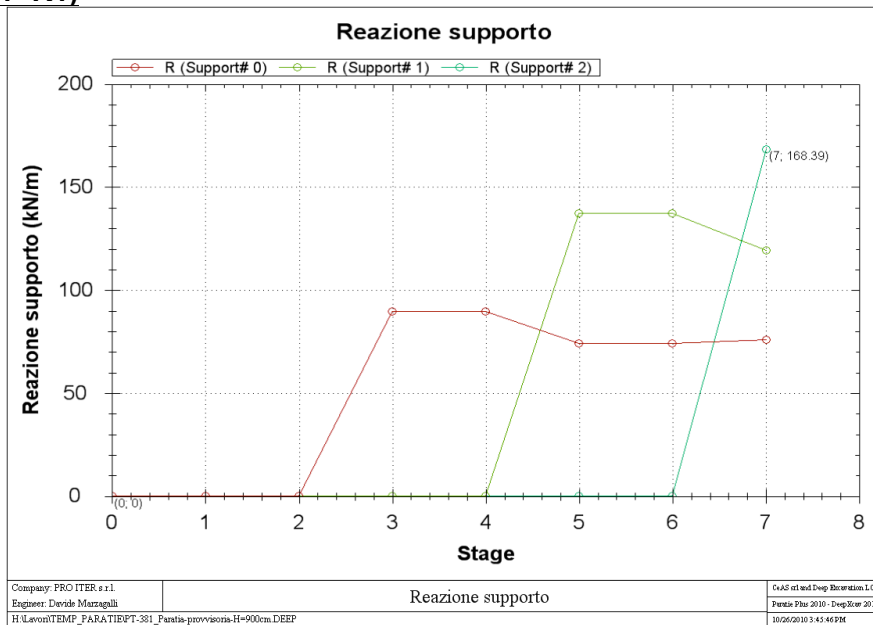


		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<table border="1"> <tr> <td><b>Rev</b></td> <td><b>Data</b></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<b>Rev</b>	<b>Data</b>	F0	20/06/2011
<b>Rev</b>	<b>Data</b>						
F0	20/06/2011						

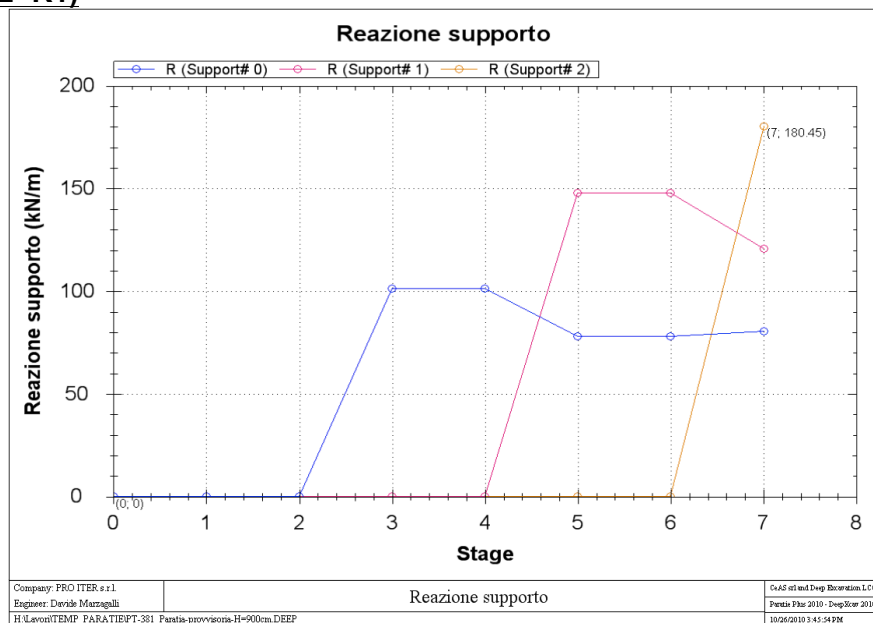
### 10.5.4.3 STORIA DI CARICO DEI CONTRASTI



nel presente paragrafo si riporta la storia di carico dei contrasti.

#### Comb1 (A1+M1+R1)



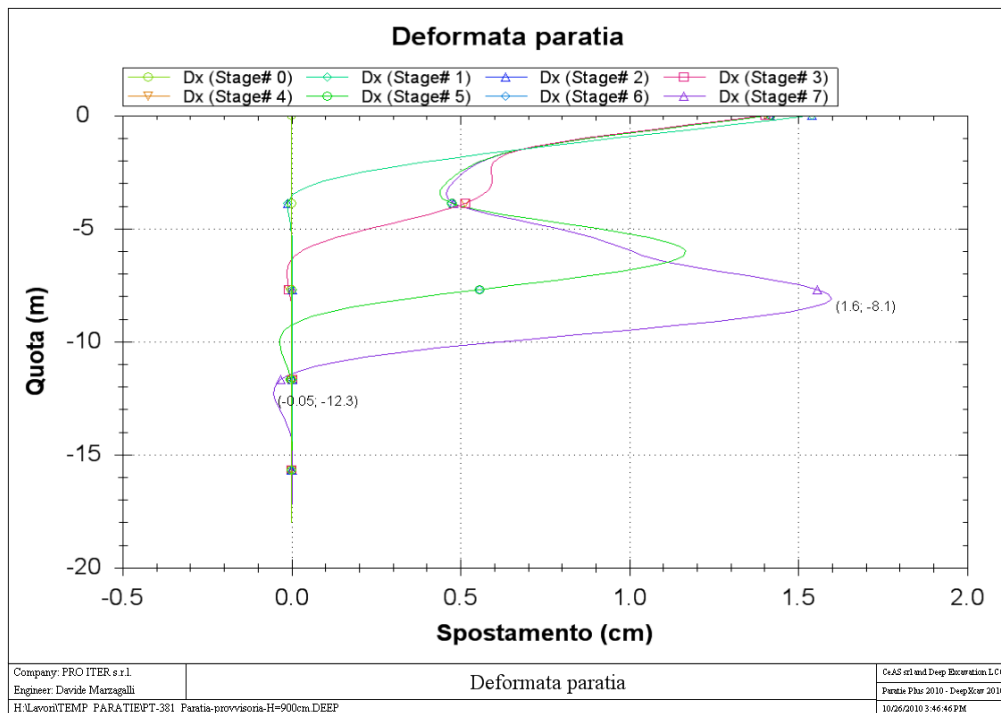
#### Comb2 (A2+M2+R1)





		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0561_F0.doc	<b>Rev</b> F0	<b>Data</b> 20/06/2011

#### 10.5.4.4 DIAGRAMMA DELLE DEFORMAZIONI

Di seguito si riportano i diagrammi delle deformazioni a Stato Limite di Esercizio.



Il valore massimo di spostamento pari a circa 1.8 cm è ritenuto ammissibile per l'opera in progetto e per la tipologia di terreno presente in sito.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 10.5.5 VERIFICHE DEI MICROPALI

Le verifiche vengono effettuate a Stato Limite Ultimo, confrontando le sollecitazioni massime fornite dal programma nello step più sfavorevole con il dominio di progetto dei pali.

Nella seguente tabella si riportano le sollecitazioni massime per metro fuori piano e le sollecitazioni di progetto in ciascun micropalo ( $i = 0.30$  m).

Combinazione	$M_{Ed}$ [kNm/m]	$V_{Ed}$ [kN/m]	$M_{Ed-palo}$ [kNm]	$V_{Ed-palo}$ [kN]
<b>Comb 1</b>	46.28	83.41	13.88	25.02
<b>Comb 2</b>	58.98	93.50	17.69	28.05

Con riferimento al paragrafo 4.2.4 delle N.T.C.2008, la resistenza di calcolo a flessione retta e a taglio (affidata, a favore di sicurezza) al solo profilato metallico, si calcola mediante le seguenti relazioni:

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$



Considerando le caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione tubolare di acciaio del micropalo (costituita da un profilo cavo circolare commerciale tipo PM127x8 di acciaio S355), si ottiene:

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{113000 \cdot 355}{1.05} \cdot 10^{-6} = 38.20 \text{ kNm}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1904 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1.05} \cdot 10^{-3} = 371.66 \text{ kN}$$

Le verifiche risultano soddisfatte poichè il momento resistente plastico  $M_{Rd}$  risulta superiore al momento di progetto  $M_{Ed}$  (si fa notare che, come prescritto da normativa, l'influenza del taglio sulla flessione viene trascurata poichè è sempre verificata la condizione  $V_{Ed} < 0.5 \times V_{Rd}$ ).



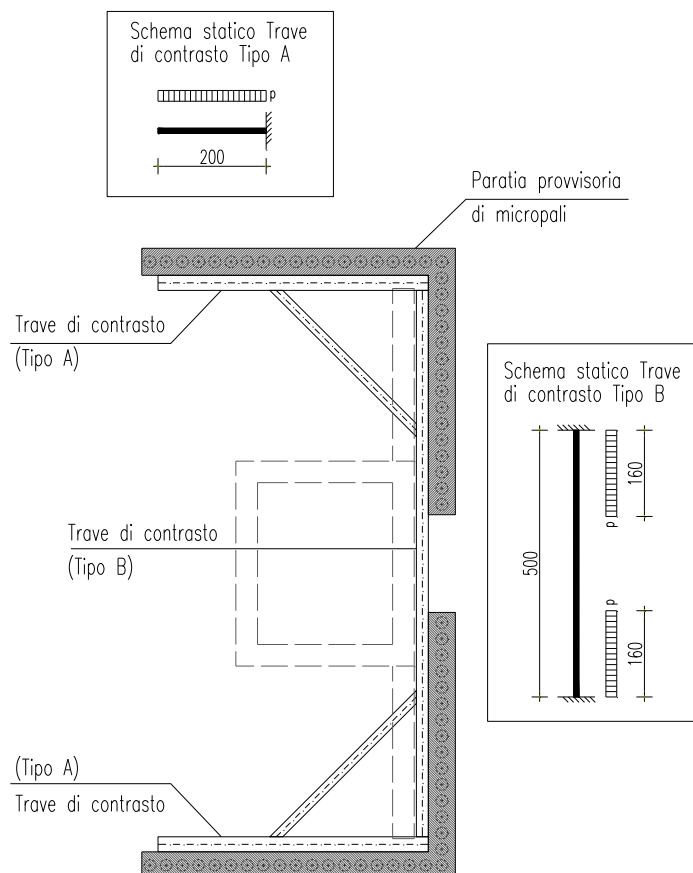
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



### 10.5.6 VERIFICHE DEI CONTRASTI

Nella seguente tabella sono riportati i valori massimi dell'azione agente nei contrasti nelle diverse combinazioni (indicata nelle verifiche con  $T_{Ed}$ ):

Ordine [-]	SLE [kN/m]	Comb1 [kN/m]	Comb2 [kN/m]
I	56.41	90.60	128.86
II	75.76	119.18	168.39
III	80.61	120.75	180.45

In questa fase si procede al dimensionamento dei contrasti maggiormente sollecitati (III° Ordine), rimandando eventuali affinamenti alla fase di P.E.; nella figura seguente si evidenziano la disposizione, la tipologia e lo schema statico adottato per il calcolo dei contrasti.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

In base a quanto riportato nella figura precedente, si procede al dimensionamento delle travi di contrasto, utilizzando una forza “p” pari a 180.45 kN/m (valore a Stato Limite Ultimo).

Per la trave Tipo A si utilizza un profilo metallico commerciale tipo HEB320 (acciaio S275), mentre per la trave Tipo B un profilo HEB260 (acciaio S275).

### **Verifiche trave Tipo A**

La sezione maggiormente sollecitata è quella d’incastro. Si ottiene pertanto:

$$M_{Sdu} = \frac{p \cdot L^2}{2} = \frac{180.45 \cdot 2^2}{2} = 361 \text{ kNm}$$

$$V_{Sdu} = p \cdot L = 180.45 \cdot 2 = 361 \text{ kN}$$

Considerando le caratteristiche meccaniche del profilo HEB320 ( $W=1926\text{cm}^3$ ,  $A_T=36.8\text{cm}^2$ ), si ottiene:

$$\sigma_s = \frac{M_{Sdu}}{W} = \frac{361 \cdot 10^6}{1926 \cdot 10^3} = 187.38 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_s = \frac{V_{Sdu}}{A_T} = \frac{361 \cdot 10^3}{36.80 \cdot 10^2} = 98.07 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_s^2 + 3 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{187.38^2 + 3 \cdot 98.07^2} = 252.92 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} = 261.90 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

### **Verifiche trave Tipo B**

La sezione maggiormente sollecitata è quella d’incastro. Si ottiene pertanto:

$$M_{Sdu} = \frac{p \cdot a}{L} \cdot \left[ a \cdot L - a \cdot \left( \frac{L}{2} + \frac{a}{3} \right) \right] = \frac{180.45 \cdot 1.6}{5} \cdot \left[ 1.6 \cdot 5 - 1.6 \cdot \left( \frac{5}{2} + \frac{1.6}{3} \right) \right] = 182 \text{ kNm}$$

$$V_{Sdu} = p \cdot a = 180.45 \cdot 1.6 = 289 \text{ kN}$$



Considerando le caratteristiche meccaniche del profilo HEB260 ( $W=1148\text{cm}^3$ ,  $A_T=26.0\text{cm}^2$ ), si ottiene:

$$\sigma_s = \frac{M_{Sdu}}{W} = \frac{182 \cdot 10^6}{1148 \cdot 10^3} = 158.28 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_s = \frac{V_{Sdu}}{A_T} = \frac{289 \cdot 10^3}{26.00 \cdot 10^2} = 111.05 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_s^2 + 3 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{158.28^2 + 3 \cdot 111.05^2} = 249.09 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} = 261.90 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11 TABULATI INPUT PARATIE

### 11.1 PARATIA DA 4.50m

\*\*

\* PARATIE ANALYSIS FOR DESIGN SECTION:Base model

\*1: Define General Calculation Settings

delta 0.2

unit m kN

option param itemax 40

\*2. ADD GENERAL WALLS & DIMENSIONS

wall Leftwall 0 -15 0

\*3.1 DEFINE SURFACE FOR LEFT WALL

soil 0\_L Leftwall -15 0 1 0

soil 0\_R Leftwall -15 0 2 180

\*4: DEFINE SOIL LAYER ELEVATIONS & STRENGTHS

\* BORING Boring 1

\*DATA FOR LAYER: 1, SOIL TYPE= 8, Strato A

Ldata L1 0

weight 20 10 10

Resistance 0 38 0.238 4.204

atrest 0.384338524674342 1 1

Young 50000 150000

permeabil 0.0001



Endl

\*DATA FOR LAYER: 2, SOIL TYPE= 9, Strato B

Ldata L2 -2.5

weight 21 11 10

Resistance 0 38 0.238 4.204

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

atrest 0.384338524674342 1 1  
Young 41000 123000  
permeabil 0.0001  
Endl

**\*5.1: DEFINE STRUCTURAL MATERIALS**

**\*START GENERAL MATERIALS**

**\* GENERAL CONCRETE MATERIALS - CONVERTED TO CONSISTENT UNITS WITH FORCE/LENGTH^2**

**\*Concrete material: 0 Name= C25/30, E= 28960MPa**

material CONC\_0\_C 28960000

**\* GENERAL STEEL MEMBER MATERIALS - CONVERTED TO CONSISTENT UNITS WITH FORCE/LENGTH^2**

**\*Steel material: 0 Name= S355, E= 210000MPa**

material STEEL\_0\_ 210000000

**\* GENERAL REBAR MATERIALS - CONVERTED TO CONSISTENT UNITS WITH FORCE/LENGTH^2, USED FOR ANCHORS**

**\*Rebar material: 0 Name= Grade 60, E= 200100MPa**

material REB\_0\_Gr 200100000

**\*Rebar material: 1 Name= Grade 75, E= 200100MPa**

material REB\_1\_Gr 200100000

**\*Rebar material: 2 Name= Grade 80, E= 200100MPa**



material REB\_2\_Gr 200100000

**\*Rebar material: 3 Name= Grade 150, E= 200100MPa**

material REB\_3\_Gr 200100000

**\*Rebar material: 4 Name= Strands 270 ksi, E= 200100MPa**

material REB\_4\_St 200100000

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\* USER DEFINED MATERIALS - CONVERTED TO CONSISTENT UNITS WITH FORCE/LENGTH<sup>2</sup>, USED FOR ANCHORS

\*User material: 0 Name= User mat 0, E= 1MPa  
material USER\_0\_U 1000

\* END GENERAL MATERIALS

\* 5.2 Define a very stiff material for rigid supports  
mate stiffMAT 100000000000

\* 6.1 LEFT WALL STRUCTURAL PROPERTIES

\*Calculate equivalent Secant Pile Ixx, \* with Steel Pipe, use pipe Ixx and concrete effective at: 25%

\* Ewall= 210000 MPa, Stiffness Ixx= 557.491 cm<sup>4</sup>

\* Iequivalent= Ewall x Ixx x ConvEI / (Estandard x ConvEL x Wall Spacing) =>

\* Iequivalent= 210000 MPa x 557.491 cm<sup>4</sup> x 1E-08/ (210000 x 1 x 0.3)= 2E-05 (m<sup>4</sup>/m)

\*Now calculate Equivalent Wall Thickness from Ixx/Length

\* Wall thick= (12 x Ixx/L)<sup>(1/3)</sup> = (12 x 2E-05)<sup>(1/3)</sup> = 0.06064 (m)

BEAM Leftwall\_BEAM Leftwall -15 0 STEEL\_0\_ 0.060641 00 00

\* GENERATE BEAMS FROM ADDITIONAL WALL ELEMENTS

\*7.1: GENERATE SUPPORTS FOR LEFT WALL

WIRE SPL\_0 Leftwall -1.5 stiffMAT 100000 0 0 0 0

WIRE SPL\_1 Leftwall -3.5 stiffMAT 100000 0 0 0 0

WIRE SPL\_2 Leftwall -5.5 stiffMAT 100000 0 0 0 0

\*8.1: ADD WALL LOADS & PRESCRIBED CONDITIONS FOR LEFT WALL

\*



\* END OF NODE ADDITION

\* Simplified paratie surcharge modeling assumed by user.



\* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 0

\* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1

\* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 1

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- \* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- \* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 2
- \* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- \* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 3
- \* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- \* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 4
- \* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- \* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 5
- \* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- \* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 6
- \* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- \* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 7
- \* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- \* 9.1.1: STRIP SURCHARGE LOADS FOR LEFT WALL
- \* WARNING: STRIP LOADS MAY BE APPROXIMATE, HORIZONTAL COMPONENTS, FOOTINGS, SURFACE LINE LOADS AND BUILDING LOADS ARE IGNORED
- \* Stage: 0, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
- \* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
- \* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
- \*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0
- \* Stage: 1, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
- \* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
- \* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
- \*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0
- \* Stage: 2, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
- \* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
- \* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
- \*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0
- \* Stage: 3, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
- \* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1

\*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0

\* Stage: 4, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10

\* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10

\* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1

\*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0

\* Stage: 5, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10

\* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10

\* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1

\*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0

\* Stage: 6, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10

\* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10

\* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1

\*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0

\* Stage: 7, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10

\* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10

\* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1

\*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0

\* Strip surcharge not active on stage 0

STRIP Leftwall 2 2 0 5 0 10 45

STRIP Leftwall 3 3 0 5 0 10 45

STRIP Leftwall 4 4 0 5 0 10 45



STRIP Leftwall 5 5 0 5 0 10 45

STRIP Leftwall 6 6 0 5 0 10 45

STRIP Leftwall 7 7 0 5 0 10 45

STRIP Leftwall 8 8 0 5 0 10 45

\*\*\*\*\*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\* 10: GENERATE ALL STEP/STAGES

\*\*\*\*\*

\*START DATA FOR STAGE: 0 Name: 0\_Geostatica

step 0 : 0\_Geostatica

\* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

\*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

\* LAYER 1 Stage 0

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $Ka_{DH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{DH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{UH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{UH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\* END LAYER 1 Stage : 0

\* LAYER 2 Stage 0

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $Ka_{DH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{DH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{UH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$



\*  $Kp_{UH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\* END LAYER 2 Stage : 0

\* If Section 10.b is not specified then parameters are same as in previous stage.

\*END 10.a



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*10.1 Generate left wall water elevations for stage 0  
geom 0 0  
water -20 0 -2520 0 0

\*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

\*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL

\*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

\*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

\*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

\*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

\* END DATA FOR LEFT WALL

\*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

\* 19: END SUPPORT REMOVAL

\*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

\*END DATA FOR STAGE 0 NAME: 0\_Geostatica

\*\*\*\*\*



\*\*\*\*\*

\*START DATA FOR STAGE: 1 Name: 1\_Scavo

step 1 : 1\_Scavo

\* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

\* LAYER 1 Stage 1

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] \Rightarrow$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] \Rightarrow$

\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $Ka_{DH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] \Rightarrow$

\*  $Ka_{DH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{UH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] \Rightarrow$

\*  $Kp_{UH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\* END LAYER 1 Stage : 1

\* LAYER 2 Stage 1

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] \Rightarrow$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] \Rightarrow$

\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $Ka_{DH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] \Rightarrow$

\*  $Ka_{DH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{UH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] \Rightarrow$

\*  $Kp_{UH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\* END LAYER 2 Stage : 1

\* If Section 10.b is not specified then parameters are same as in previous stage.

\*END 10.a

\*10.1 Generate left wall water elevations for stage 1



geom 0 -2

water -20 0 -2520 0 0

\*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

\*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL

\*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

\*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

\*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

\* END DATA FOR LEFT WALL

\*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

\* 19: END SUPPORT REMOVAL

\*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

\*END DATA FOR STAGE 1 NAME: 1\_Scavo

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*START DATA FOR STAGE: 2 Name: 2\_Puntello

step 2 : 2\_Puntello

\* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

\*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

\* LAYER 1 Stage 2

\*  $KaUH = KaHBase \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$



\*  $KaUH = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $KpDH = KpHBase \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $KpDH = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $KaDH = KaHBase \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $KaDH = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*  $KpUH = KpHBase \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $KpUH = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\* END LAYER 1 Stage : 2

\* LAYER 2 Stage 2

\*  $KaUH = KaHBase \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $KaUH = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $KpDH = KpHBase \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $KpDH = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $KaDH = KaHBase \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $KaDH = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $KpUH = KpHBase \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $KpUH = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\* END LAYER 2 Stage : 2

\* If Section 10.b is not specified then parameters are same as in previous stage.

\*END 10.a

\*10.1 Generate left wall water elevations for stage 2

geom 0 -2

water -20 0 -2520 0 0

\*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

ADD SPL\_0



\*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL

\*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

\*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

\*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

\*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\* END DATA FOR LEFT WALL

\*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

\* 19: END SUPPORT REMOVAL

\*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

\*END DATA FOR STAGE 2 NAME: 2\_Puntello

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*START DATA FOR STAGE: 3 Name: 3\_scavo

step 3 : 3\_scavo

\* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

\*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

\* LAYER 1 Stage 3

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $Ka_{DH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{DH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$



\*  $Kp_{UH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{UH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*10.1 Generate left wall water elevations for stage 3

geom 0 -4

water -20 0 -2520 0 0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

\*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL

\*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

\*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

\*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

\*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

\* END DATA FOR LEFT WALL

\*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

\* 19: END SUPPORT REMOVAL

\*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

\*END DATA FOR STAGE 3 NAME: 3\_scavo

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*START DATA FOR STAGE: 4 Name: 4\_Puntello

step 4 : 4\_Puntello

\* DATA FOR LEFT WALL



setwall Leftwall

\*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

\* LAYER 1 Stage 4

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times \frac{[Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]}{[Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]} \Rightarrow$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\* KpDH= KpHBase x [Rankine\_Kph(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

\* KpDH = 4.204 x 4.204 /4.204 = 4.204

\* KaDH= KaHBase x [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

\* KaDH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238

\* KpUH= KpHBase x [Rankine\_Kph(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

\* KpUH = 4.204 x 4.204 /4.204 = 4.204

\*10.1 Generate left wall water elevations for stage 4

geom 0 -4

water -20 0 -2520 0 0

\*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

ADD SPL\_1

\*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL

\*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

\*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

\*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

\*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

\* END DATA FOR LEFT WALL

\*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL



\* 19: END SUPPORT REMOVAL

\*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

\*END DATA FOR STAGE 4 NAME: 4\_Puntello

\*\*\*\*\*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*\*\*\*\*

\*START DATA FOR STAGE: 5 Name: 5\_Scavo

step 5 : 5\_Scavo

\* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

\*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

\* LAYER 1 Stage 5

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $Ka_{DH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{DH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{UH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{UH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*10.1 Generate left wall water elevations for stage 5

geom 0 -6

water -20 0 -2520 0 0

\*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

\*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL

\*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE



\*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

\*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

\*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

\* END DATA FOR LEFT WALL



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

\* 19: END SUPPORT REMOVAL

\*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

\*END DATA FOR STAGE 5 NAME: 5\_Scavo

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*START DATA FOR STAGE: 6 Name: 6\_Puntello

step 6 : 6\_Puntello

\* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

\*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

\* LAYER 1 Stage 6

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $Ka_{DH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{DH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{UH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$



\*  $Kp_{UH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*10.1 Generate left wall water elevations for stage 6

geom 0 -6

water -20 0 -2520 0 0

\*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ADD SPL\_2

\*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL

\*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

\*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

\*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

\*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

\* END DATA FOR LEFT WALL

\*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

\* 19: END SUPPORT REMOVAL

\*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

\*END DATA FOR STAGE 6 NAME: 6\_Puntello

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*START DATA FOR STAGE: 7 Name: 7\_Fondo-scavo

step 7 : 7\_Fondo-scavo

\* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

\*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes



\* LAYER 1 Stage 7

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\* KaDH= KaHBase x [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

\* KaDH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238

\* KpUH= KpHBase x [Rankine\_Kph(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

\* KpUH = 4.204 x 4.204 /4.204 = 4.204

\*10.1 Generate left wall water elevations for stage 7

geom 0 -7.5

water -20 0 -2520 0 0

\*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

\*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL

\*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

\*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

\*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

\*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

\* END DATA FOR LEFT WALL

\*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

\* 19: END SUPPORT REMOVAL

\*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP



\*END DATA FOR STAGE 7 NAME: 7\_Fondo-scavo

\*\*\*\*\*

set country english

\*

\*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11.2 PARATIA DA 9.00m

\*\*

\* PARATIE ANALYSIS FOR DESIGN SECTION:Base model

\*1: Define General Calculation Settings

delta 0.2

unit m kN

option param itemax 40

\*2. ADD GENERAL WALLS & DIMENSIONS

wall Leftwall 0 -15 0

\*3.1 DEFINE SURFACE FOR LEFT WALL

soil 0\_L Leftwall -15 0 1 0

soil 0\_R Leftwall -15 0 2 180

\*4: DEFINE SOIL LAYER ELEVATIONS & STRENGTHS

\* BORING Boring 1

\*DATA FOR LAYER: 1, SOIL TYPE= 8, Strato A

Ldata L1 0

weight 20 10 10

Resistance 0 38 0.238 4.204

atrest 0.384338524674342 1 1

Young 50000 150000

permeabil 0.0001

Endl

\*DATA FOR LAYER: 2, SOIL TYPE= 9, Strato B



Ldata L2 -2.5

weight 21 11 10

Resistance 0 38 0.238 4.204

atrest 0.384338524674342 1 1

Young 41000 123000

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

permeabil 0.0001

Endl

\*5.1: DEFINE STRUCTURAL MATERIALS

\*START GENERAL MATERIALS

\* GENERAL CONCRETE MATERIALS - CONVERTED TO CONSISTENT UNITS WITH FORCE/LENGTH^2

\*Concrete material: 0 Name= C25/30, E= 28960MPa

material CONC\_0\_C 28960000

\* GENERAL STEEL MEMBER MATERIALS - CONVERTED TO CONSISTENT UNITS WITH FORCE/LENGTH^2

\*Steel material: 0 Name= S355, E= 210000MPa

material STEEL\_0\_ 210000000

\* GENERAL REBAR MATERIALS - CONVERTED TO CONSISTENT UNITS WITH FORCE/LENGTH^2, USED FOR ANCHORS

\*Rebar material: 0 Name= Grade 60, E= 200100MPa

material REB\_0\_Gr 200100000

\*Rebar material: 1 Name= Grade 75, E= 200100MPa

material REB\_1\_Gr 200100000

\*Rebar material: 2 Name= Grade 80, E= 200100MPa

material REB\_2\_Gr 200100000



\*Rebar material: 3 Name= Grade 150, E= 200100MPa

material REB\_3\_Gr 200100000

\*Rebar material: 4 Name= Strands 270 ksi, E= 200100MPa

material REB\_4\_St 200100000

\* USER DEFINED MATERIALS - CONVERTED TO CONSISTENT UNITS WITH FORCE/LENGTH^2, USED FOR ANCHORS

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*User material: 0 Name= User mat 0, E= 1MPa  
material USER\_0\_U 1000

\* END GENERAL MATERIALS

\* 5.2 Define a very stiff material for rigid supports  
mate stiffMAT 100000000000

\* 6.1 LEFT WALL STRUCTURAL PROPERTIES

\*Calculate equivalent Secant Pile Ixx, \* with Steel Pipe, use pipe Ixx and concrete effective at: 25%

\* Ewall= 210000 MPa, Stiffness Ixx= 557.491 cm<sup>4</sup>

\* Iequivalent= Ewall x Ixx x ConvEI / (Estandard x ConvEL x Wall Spacing) =>

\* Iequivalent= 210000 MPa x 557.491 cm<sup>4</sup> x 1E-08/ (210000 x 1 x 0.3)= 2E-05 (m<sup>4</sup>/m)

\*Now calculate Equivalent Wall Thickness from Ixx/Length

\* Wall thick= (12 x Ixx/L)<sup>(1/3)</sup> = (12 x 2E-05)<sup>(1/3)</sup> = 0.06064 (m)

BEAM Leftwall\_BEAM Leftwall -15 0 STEEL\_0\_ 0.060641 00 00

\* GENERATE BEAMS FROM ADDITIONAL WALL ELEMENTS

\*7.1: GENERATE SUPPORTS FOR LEFT WALL

WIRE SPL\_0 Leftwall -1.5 stiffMAT 100000 0 0 0 0

WIRE SPL\_1 Leftwall -3.5 stiffMAT 100000 0 0 0 0

WIRE SPL\_2 Leftwall -5.5 stiffMAT 100000 0 0 0 0

\*8.1: ADD WALL LOADS & PRESCRIBED CONDITIONS FOR LEFT WALL

\*

\* END OF NODE ADDITION

\* Simplified paratie surcharge modeling assumed by user.



\* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 0

\* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1



\* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 1

\* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1

\* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 2

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- \* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- \* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 3
- \* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- \* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 4
- \* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- \* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 5
- \* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- \* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 6
- \* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- \* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 7
- \* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- \* 9.1.1: STRIP SURCHARGE LOADS FOR LEFT WALL
- \* WARNING: STRIP LOADS MAY BE APPROXIMATE, HORIZONTAL COMPONENTS, FOOTINGS, SURFACE LINE LOADS AND BUILDING LOADS ARE IGNORED
- \* Stage: 0, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
- \* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
- \* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
- \*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0
  
- \* Stage: 1, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
- \* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
- \* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
- \*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0
  
- \* Stage: 2, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
- \* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
- \* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
- \*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0
  
- \* Stage: 3, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
- \* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
- \* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
- \*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\* Stage: 4, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10  
\* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10  
\* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1  
\*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0

\* Stage: 5, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10  
\* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10  
\* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1  
\*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0

\* Stage: 6, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10  
\* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10  
\* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1  
\*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0



\* Stage: 7, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10  
\* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10  
\* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1  
\*\*\*\*\* END determination of load factors for strip surcharge load 0

\* Strip surcharge not active on stage 0

- STRIP Leftwall 2 2 0 5 0 10 45
- STRIP Leftwall 3 3 0 5 0 10 45
- STRIP Leftwall 4 4 0 5 0 10 45
- STRIP Leftwall 5 5 0 5 0 10 45
- STRIP Leftwall 6 6 0 5 0 10 45
- STRIP Leftwall 7 7 0 5 0 10 45
- STRIP Leftwall 8 8 0 5 0 10 45

\*\*\*\*\*  
\* 10: GENERATE ALL STEP/STAGES  
\*\*\*\*\*



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*START DATA FOR STAGE: 0 Name: 0\_Geostatica

step 0 : 0\_Geostatica

\* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

\*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

\* LAYER 1 Stage 0

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $Ka_{DH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{DH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{UH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{UH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\* END LAYER 1 Stage : 0

\* LAYER 2 Stage 0

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $Ka_{DH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{DH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{UH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{UH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$



\* END LAYER 2 Stage : 0

\* If Section 10.b is not specified then parameters are same as in previous stage.

\*END 10.a

\*10.1 Generate left wall water elevations for stage 0

geom 0 0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

water -20 0 -2520 0 0

\*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

\*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL

\*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

\*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

\*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

\*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

\* END DATA FOR LEFT WALL

\*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

\* 19: END SUPPORT REMOVAL

\*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

\*END DATA FOR STAGE 0 NAME: 0\_Geostatica

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*START DATA FOR STAGE: 1 Name: 1\_Scavo



step 1 : 1\_Scavo

\* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

\*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

\* LAYER 1 Stage 1

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $Ka_{DH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{DH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{UH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{UH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\* END LAYER 1 Stage : 1

\* LAYER 2 Stage 1

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $Ka_{DH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{DH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{UH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{UH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\* END LAYER 2 Stage : 1

\* If Section 10.b is not specified then parameters are same as in previous stage.

\*END 10.a

\*10.1 Generate left wall water elevations for stage 1

geom 0 -2



water -20 0 -2520 0 0

\*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

\*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL

\*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

\*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

\*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

\* END DATA FOR LEFT WALL

\*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

\* 19: END SUPPORT REMOVAL

\*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

\*END DATA FOR STAGE 1 NAME: 1\_Scavo

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*START DATA FOR STAGE: 2 Name: 2\_Puntello

step 2 : 2\_Puntello

\* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

\*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

\* LAYER 1 Stage 2

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$



\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $Ka_{DH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{DH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{UH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{UH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\* END LAYER 1 Stage : 2

\* LAYER 2 Stage 2

\*  $KaUH = KaHBase \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $KaUH = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $KpDH = KpHBase \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $KpDH = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $KaDH = KaHBase \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $KaDH = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $KpUH = KpHBase \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $KpUH = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\* END LAYER 2 Stage : 2

\* If Section 10.b is not specified then parameters are same as in previous stage.

\*END 10.a

\*10.1 Generate left wall water elevations for stage 2

geom 0 -2

water -20 0 -2520 0 0

\*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

ADD SPL\_0

\*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL



\*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

\*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

\*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

\*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

\* END DATA FOR LEFT WALL

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

\* 19: END SUPPORT REMOVAL

\*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

\*END DATA FOR STAGE 2 NAME: 2\_Puntello

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*START DATA FOR STAGE: 3 Name: 3\_scavo

step 3 : 3\_scavo

\* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

\*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

\* LAYER 1 Stage 3

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $Ka_{DH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{DH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{UH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$



\*  $Kp_{UH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*10.1 Generate left wall water elevations for stage 3

geom 0 -4

water -20 0 -2520 0 0

\*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL  
\*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE  
\*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

\*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL  
\*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL  
\* END DATA FOR LEFT WALL

\*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL  
\* 19: END SUPPORT REMOVAL

\*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

\*END DATA FOR STAGE 3 NAME: 3\_scavo

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*START DATA FOR STAGE: 4 Name: 4\_Puntello

step 4 : 4\_Puntello

\* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

\*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes



\* LAYER 1 Stage 4

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\* KaDH= KaHBase x [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

\* KaDH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238

\* KpUH= KpHBase x [Rankine\_Kph(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

\* KpUH = 4.204 x 4.204 /4.204 = 4.204

\*10.1 Generate left wall water elevations for stage 4

geom 0 -4

water -20 0 -2520 0 0

\*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

ADD SPL\_1

\*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL

\*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

\*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

\*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

\*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

\* END DATA FOR LEFT WALL

\*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

\* 19: END SUPPORT REMOVAL

\*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL



ENDSTEP

\*END DATA FOR STAGE 4 NAME: 4\_Puntello

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*START DATA FOR STAGE: 5 Name: 5\_Scavo

step 5 : 5\_Scavo

\* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

\*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

\* LAYER 1 Stage 5

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $Ka_{DH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{DH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{UH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{UH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*10.1 Generate left wall water elevations for stage 5

geom 0 -6

water -20 0 -2520 0 0

\*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

\*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL



\*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

\*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

\*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

\*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

\* END DATA FOR LEFT WALL

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

\* 19: END SUPPORT REMOVAL

\*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

\*END DATA FOR STAGE 5 NAME: 5\_Scavo

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*START DATA FOR STAGE: 6 Name: 6\_Puntello

step 6 : 6\_Puntello

\* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

\*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

\* LAYER 1 Stage 6

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $Ka_{DH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{DH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{UH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$



\*  $Kp_{UH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*10.1 Generate left wall water elevations for stage 6

geom 0 -6

water -20 0 -2520 0 0

\*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ADD SPL\_2

\*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL

\*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

\*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

\*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

\*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

\* END DATA FOR LEFT WALL

\*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

\* 19: END SUPPORT REMOVAL

\*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

\*END DATA FOR STAGE 6 NAME: 6\_Puntello

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*START DATA FOR STAGE: 7 Name: 7\_Fondo-scavo

step 7 : 7\_Fondo-scavo

\* DATA FOR LEFT WALL



setwall Leftwall

\*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

\* LAYER 1 Stage 7

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\* KpDH= KpHBase x [Rankine\_Kph(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

\* KpDH = 4.204 x 4.204 /4.204 = 4.204

\* KaDH= KaHBase x [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

\* KaDH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238

\* KpUH= KpHBase x [Rankine\_Kph(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

\* KpUH = 4.204 x 4.204 /4.204 = 4.204

\*10.1 Generate left wall water elevations for stage 7

geom 0 -7.5

water -20 0 -2520 0 0

\*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

\*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL

\*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

\*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

\*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

\*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

\* END DATA FOR LEFT WALL

\*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

\* 19: END SUPPORT REMOVAL

\*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL



ENDSTEP

\*END DATA FOR STAGE 7 NAME: 7\_Fondo-scavo

\*\*\*\*\*

set country english

\*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 12 TABULATI SLIDE

### 12.1 MURO DI SOSTEGNO - FASE STATICA

#### 12.1.1 INPUT

##### Document Name

File Name: pk2+104\_ASSE C muro stat.sli

##### Project Settings

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

##### Analysis Methods

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

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

##### Surface Options



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

##### Loading

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

##### Material Properties

Material: Material 1

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

Material: Material 2  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Friction Angle: 32 degrees  
Water Surface: None

Material: muro  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 1 kPa  
Friction Angle: 35 degrees  
Water Surface: None

**List of All Coordinates**

Material Boundary

173867.202 525371.069  
173867.202 525349.434  
173837.202 525349.434  
173837.202 525289.434  
174107.202 525289.434  
174107.202 525298.730  
174107.202 525349.434  
173917.202 525349.434  
173917.202 525639.434



Material Boundary

174096.956 525297.436  
174107.202 525298.730  
176211.848 525564.428

External Boundary

176211.848 526154.722  
175685.855 526142.365  
175285.577 526132.961  
175135.473 526129.434  
175135.473 526139.434  
174985.369 526139.434  
174109.764 525639.434  
173917.202 525639.434  
173917.202 525649.434  
173867.202 525649.434  
173867.202 525371.069  
173427.723 525371.069  
173398.915 525387.142  
172337.787 525299.021  
172337.787 524537.131  
176211.848 524537.131  
176211.848 525564.428

Focus/Block Search Line

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<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>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						

174103.810 524538.265  
174103.810 525290.891

Search Grid

172780.403 525533.118  
174117.842 525533.118  
174117.842 526818.937  
172780.403 526818.937

Distributed Load

176211.848 526154.722  
175685.855 526142.365  
175285.577 526132.961  
175139.727 526129.534

## 12.1.2 OUTPUT

**Raw Data for Minimum Circle Results**

Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety
172780.403	525533.118	1345.392	-1000.00000
172780.403	525597.409	1358.440	-1000.00000
172780.403	525661.700	1374.374	-1000.00000
172780.403	525725.991	1393.096	-1000.00000
172780.403	525790.282	1414.495	-1000.00000
172780.403	525854.573	1438.451	-1000.00000
172780.403	525918.864	1464.839	-1000.00000
172780.403	525983.155	1493.531	-1000.00000
172780.403	526047.446	1524.395	-1000.00000
172780.403	526111.737	1557.303	-1000.00000
172780.403	526176.027	1592.128	-1000.00000
172780.403	526240.318	1628.747	-1000.00000
172780.403	526304.609	1667.042	-1000.00000
172780.403	526368.900	1706.900	-1000.00000
172780.403	526433.191	1748.215	-1000.00000
172780.403	526497.482	1790.884	-1000.00000
172780.403	526561.773	1834.815	-1000.00000
172780.403	526626.064	1879.918	-1000.00000
172780.403	526690.355	1926.111	-1000.00000
172780.403	526754.646	1973.318	-1000.00000
172780.403	526818.937	2021.467	-1000.00000
172847.275	525533.118	1279.669	-1000.00000
172847.275	525597.409	1293.380	-1000.00000
172847.275	525661.700	1310.106	-1000.00000
172847.275	525725.991	1329.733	-1000.00000
172847.275	525790.282	1352.135	-1000.00000
172847.275	525854.573	1377.177	-1000.00000
172847.275	525918.864	1404.717	-1000.00000
172847.275	525983.155	1434.611	-1000.00000
172847.275	526047.446	1466.715	-1000.00000
172847.275	526111.737	1500.888	-1000.00000
172847.275	526176.027	1536.992	-1000.00000
172847.275	526240.318	1574.894	-1000.00000
172847.275	526304.609	1614.467	-1000.00000
172847.275	526368.900	1655.591	-1000.00000
172847.275	526433.191	1698.154	-1000.00000
172847.275	526497.482	1742.051	-1000.00000
172847.275	526561.773	1787.182	-1000.00000
172847.275	526626.064	1833.457	-1000.00000
172847.275	526690.355	1880.792	-1000.00000
172847.275	526754.646	1929.108	-1000.00000
172847.275	526818.937	1978.333	-1000.00000
172914.147	525533.118	1214.072	-1000.00000
172914.147	525597.409	1228.515	-1000.00000

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0561\_F0.doc

Rev Data  
F0 20/06/2011

172914.147	525661.700	1246.112	-1000.00000
172914.147	525725.991	1266.732	-1000.00000
172914.147	525790.282	1290.228	-1000.00000
172914.147	525854.573	1316.447	-1000.00000
172914.147	525918.864	1345.231	-1000.00000
172914.147	525983.155	1376.418	-1000.00000
172914.147	526047.446	1409.848	-1000.00000
172914.147	526111.737	1445.366	-1000.00000
172914.147	526176.027	1482.823	-1000.00000
172914.147	526240.318	1522.074	-1000.00000
172914.147	526304.609	1562.985	-1000.00000
172914.147	526368.900	1605.428	-1000.00000
172914.147	526433.191	1649.287	-1000.00000
172914.147	526497.482	1694.449	-1000.00000
172914.147	526561.773	1740.815	-1000.00000
172914.147	526626.064	1788.291	-1000.00000
172914.147	526690.355	1836.790	-1000.00000
172914.147	526754.646	1886.233	-1000.00000
172914.147	526818.937	1936.549	-1000.00000
172981.019	525533.118	1148.622	-1000.00000
172981.019	525597.409	1163.878	-1000.00000
172981.019	525661.700	1182.437	-1000.00000
172981.019	525725.991	1204.147	-1000.00000
172981.019	525790.282	1228.841	-1000.00000
172981.019	525854.573	1256.342	-1000.00000
172981.019	525918.864	1286.471	-1000.00000
172981.019	525983.155	1319.048	-1000.00000
172981.019	526047.446	1353.896	-1000.00000
172981.019	526111.737	1390.844	-1000.00000
172981.019	526176.027	1429.729	-1000.00000
172981.019	526240.318	1470.398	-1000.00000
172981.019	526304.609	1512.707	-1000.00000
172981.019	526368.900	1556.523	-1000.00000
172981.019	526433.191	1601.720	-1000.00000
172981.019	526497.482	1648.187	-1000.00000
172981.019	526561.773	1695.818	-1000.00000
172981.019	526626.064	1744.519	-1000.00000
172981.019	526690.355	1794.201	-1000.00000
172981.019	526754.646	1844.786	-1000.00000
172981.019	526818.937	1896.202	-1000.00000
173047.891	525533.118	1083.346	-1000.00000
173047.891	525597.409	1099.508	-1000.00000
173047.891	525661.700	1119.135	-1000.00000
173047.891	525725.991	1142.049	-1000.00000
173047.891	525790.282	1168.056	-1000.00000
173047.891	525854.573	1196.955	-1000.00000
173047.891	525918.864	1228.541	-1000.00000
173047.891	525983.155	1262.614	-1000.00000
173047.891	526047.446	1298.976	-1000.00000
173047.891	526111.737	1337.442	-1000.00000
173047.891	526176.027	1377.835	-1000.00000
173047.891	526240.318	1419.992	-1000.00000
173047.891	526304.609	1463.758	-1000.00000
173047.891	526368.900	1508.996	-1000.00000
173047.891	526433.191	1555.575	-1000.00000
173047.891	526497.482	1603.380	-1000.00000
173047.891	526561.773	1652.303	-1000.00000
173047.891	526626.064	1702.249	-1000.00000
173047.891	526690.355	1753.130	-1000.00000
173047.891	526754.646	1804.866	-1000.00000
173047.891	526818.937	1857.387	-1000.00000
173114.763	525533.118	1018.277	-1000.00000
173114.763	525597.409	1035.455	-1000.00000
173114.763	525661.700	1056.273	-1000.00000
173114.763	525725.991	1080.521	-1000.00000
173114.763	525790.282	1107.973	-1000.00000
173114.763	525854.573	1138.398	-1000.00000



ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0561\_F0.doc

Rev	Data
F0	20/06/2011

173114.763	525918.864	1171.564	-1000.00000
173114.763	525983.155	1207.246	-1000.00000
173114.763	526047.446	1245.226	-1000.00000
173114.763	526111.737	1285.302	-1000.00000
173114.763	526176.027	1327.283	-1000.00000
173114.763	526240.318	1370.994	-1000.00000
173114.763	526304.609	1416.276	-1000.00000
173114.763	526368.900	1462.982	-1000.00000
173114.763	526433.191	1510.981	-1000.00000
173114.763	526497.482	1560.152	-1000.00000
173114.763	526561.773	1610.389	-1000.00000
173114.763	526626.064	1661.596	-1000.00000
173114.763	526690.355	1713.684	-1000.00000
173114.763	526754.646	1766.576	-1000.00000
173114.763	526818.937	1820.202	-1000.00000
173181.635	525533.118	953.457	-1000.00000
173181.635	525597.409	971.782	-1000.00000
173181.635	525661.700	993.934	-1000.00000
173181.635	525725.991	1019.666	-1000.00000
173181.635	525790.282	1048.712	-1000.00000
173181.635	525854.573	1080.807	-1000.00000
173181.635	525918.864	1115.686	-1000.00000
173181.635	525983.155	1153.098	-1000.00000
173181.635	526047.446	1192.804	-1000.00000
173181.635	526111.737	1234.582	-1000.00000
173181.635	526176.027	1278.230	-1000.00000
173181.635	526240.318	1323.563	-1000.00000
173181.635	526304.609	1370.413	-1000.00000
173181.635	526368.900	1418.630	-1000.00000
173181.635	526433.191	1468.079	-1000.00000
173181.635	526497.482	1518.640	-1000.00000
173181.635	526561.773	1570.206	-1000.00000
173181.635	526626.064	1622.681	-1000.00000
173181.635	526690.355	1675.979	-1000.00000
173181.635	526754.646	1730.024	-1000.00000
173181.635	526818.937	1784.749	-1000.00000
173248.507	525533.118	888.941	-112.00000
173248.507	525597.409	921.537	8.94733
173248.507	525661.700	945.567	8.19061
173248.507	525725.991	973.054	7.51077
173248.507	525790.282	1003.741	6.59267
173248.507	525854.573	1026.948	6.05057
173248.507	525918.864	1063.600	5.58692
173248.507	525983.155	1103.973	5.13129
173248.507	526047.446	1145.337	4.78504
173248.507	526111.737	1188.722	4.48507
173248.507	526176.027	1234.935	4.19958
173248.507	526240.318	1281.539	3.96605
173248.507	526304.609	1330.126	3.75820
173248.507	526368.900	1379.762	3.56272
173248.507	526433.191	1430.339	3.39428
173248.507	526497.482	1482.456	3.23868
173248.507	526561.773	1531.889	3.10468
173248.507	526626.064	1585.632	2.97236
173248.507	526690.355	1640.135	2.85690
173248.507	526754.646	1695.323	-1000.00000
173248.507	526818.937	1751.133	-1000.00000
173315.379	525533.118	866.137	8.98417
173315.379	525597.409	981.833	7.87359
173315.379	525661.700	1004.590	7.21453
173315.379	525725.991	913.533	6.58433
173315.379	525790.282	971.241	5.96952
173315.379	525854.573	969.206	5.46503
173315.379	525918.864	1007.955	4.96913
173315.379	525983.155	1049.215	4.60703
173315.379	526047.446	1092.702	4.29562
173315.379	526111.737	1138.161	4.00701

173315.379	526176.027	1185.365	3.77086
173315.379	526240.318	1234.113	3.56279
173315.379	526304.609	1284.230	3.36978
173315.379	526368.900	1335.562	3.20515
173315.379	526433.191	1387.974	3.05759
173315.379	526497.482	1441.348	2.91979
173315.379	526561.773	1495.581	2.79969
173315.379	526626.064	1550.584	2.69078
173315.379	526690.355	1606.276	2.58806
173315.379	526754.646	1662.589	2.49773
173315.379	526818.937	1719.461	2.41515
173382.251	525533.118	866.359	8.08153
173382.251	525597.409	1042.484	7.16681
173382.251	525661.700	1064.111	6.59240
173382.251	525725.991	842.591	5.91858
173382.251	525790.282	877.518	5.35330
173382.251	525854.573	915.633	4.81485
173382.251	525918.864	956.555	4.43065
173382.251	525983.155	999.938	4.10645
173382.251	526047.446	1045.477	3.80298
173382.251	526111.737	1092.902	3.56613
173382.251	526176.027	1141.978	3.35180
173382.251	526240.318	1192.501	3.17183
173382.251	526304.609	1244.296	3.01313
173382.251	526368.900	1297.209	2.86845
173382.251	526433.191	1351.109	2.74271
173382.251	526497.482	1405.884	2.63006
173382.251	526561.773	1461.434	2.52580
173382.251	526626.064	1517.674	2.43426
173382.251	526690.355	1574.530	2.35133
173382.251	526754.646	1631.939	2.27362
173382.251	526818.937	1689.843	2.20503
173449.123	525533.118	892.358	7.33151
173449.123	525597.409	875.321	6.64468
173449.123	525661.700	752.406	5.82831
173449.123	525725.991	786.083	5.24681
173449.123	525790.282	823.411	4.73681
173449.123	525854.573	863.917	4.25182
173449.123	525918.864	907.174	3.91400
173449.123	525983.155	952.808	3.60576
173449.123	526047.446	1000.495	3.36836
173449.123	526111.737	1049.953	3.15175
173449.123	526176.027	1100.946	2.97722
173449.123	526240.318	1153.268	2.81858
173449.123	526304.609	1206.747	2.68588
173449.123	526368.900	1261.237	2.56875
173449.123	526433.191	1316.611	2.46307
173449.123	526497.482	1372.762	2.37017
173449.123	526561.773	1429.600	2.28695
173449.123	526626.064	1487.045	2.21036
173449.123	526690.355	1545.029	2.14277
173449.123	526754.646	1603.494	2.08159
173449.123	526818.937	1662.389	2.02441
173515.994	525533.118	635.768	6.63657
173515.994	525597.409	662.933	5.90584
173515.994	525661.700	695.000	5.09181
173515.994	525725.991	731.326	4.59004
173515.994	525790.282	771.309	4.06597
173515.994	525854.573	814.410	3.71418
173515.994	525918.864	860.160	3.40229
173515.994	525983.155	908.160	3.16625
173515.994	526047.446	958.071	2.95651
173515.994	526111.737	1009.611	2.78894
173515.994	526176.027	1062.541	2.63739
173515.994	526240.318	1116.664	2.51339
173515.994	526304.609	1171.815	2.39930
173515.994	526368.900	1227.856	2.30495

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0561\_F0.doc

Rev	Data
F0	20/06/2011

173515.994	526433.191	1284.670	2.22156
173515.994	526497.482	1342.158	2.14676
173515.994	526561.773	1400.238	2.08048
173515.994	526626.064	1458.840	2.02107
173515.994	526690.355	1517.902	1.96657
173515.994	526754.646	1577.373	1.91824
173515.994	526818.937	1637.208	1.87496
173582.866	525533.118	574.505	5.74125
173582.866	525597.409	604.429	4.93025
173582.866	525661.700	639.438	4.39196
173582.866	525725.991	678.744	3.89370
173582.866	525790.282	721.646	3.52166
173582.866	525854.573	767.541	3.19458
173582.866	525918.864	815.923	2.94950
173582.866	525983.155	866.378	2.75969
173582.866	526047.446	918.562	2.59564
173582.866	526111.737	972.198	2.46255
173582.866	526176.027	1027.058	2.34455
173582.866	526240.318	1082.956	2.24696
173582.866	526304.609	1139.739	2.16225
173582.866	526368.900	1197.282	2.08400
173582.866	526433.191	1255.480	2.01894
173582.866	526497.482	1314.246	1.96079
173582.866	526561.773	1373.507	1.90970
173582.866	526626.064	1433.202	1.86400
173582.866	526690.355	1493.278	1.82245
173582.866	526754.646	1553.692	1.78610
173582.866	526818.937	1614.406	1.75795
173649.738	525533.118	514.640	4.87192
173649.738	525597.409	547.845	4.16812
173649.738	525661.700	586.242	3.66229
173649.738	525725.991	628.882	3.31967
173649.738	525790.282	674.960	2.99929
173649.738	525854.573	723.821	2.75266
173649.738	525918.864	774.939	2.57106
173649.738	525983.155	827.894	2.41306
173649.738	526047.446	882.358	2.29293
173649.738	526111.737	938.066	2.18967
173649.738	526176.027	994.810	2.10391
173649.738	526240.318	1052.422	2.02782
173649.738	526304.609	1110.768	1.96409
173649.738	526368.900	1169.737	1.90534
173649.738	526433.191	1229.240	1.85655
173649.738	526497.482	1289.202	1.81340
173649.738	526561.773	1349.563	1.77405
173649.738	526626.064	1410.272	1.73997
173649.738	526690.355	1471.285	1.71032
173649.738	526754.646	1532.566	1.68849
173649.738	526818.937	1594.084	1.67347
173716.610	525533.118	456.724	3.92251
173716.610	525597.409	493.838	3.46430
173716.610	525661.700	536.118	3.07882
173716.610	525725.991	582.439	2.78883
173716.610	525790.282	631.913	2.56016
173716.610	525854.573	683.857	2.38318
173716.610	525918.864	737.748	2.25034
173716.610	525983.155	793.191	2.13653
173716.610	526047.446	849.881	2.04858
173716.610	526111.737	907.585	1.97190
173716.610	526176.027	966.121	1.91042
173716.610	526240.318	1025.346	1.85627
173716.610	526304.609	1085.149	1.81033
173716.610	526368.900	1145.437	1.76797
173716.610	526433.191	1206.139	1.73258
173716.610	526497.482	1267.196	1.70121
173716.610	526561.773	1328.557	1.67189
173716.610	526626.064	1390.183	1.64846



ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0561\_F0.doc

Rev	Data
F0	20/06/2011

173716.610	526690.355	1452.041	1.63256
173716.610	526754.646	1514.101	1.62298
173716.610	526818.937	1576.340	1.61843
173783.482	525533.118	401.601	3.15457
173783.482	525597.409	443.354	2.80501
173783.482	525661.700	490.009	2.54960
173783.482	525725.991	540.297	2.36067
173783.482	525790.282	593.296	2.21574
173783.482	525854.573	648.341	2.09102
173783.482	525918.864	704.953	2.00168
173783.482	525983.155	762.783	1.92601
173783.482	526047.446	821.574	1.86156
173783.482	526111.737	881.134	1.81110
173783.482	526176.027	941.316	1.76817
173783.482	526240.318	1002.009	1.73175
173783.482	526304.609	1063.125	1.69972
173783.482	526368.900	1124.595	1.67011
173783.482	526433.191	1186.364	1.64495
173783.482	526497.482	1248.387	1.62248
173783.482	526561.773	1310.630	1.60243
173783.482	526626.064	1373.061	1.59168
173783.482	526690.355	1435.656	1.58687
173783.482	526754.646	1498.395	1.58712
173783.482	526818.937	1561.260	1.59198
173850.354	525533.118	350.590	2.71967
173850.354	525597.409	397.734	2.44491
173850.354	525661.700	449.153	2.24890
173850.354	525725.991	503.539	2.10889
173850.354	525790.282	560.027	1.99812
173850.354	525854.573	618.042	1.91451
173850.354	525918.864	677.192	1.83998
173850.354	525983.155	737.203	1.78638
173850.354	526047.446	797.881	1.74150
173850.354	526111.737	859.085	1.70706
173850.354	526176.027	920.709	1.67616
173850.354	526240.318	982.676	1.65141
173850.354	526304.609	1044.923	1.62933
173850.354	526368.900	1107.404	1.60860
173850.354	526433.191	1170.081	1.59046
173850.354	526497.482	1232.924	1.57607
173850.354	526561.773	1295.909	1.56887
173850.354	526626.064	1359.017	1.56748
173850.354	526690.355	1422.230	1.57076
173850.354	526754.646	1485.536	1.57901
173850.354	526818.937	1548.923	1.58979
173917.226	525533.118	305.757	2.64049
173917.226	525597.409	358.840	2.37446
173917.226	525661.700	415.105	2.18946
173917.226	525725.991	473.418	2.05469
173917.226	525790.282	533.108	1.95718
173917.226	525854.573	593.759	1.87898
173917.226	525918.864	655.105	1.81757
173917.226	525983.155	716.967	1.76064
173917.226	526047.446	779.222	1.71973
173917.226	526111.737	841.784	1.68425
173917.226	526176.027	904.588	1.65444
173917.226	526240.318	967.587	1.62872
173917.226	526304.609	1030.746	1.60617
173917.226	526368.900	1094.037	1.58694
173917.226	526433.191	1157.438	1.57245
173917.226	526497.482	1220.932	1.56581
173917.226	526561.773	1284.505	1.56441
173917.226	526626.064	1348.147	1.57095
173917.226	526690.355	1411.847	1.58174
173917.226	526754.646	1475.599	1.59486
173917.226	526818.937	1539.395	1.60984
173984.098	525533.118	343.377	3.21401

173984.098	525597.409	329.065	2.71429
173984.098	525661.700	389.653	2.40379
173984.098	525725.991	451.268	2.20282
173984.098	525790.282	513.538	2.06639
173984.098	525854.573	576.253	1.96247
173984.098	525918.864	639.281	1.88611
173984.098	525983.155	702.538	1.81976
173984.098	526047.446	765.967	1.76745
173984.098	526111.737	829.529	1.72493
173984.098	526176.027	893.195	1.68970
173984.098	526240.318	956.944	1.65843
173984.098	526304.609	1020.762	1.63289
173984.098	526368.900	1084.636	1.61401
173984.098	526433.191	1148.556	1.60473
173984.098	526497.482	1212.515	1.60291
173984.098	526561.773	1276.508	1.60779
173984.098	526626.064	1340.529	1.61682
173984.098	526690.355	1404.575	1.62876
173984.098	526754.646	1468.642	1.64290
173984.098	526818.937	1532.728	1.65874
174050.970	525533.118	397.589	3.70906
174050.970	525597.409	385.981	3.22889
174050.970	525661.700	449.567	2.80184
174050.970	525725.991	513.357	2.54543
174050.970	525790.282	577.273	2.35867
174050.970	525854.573	566.153	2.20204
174050.970	525918.864	630.191	2.08172
174050.970	525983.155	694.277	2.00033
174050.970	526047.446	758.397	1.92130
174050.970	526111.737	822.544	1.85667
174050.970	526176.027	886.712	1.80612
174050.970	526240.318	950.896	1.76217
174050.970	526304.609	1015.094	1.72811
174050.970	526368.900	1079.303	1.70907
174050.970	526433.191	1143.521	1.70052
174050.970	526497.482	1207.747	1.70039
174050.970	526561.773	1271.980	1.70585
174050.970	526626.064	1336.218	1.71448
174050.970	526690.355	1400.461	1.72595
174050.970	526754.646	1464.708	1.73958
174050.970	526818.937	1528.959	1.75489
174117.842	525533.118	543.560	4.01939
174117.842	525597.409	532.558	3.58740
174117.842	525661.700	521.564	3.13913
174117.842	525725.991	510.574	2.83233
174117.842	525790.282	574.838	2.56888
174117.842	525854.573	639.109	2.37760
174117.842	525918.864	703.383	2.24544
174117.842	525983.155	767.661	2.13698
174117.842	526047.446	756.684	2.05188
174117.842	526111.737	820.965	1.97298
174117.842	526176.027	885.247	1.89943
174117.842	526240.318	949.531	1.84701
174117.842	526304.609	1013.815	1.81459
174117.842	526368.900	1078.100	1.79706
174117.842	526433.191	1142.386	1.78997
174117.842	526497.482	1206.672	1.78972
174117.842	526561.773	1270.959	1.79434
174117.842	526626.064	1335.247	1.80308
174117.842	526690.355	1399.534	1.81404
174117.842	526754.646	1463.822	1.82721
174117.842	526818.937	1528.110	1.84201

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 12.2 MURO DI SOSTEGNO - FASE SISMICA

### 12.2.1 INPUT

#### Document Name

File Name: pk2+104\_ASSE C muro sis.sli

#### Project Settings

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

#### Analysis Methods

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

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

#### Surface Options



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

#### Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.126  
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.063  
1 Distributed Load present:  
Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 10 kN/m<sup>2</sup>

#### Material Properties

Material: Material 1  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Cohesion: 0 kPa  
Friction Angle: 32 degrees  
Water Surface: None

Material: Material 2  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Friction Angle: 32 degrees  
Water Surface: None

Material: muro  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 1 kPa  
Friction Angle: 35 degrees  
Water Surface: None

**List of All Coordinates**

Material Boundary

173867.202 525371.069  
173867.202 525349.434  
173837.202 525349.434  
173837.202 525289.434  
174107.202 525289.434  
174107.202 525298.730  
174107.202 525349.434  
173917.202 525349.434  
173917.202 525639.434

Material Boundary

174096.956 525297.436  
174107.202 525298.730  
176211.848 525564.428



External Boundary

176211.848 526154.722  
175685.855 526142.365  
175285.577 526132.961  
175135.473 526129.434  
175135.473 526139.434  
174985.369 526139.434  
174109.764 525639.434  
173917.202 525639.434  
173917.202 525649.434  
173867.202 525649.434  
173867.202 525371.069  
173427.723 525371.069  
173398.915 525387.142  
172337.787 525299.021  
172337.787 524537.131  
176211.848 524537.131  
176211.848 525564.428

Focus/Block Search Line

174103.810 524538.265  
174103.810 525290.891



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Search Grid

172780.403 525533.118  
174117.842 525533.118  
174117.842 526818.937  
172780.403 526818.937

Distributed Load

176211.848 526154.722  
175685.855 526142.365  
175285.577 526132.961  
175139.727 526129.534

## 12.2.2 OUTPUT

**Raw Data for Minimum Circle Results**

Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety
172780.403	525533.118	1345.392	-1000.00000
172780.403	525597.409	1358.440	-1000.00000
172780.403	525661.700	1374.374	-1000.00000
172780.403	525725.991	1393.096	-1000.00000
172780.403	525790.282	1414.495	-1000.00000
172780.403	525854.573	1438.451	-1000.00000
172780.403	525918.864	1464.839	-1000.00000
172780.403	525983.155	1493.531	-1000.00000
172780.403	526047.446	1524.395	-1000.00000
172780.403	526111.737	1557.303	-1000.00000
172780.403	526176.027	1592.128	-1000.00000
172780.403	526240.318	1628.747	-1000.00000
172780.403	526304.609	1667.042	-1000.00000
172780.403	526368.900	1706.900	-1000.00000
172780.403	526433.191	1748.215	-1000.00000
172780.403	526497.482	1790.884	-1000.00000
172780.403	526561.773	1834.815	-1000.00000
172780.403	526626.064	1879.918	-1000.00000
172780.403	526690.355	1926.111	-1000.00000
172780.403	526754.646	1973.318	-1000.00000
172780.403	526818.937	2021.467	-1000.00000
172847.275	525533.118	1279.669	-1000.00000
172847.275	525597.409	1293.380	-1000.00000
172847.275	525661.700	1310.106	-1000.00000
172847.275	525725.991	1329.733	-1000.00000
172847.275	525790.282	1352.135	-1000.00000
172847.275	525854.573	1377.177	-1000.00000
172847.275	525918.864	1404.717	-1000.00000
172847.275	525983.155	1434.611	-1000.00000
172847.275	526047.446	1466.715	-1000.00000
172847.275	526111.737	1500.888	-1000.00000
172847.275	526176.027	1536.992	-1000.00000
172847.275	526240.318	1574.894	-1000.00000
172847.275	526304.609	1614.467	-1000.00000
172847.275	526368.900	1655.591	-1000.00000
172847.275	526433.191	1698.154	-1000.00000
172847.275	526497.482	1742.051	-1000.00000
172847.275	526561.773	1787.182	-1000.00000
172847.275	526626.064	1833.457	-1000.00000
172847.275	526690.355	1880.792	-1000.00000
172847.275	526754.646	1929.108	-1000.00000
172847.275	526818.937	1978.333	-1000.00000
172914.147	525533.118	1214.072	-1000.00000
172914.147	525597.409	1228.515	-1000.00000
172914.147	525661.700	1246.112	-1000.00000
172914.147	525725.991	1266.732	-1000.00000



ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0561\_F0.doc

Rev Data  
F0 20/06/2011

172914.147	525790.282	1290.228	-1000.00000
172914.147	525854.573	1316.447	-1000.00000
172914.147	525918.864	1345.231	-1000.00000
172914.147	525983.155	1376.418	-1000.00000
172914.147	526047.446	1409.848	-1000.00000
172914.147	526111.737	1445.366	-1000.00000
172914.147	526176.027	1482.823	-1000.00000
172914.147	526240.318	1522.074	-1000.00000
172914.147	526304.609	1562.985	-1000.00000
172914.147	526368.900	1605.428	-1000.00000
172914.147	526433.191	1649.287	-1000.00000
172914.147	526497.482	1694.449	-1000.00000
172914.147	526561.773	1740.815	-1000.00000
172914.147	526626.064	1788.291	-1000.00000
172914.147	526690.355	1836.790	-1000.00000
172914.147	526754.646	1886.233	-1000.00000
172914.147	526818.937	1936.549	-1000.00000
172981.019	525533.118	1148.622	-1000.00000
172981.019	525597.409	1163.878	-1000.00000
172981.019	525661.700	1182.437	-1000.00000
172981.019	525725.991	1204.147	-1000.00000
172981.019	525790.282	1228.841	-1000.00000
172981.019	525854.573	1256.342	-1000.00000
172981.019	525918.864	1286.471	-1000.00000
172981.019	525983.155	1319.048	-1000.00000
172981.019	526047.446	1353.896	-1000.00000
172981.019	526111.737	1390.844	-1000.00000
172981.019	526176.027	1429.729	-1000.00000
172981.019	526240.318	1470.398	-1000.00000
172981.019	526304.609	1512.707	-1000.00000
172981.019	526368.900	1556.523	-1000.00000
172981.019	526433.191	1601.720	-1000.00000
172981.019	526497.482	1648.187	-1000.00000
172981.019	526561.773	1695.818	-1000.00000
172981.019	526626.064	1744.519	-1000.00000
172981.019	526690.355	1794.201	-1000.00000
172981.019	526754.646	1844.786	-1000.00000
172981.019	526818.937	1896.202	-1000.00000
173047.891	525533.118	1083.346	-1000.00000
173047.891	525597.409	1099.508	-1000.00000
173047.891	525661.700	1119.135	-1000.00000
173047.891	525725.991	1142.049	-1000.00000
173047.891	525790.282	1168.056	-1000.00000
173047.891	525854.573	1196.955	-1000.00000
173047.891	525918.864	1228.541	-1000.00000
173047.891	525983.155	1262.614	-1000.00000
173047.891	526047.446	1298.976	-1000.00000
173047.891	526111.737	1337.442	-1000.00000
173047.891	526176.027	1377.835	-1000.00000
173047.891	526240.318	1419.992	-1000.00000
173047.891	526304.609	1463.758	-1000.00000
173047.891	526368.900	1508.996	-1000.00000
173047.891	526433.191	1555.575	-1000.00000
173047.891	526497.482	1603.380	-1000.00000
173047.891	526561.773	1652.303	-1000.00000
173047.891	526626.064	1702.249	-1000.00000
173047.891	526690.355	1753.130	-1000.00000
173047.891	526754.646	1804.866	-1000.00000
173047.891	526818.937	1857.387	-1000.00000
173114.763	525533.118	1018.277	-1000.00000
173114.763	525597.409	1035.455	-1000.00000
173114.763	525661.700	1056.273	-1000.00000
173114.763	525725.991	1080.521	-1000.00000
173114.763	525790.282	1107.973	-1000.00000
173114.763	525854.573	1138.398	-1000.00000
173114.763	525918.864	1171.564	-1000.00000
173114.763	525983.155	1207.246	-1000.00000

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0561\_F0.doc

Rev	Data
F0	20/06/2011

173114.763	526047.446	1245.226	-1000.00000
173114.763	526111.737	1285.302	-1000.00000
173114.763	526176.027	1327.283	-1000.00000
173114.763	526240.318	1370.994	-1000.00000
173114.763	526304.609	1416.276	-1000.00000
173114.763	526368.900	1462.982	-1000.00000
173114.763	526433.191	1510.981	-1000.00000
173114.763	526497.482	1560.152	-1000.00000
173114.763	526561.773	1610.389	-1000.00000
173114.763	526626.064	1661.596	-1000.00000
173114.763	526690.355	1713.684	-1000.00000
173114.763	526754.646	1766.576	-1000.00000
173114.763	526818.937	1820.202	-1000.00000
173181.635	525533.118	953.457	-1000.00000
173181.635	525597.409	971.782	-1000.00000
173181.635	525661.700	993.934	-1000.00000
173181.635	525725.991	1019.666	-1000.00000
173181.635	525790.282	1048.712	-1000.00000
173181.635	525854.573	1080.807	-1000.00000
173181.635	525918.864	1115.686	-1000.00000
173181.635	525983.155	1153.098	-1000.00000
173181.635	526047.446	1192.804	-1000.00000
173181.635	526111.737	1234.582	-1000.00000
173181.635	526176.027	1278.230	-1000.00000
173181.635	526240.318	1323.563	-1000.00000
173181.635	526304.609	1370.413	-1000.00000
173181.635	526368.900	1418.630	-1000.00000
173181.635	526433.191	1468.079	-1000.00000
173181.635	526497.482	1518.640	-1000.00000
173181.635	526561.773	1570.206	-1000.00000
173181.635	526626.064	1622.681	-1000.00000
173181.635	526690.355	1675.979	-1000.00000
173181.635	526754.646	1730.024	-1000.00000
173181.635	526818.937	1784.749	-1000.00000
173248.507	525533.118	901.205	5.33137
173248.507	525597.409	921.537	4.85509
173248.507	525661.700	934.893	4.46314
173248.507	525725.991	960.956	4.11645
173248.507	525790.282	990.421	3.72478
173248.507	525854.573	1024.344	3.46243
173248.507	525918.864	1061.081	3.23815
173248.507	525983.155	1100.351	3.02668
173248.507	526047.446	1145.337	2.85820
173248.507	526111.737	1188.722	2.71076
173248.507	526176.027	1234.935	2.57316
173248.507	526240.318	1281.539	2.45688
173248.507	526304.609	1326.336	2.35296
173248.507	526368.900	1376.098	2.25540
173248.507	526433.191	1427.022	2.16997
173248.507	526497.482	1482.456	2.09167
173248.507	526561.773	1531.889	2.02112
173248.507	526626.064	1585.632	1.95315
173248.507	526690.355	1640.135	1.89277
173248.507	526754.646	1695.323	-1000.00000
173248.507	526818.937	1751.133	-1000.00000
173315.379	525533.118	962.587	5.04760
173315.379	525597.409	981.833	4.61046
173315.379	525661.700	897.939	4.23093
173315.379	525725.991	913.533	3.81112
173315.379	525790.282	933.281	3.49561
173315.379	525854.573	969.206	3.24038
173315.379	525918.864	1007.955	3.00076
173315.379	525983.155	1049.215	2.81643
173315.379	526047.446	1092.702	2.65706
173315.379	526111.737	1138.161	2.51136
173315.379	526176.027	1185.365	2.38912
173315.379	526240.318	1234.113	2.28078

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0561\_F0.doc

Rev	Data
F0	20/06/2011

173315.379	526304.609	1284.230	2.18077
173315.379	526368.900	1335.562	2.09414
173315.379	526433.191	1387.974	2.01568
173315.379	526497.482	1441.348	1.94241
173315.379	526561.773	1495.581	1.87748
173315.379	526626.064	1550.584	1.81811
173315.379	526690.355	1606.276	1.76197
173315.379	526754.646	1662.589	1.71184
173315.379	526818.937	1719.461	1.66561
173382.251	525533.118	866.359	4.83519
173382.251	525597.409	783.965	4.36822
173382.251	525661.700	811.262	3.98479
173382.251	525725.991	842.591	3.54992
173382.251	525790.282	877.518	3.25449
173382.251	525854.573	915.633	2.98271
173382.251	525918.864	956.555	2.77812
173382.251	525983.155	999.938	2.60460
173382.251	526047.446	1045.477	2.44486
173382.251	526111.737	1092.902	2.31630
173382.251	526176.027	1141.978	2.20057
173382.251	526240.318	1192.501	2.10193
173382.251	526304.609	1244.296	2.01417
173382.251	526368.900	1297.209	1.93421
173382.251	526433.191	1351.109	1.86368
173382.251	526497.482	1405.884	1.80001
173382.251	526561.773	1461.434	1.74100
173382.251	526626.064	1517.674	1.68845
173382.251	526690.355	1574.530	1.64048
173382.251	526754.646	1631.939	1.59542
173382.251	526818.937	1689.843	1.55511
173449.123	525533.118	698.061	4.55685
173449.123	525597.409	722.889	4.07801
173449.123	525661.700	752.406	3.61016
173449.123	525725.991	786.083	3.28026
173449.123	525790.282	823.411	2.99865
173449.123	525854.573	863.917	2.74021
173449.123	525918.864	907.174	2.55011
173449.123	525983.155	952.808	2.37938
173449.123	526047.446	1000.495	2.24391
173449.123	526111.737	1049.953	2.12137
173449.123	526176.027	1100.946	2.02087
173449.123	526240.318	1153.268	1.92954
173449.123	526304.609	1206.747	1.85190
173449.123	526368.900	1261.237	1.78295
173449.123	526433.191	1316.611	1.72072
173449.123	526497.482	1372.762	1.66533
173449.123	526561.773	1429.600	1.61539
173449.123	526626.064	1487.045	1.56939
173449.123	526690.355	1545.029	1.52829
173449.123	526754.646	1603.494	1.49086
173449.123	526818.937	1662.389	1.45585
173515.994	525533.118	635.768	4.23199
173515.994	525597.409	662.933	3.76442
173515.994	525661.700	695.000	3.30240
173515.994	525725.991	731.326	2.99641
173515.994	525790.282	771.309	2.70126
173515.994	525854.573	814.410	2.49165
173515.994	525918.864	860.160	2.30894
173515.994	525983.155	908.160	2.16652
173515.994	526047.446	958.071	2.04153
173515.994	526111.737	1009.611	1.93943
173515.994	526176.027	1062.541	1.84762
173515.994	526240.318	1116.664	1.77126
173515.994	526304.609	1171.815	1.70125
173515.994	526368.900	1227.856	1.64250
173515.994	526433.191	1284.670	1.59032
173515.994	526497.482	1342.158	1.54355

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0561\_F0.doc

Rev	Data
F0	20/06/2011

173515.994	526561.773	1400.238	1.50167
173515.994	526626.064	1458.840	1.46395
173515.994	526690.355	1517.902	1.42937
173515.994	526754.646	1577.373	1.39839
173515.994	526818.937	1637.208	1.37048
173582.866	525533.118	574.505	3.86280
173582.866	525597.409	604.429	3.34238
173582.866	525661.700	639.438	2.98502
173582.866	525725.991	678.744	2.67265
173582.866	525790.282	721.646	2.43707
173582.866	525854.573	767.541	2.23424
173582.866	525918.864	815.923	2.07936
173582.866	525983.155	866.378	1.95694
173582.866	526047.446	918.562	1.85188
173582.866	526111.737	972.198	1.76548
173582.866	526176.027	1027.058	1.68929
173582.866	526240.318	1082.956	1.62550
173582.866	526304.609	1139.739	1.56996
173582.866	526368.900	1197.282	1.51891
173582.866	526433.191	1255.480	1.47594
173582.866	526497.482	1314.246	1.43763
173582.866	526561.773	1373.507	1.40366
173582.866	526626.064	1433.202	1.37319
173582.866	526690.355	1493.278	1.34556
173582.866	526754.646	1553.692	1.32108
173582.866	526818.937	1614.406	1.30149
173649.738	525533.118	514.640	3.46735
173649.738	525597.409	547.845	2.97556
173649.738	525661.700	586.242	2.62381
173649.738	525725.991	628.882	2.37963
173649.738	525790.282	674.960	2.16465
173649.738	525854.573	723.821	1.99851
173649.738	525918.864	774.939	1.87327
173649.738	525983.155	827.894	1.76577
173649.738	526047.446	882.358	1.68252
173649.738	526111.737	938.066	1.61156
173649.738	526176.027	994.810	1.55204
173649.738	526240.318	1052.422	1.49964
173649.738	526304.609	1110.768	1.45532
173649.738	526368.900	1169.737	1.41477
173649.738	526433.191	1229.240	1.38074
173649.738	526497.482	1289.202	1.35061
173649.738	526561.773	1349.563	1.32329
173649.738	526626.064	1410.272	1.29942
173649.738	526690.355	1471.285	1.27850
173649.738	526754.646	1532.566	1.26248
173649.738	526818.937	1594.084	1.25057
173716.610	525533.118	456.724	2.97812
173716.610	525597.409	493.838	2.60265
173716.610	525661.700	536.118	2.30627
173716.610	525725.991	582.439	2.08668
173716.610	525790.282	631.913	1.91732
173716.610	525854.573	683.857	1.78711
173716.610	525918.864	737.748	1.68799
173716.610	525983.155	793.191	1.60442
173716.610	526047.446	849.881	1.53898
173716.610	526111.737	907.585	1.48265
173716.610	526176.027	966.121	1.43699
173716.610	526240.318	1025.346	1.39721
173716.610	526304.609	1085.149	1.36323
173716.610	526368.900	1145.437	1.33225
173716.610	526433.191	1206.139	1.30612
173716.610	526497.482	1267.196	1.28299
173716.610	526561.773	1328.557	1.26158
173716.610	526626.064	1390.183	1.24408
173716.610	526690.355	1452.041	1.23131
173716.610	526754.646	1514.101	1.22257

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	Codice documento	Rev	Data
	CS0561_F0.doc	F0	20/06/2011



173716.610	526818.937	1576.340	1.21705
173783.482	525533.118	401.601	2.52811
173783.482	525597.409	443.354	2.21313
173783.482	525661.700	490.009	1.99115
173783.482	525725.991	540.297	1.83029
173783.482	525790.282	593.296	1.70912
173783.482	525854.573	648.341	1.60912
173783.482	525918.864	704.953	1.53621
173783.482	525983.155	762.783	1.47572
173783.482	526047.446	821.574	1.42459
173783.482	526111.737	881.134	1.38410
173783.482	526176.027	941.316	1.34982
173783.482	526240.318	1002.009	1.32107
173783.482	526304.609	1063.125	1.29571
173783.482	526368.900	1124.595	1.27266
173783.482	526433.191	1186.364	1.25291
173783.482	526497.482	1248.387	1.23533
173783.482	526561.773	1310.630	1.21957
173783.482	526626.064	1373.061	1.20979
173783.482	526690.355	1435.656	1.20383
173783.482	526754.646	1498.395	1.20117
173783.482	526818.937	1561.260	1.20153
173850.354	525533.118	350.590	2.27073
173850.354	525597.409	397.734	1.99245
173850.354	525661.700	449.153	1.80348
173850.354	525725.991	503.539	1.67225
173850.354	525790.282	560.027	1.57201
173850.354	525854.573	618.042	1.49778
173850.354	525918.864	677.192	1.43434
173850.354	525983.155	737.203	1.38777
173850.354	526047.446	797.881	1.34950
173850.354	526111.737	859.085	1.31958
173850.354	526176.027	920.709	1.29333
173850.354	526240.318	982.676	1.27201
173850.354	526304.609	1044.923	1.25317
173850.354	526368.900	1107.404	1.23590
173850.354	526433.191	1170.081	1.22069
173850.354	526497.482	1232.924	1.20819
173850.354	526561.773	1295.909	1.20034
173850.354	526626.064	1359.017	1.19629
173850.354	526690.355	1422.230	1.19535
173850.354	526754.646	1485.536	1.19767
173850.354	526818.937	1548.923	1.20168
173917.226	525533.118	305.757	2.27059
173917.226	525597.409	358.840	1.97246
173917.226	525661.700	415.105	1.78059
173917.226	525725.991	473.418	1.64799
173917.226	525790.282	533.108	1.55463
173917.226	525854.573	593.759	1.48220
173917.226	525918.864	655.105	1.42635
173917.226	525983.155	716.967	1.37708
173917.226	526047.446	779.222	1.34086
173917.226	526111.737	841.784	1.31008
173917.226	526176.027	904.588	1.28408
173917.226	526240.318	967.587	1.26179
173917.226	526304.609	1030.746	1.24251
173917.226	526368.900	1094.037	1.22595
173917.226	526433.191	1157.438	1.21279
173917.226	526497.482	1220.932	1.20480
173917.226	526561.773	1284.505	1.20021
173917.226	526626.064	1348.147	1.20102
173917.226	526690.355	1411.847	1.20467
173917.226	526754.646	1475.599	1.20989
173917.226	526818.937	1539.395	1.21635
173984.098	525533.118	343.377	2.74209
173984.098	525597.409	329.065	2.26284
173984.098	525661.700	389.653	1.95822

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0561\_F0.doc

Rev Data  
F0 20/06/2011

173984.098	525725.991	451.268	1.76988
173984.098	525790.282	513.538	1.64453
173984.098	525854.573	576.253	1.55180
173984.098	525918.864	639.281	1.48371
173984.098	525983.155	702.538	1.42684
173984.098	526047.446	765.967	1.38204
173984.098	526111.737	829.529	1.34562
173984.098	526176.027	893.195	1.31548
173984.098	526240.318	956.944	1.28913
173984.098	526304.609	1020.762	1.26733
173984.098	526368.900	1084.636	1.25030
173984.098	526433.191	1148.556	1.23970
173984.098	526497.482	1212.515	1.23412
173984.098	526561.773	1276.508	1.23306
173984.098	526626.064	1340.529	1.23486
173984.098	526690.355	1404.575	1.23867
173984.098	526754.646	1468.642	1.24402
173984.098	526818.937	1532.728	1.25054
174050.970	525533.118	397.589	3.15459
174050.970	525597.409	460.923	2.67217
174050.970	525661.700	449.567	2.27659
174050.970	525725.991	513.357	2.04252
174050.970	525790.282	577.273	1.87773
174050.970	525854.573	566.153	1.74111
174050.970	525918.864	630.191	1.63916
174050.970	525983.155	694.277	1.57138
174050.970	526047.446	758.397	1.50606
174050.970	526111.737	822.544	1.45282
174050.970	526176.027	886.712	1.41057
174050.970	526240.318	950.896	1.37424
174050.970	526304.609	1015.094	1.34519
174050.970	526368.900	1079.303	1.32621
174050.970	526433.191	1143.521	1.31446
174050.970	526497.482	1207.747	1.30864
174050.970	526561.773	1271.980	1.30666
174050.970	526626.064	1336.218	1.30705
174050.970	526690.355	1400.461	1.30950
174050.970	526754.646	1464.708	1.31353
174050.970	526818.937	1528.959	1.31879
174117.842	525533.118	543.560	3.38727
174117.842	525597.409	532.558	2.96249
174117.842	525661.700	521.564	2.55653
174117.842	525725.991	510.574	2.27124
174117.842	525790.282	574.838	2.04453
174117.842	525854.573	639.109	1.88326
174117.842	525918.864	703.383	1.77082
174117.842	525983.155	767.661	1.68038
174117.842	526047.446	756.684	1.60648
174117.842	526111.737	820.965	1.54158
174117.842	526176.027	885.247	1.48343
174117.842	526240.318	949.531	1.43994
174117.842	526304.609	1013.815	1.41008
174117.842	526368.900	1078.100	1.39057
174117.842	526433.191	1142.386	1.37857
174117.842	526497.482	1206.672	1.37145
174117.842	526561.773	1270.959	1.36793
174117.842	526626.064	1335.247	1.36742
174117.842	526690.355	1399.534	1.36868
174117.842	526754.646	1463.822	1.37162
174117.842	526818.937	1528.110	1.37580

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 12.3 PARATIA PROVVISORIA

### 12.3.1 INPUT

#### Document Name

File Name: pk2+104\_ASSE C para stat.sli

#### Project Settings

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

#### Analysis Methods

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

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

#### Surface Options

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



#### Loading

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

#### Material Properties

Material: Material 1  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Friction Angle: 32 degrees  
Water Surface: None

Material: Material 2  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Friction Angle: 32 degrees  
Water Surface: None

**List of All Coordinates**

Material Boundary

180344.293 538885.457  
186170.707 539072.951

External Boundary

186170.707 540121.662  
184721.478 540121.662  
184711.228 540103.212  
184629.228 540111.412  
183184.231 540147.537  
183164.231 540152.038  
183034.231 540152.055  
181999.218 539785.611  
181909.219 539785.611  
181894.219 539758.632  
181775.219 539770.532  
181774.094 539775.631  
180654.219 539747.634  
180634.219 539752.135  
180505.719 539752.135  
180344.293 539644.517  
180344.293 538885.457  
180344.293 538884.471  
179953.293 538884.471  
179953.293 538963.182  
179176.671 538948.650  
178976.711 538944.651  
178376.831 538932.653  
178176.871 538928.654  
177377.031 538912.657  
177177.071 538908.658  
177001.654 538942.154  
176840.051 538933.477  
176744.328 538927.570  
176677.365 538924.303  
176661.522 538922.532  
176661.522 536335.876  
186170.707 536335.876  
186170.707 539072.951

Focus/Block Search Line

180349.778 536337.071  
180349.778 537856.962

Search Grid

177293.203 539412.303



180761.240 539412.303  
180761.240 542712.397  
177293.203 542712.397

Distributed Load

181759.992 539775.279  
180692.327 539748.587

Distributed Load

184620.273 540111.636  
183184.412 540147.533

## 12.3.2 OUTPUT

### Raw Data for Minimum Circle Results

Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety
177293.203	539412.303	3429.539	-1000.00000
177293.203	539577.308	3507.456	-1000.00000
177293.203	539742.312	3591.267	-1000.00000
177293.203	539907.317	3680.572	-1000.00000
177293.203	540072.322	3774.980	-1000.00000
177293.203	540237.326	3874.118	-1000.00000
177293.203	540402.331	3977.632	-1000.00000
177293.203	540567.336	4085.191	-1000.00000
177293.203	540732.341	4196.482	-1000.00000
177293.203	540897.345	4311.216	-1000.00000
177293.203	541062.350	4429.127	-1000.00000
177293.203	541227.355	4549.967	-1000.00000
177293.203	541392.359	4673.510	-1000.00000
177293.203	541557.364	4799.545	-1000.00000
177293.203	541722.369	4927.883	-1000.00000
177293.203	541887.373	5058.347	-1000.00000
177293.203	542052.378	5190.778	-1000.00000
177293.203	542217.383	5325.028	-1000.00000
177293.203	542382.388	5460.965	-1000.00000
177293.203	542547.392	5598.464	-1000.00000
177293.203	542712.397	5737.413	-1000.00000
177458.348	539412.303	3283.209	-1000.00000
177458.348	539577.308	3364.515	-1000.00000
177458.348	539742.312	3451.800	-1000.00000
177458.348	539907.317	3544.620	-1000.00000
177458.348	540072.322	3642.553	-1000.00000
177458.348	540237.326	3745.198	-1000.00000
177458.348	540402.331	3852.178	-1000.00000
177458.348	540567.336	3963.143	-1000.00000
177458.348	540732.341	4077.766	-1000.00000
177458.348	540897.345	4195.749	-1000.00000
177458.348	541062.350	4316.814	-1000.00000
177458.348	541227.355	4440.712	-1000.00000
177458.348	541392.359	4567.210	-1000.00000
177458.348	541557.364	4696.100	-1000.00000
177458.348	541722.369	4827.188	-1000.00000
177458.348	541887.373	4960.302	-1000.00000
177458.348	542052.378	5095.281	-1000.00000
177458.348	542217.383	5231.983	-1000.00000
177458.348	542382.388	5370.275	-1000.00000
177458.348	542547.392	5510.037	-1000.00000
177458.348	542712.397	5651.161	-1000.00000
177623.492	539412.303	3138.746	-1000.00000
177623.492	539577.308	3223.698	-1000.00000
177623.492	539742.312	3314.692	-1000.00000
177623.492	539907.317	3411.245	-1000.00000
177623.492	540072.322	3512.899	-1000.00000

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0561\_F0.doc

Rev	Data
F0	20/06/2011

177623.492	540237.326	3619.223	-1000.00000
177623.492	540402.331	3729.818	-1000.00000
177623.492	540567.336	3844.316	-1000.00000
177623.492	540732.341	3962.378	-1000.00000
177623.492	540897.345	4083.696	-1000.00000
177623.492	541062.350	4207.987	-1000.00000
177623.492	541227.355	4334.996	-1000.00000
177623.492	541392.359	4464.490	-1000.00000
177623.492	541557.364	4596.261	-1000.00000
177623.492	541722.369	4730.117	-1000.00000
177623.492	541887.373	4865.887	-1000.00000
177623.492	542052.378	5003.415	-1000.00000
177623.492	542217.383	5142.559	-1000.00000
177623.492	542382.388	5283.192	-1000.00000
177623.492	542547.392	5425.198	-1000.00000
177623.492	542712.397	5568.473	-1000.00000
177788.637	539412.303	2996.420	-1000.00000
177788.637	539577.308	3085.294	-1000.00000
177788.637	539742.312	3180.251	-1000.00000
177788.637	539907.317	3280.763	-1000.00000
177788.637	540072.322	3386.335	-1000.00000
177788.637	540237.326	3496.510	-1000.00000
177788.637	540402.331	3610.866	-1000.00000
177788.637	540567.336	3729.018	-1000.00000
177788.637	540732.341	3850.617	-1000.00000
177788.637	540897.345	3975.346	-1000.00000
177788.637	541062.350	4102.921	-1000.00000
177788.637	541227.355	4233.084	-1000.00000
177788.637	541392.359	4365.602	-1000.00000
177788.637	541557.364	4500.269	-1000.00000
177788.637	541722.369	4636.898	-1000.00000
177788.637	541887.373	4775.318	-1000.00000
177788.637	542052.378	4915.381	-1000.00000
177788.637	542217.383	5056.948	-1000.00000
177788.637	542382.388	5199.897	-1000.00000
177788.637	542547.392	5344.117	-1000.00000
177788.637	542712.397	5489.508	-1000.00000
177953.781	539412.303	2856.552	-1000.00000
177953.781	539577.308	2949.643	-1000.00000
177953.781	539742.312	3048.828	-1000.00000
177953.781	539907.317	3153.531	-1000.00000
177953.781	540072.322	3263.223	-1000.00000
177953.781	540237.326	3377.416	-1000.00000
177953.781	540402.331	3495.670	-1000.00000
177953.781	540567.336	3617.586	-1000.00000
177953.781	540732.341	3742.807	-1000.00000
177953.781	540897.345	3871.012	-1000.00000
177953.781	541062.350	4001.914	-1000.00000
177953.781	541227.355	4135.257	-1000.00000
177953.781	541392.359	4270.812	-1000.00000
177953.781	541557.364	4408.376	-1000.00000
177953.781	541722.369	4547.766	-1000.00000
177953.781	541887.373	4688.819	-1000.00000
177953.781	542052.378	4831.389	-1000.00000
177953.781	542217.383	4975.347	-1000.00000
177953.781	542382.388	5120.574	-1000.00000
177953.781	542547.392	5266.967	-1000.00000
177953.781	542712.397	5414.430	-1000.00000
178118.926	539412.303	2719.520	-1000.00000
178118.926	539577.308	2817.143	-1000.00000
178118.926	539742.312	2920.830	-1000.00000
178118.926	539907.317	3029.960	-1000.00000
178118.926	540072.322	3143.966	-1000.00000
178118.926	540237.326	3262.336	-1000.00000
178118.926	540402.331	3384.614	-1000.00000
178118.926	540567.336	3510.389	-1000.00000
178118.926	540732.341	3639.300	-1000.00000

<p>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>Codice documento CS0561_F0.doc</p>	<p>Rev F0</p>	<p>Data 20/06/2011</p>
---	---	-------------------	----------------------------

178118.926	540897.345	3771.026	-1000.00000
178118.926	541062.350	3905.281	-1000.00000
178118.926	541227.355	4041.813	-1000.00000
178118.926	541392.359	4180.400	-1000.00000
178118.926	541557.364	4320.843	-1000.00000
178118.926	541722.369	4462.967	-1000.00000
178118.926	541887.373	4606.617	-1000.00000
178118.926	542052.378	4751.655	-1000.00000
178118.926	542217.383	4897.956	-1000.00000
178118.926	542382.388	5045.412	-1000.00000
178118.926	542547.392	5193.924	-1000.00000
178118.926	542712.397	5343.403	-1000.00000
178284.071	539412.303	2585.776	-1000.00000
178284.071	539577.308	2688.260	-1000.00000
178284.071	539742.312	2796.730	-1000.00000
178284.071	539907.317	2910.516	-1000.00000
178284.071	540072.322	3029.021	-1000.00000
178284.071	540237.326	3151.712	-1000.00000
178284.071	540402.331	3278.118	-1000.00000
178284.071	540567.336	3407.826	-1000.00000
178284.071	540732.341	3540.474	-1000.00000
178284.071	540897.345	3675.742	-1000.00000
178284.071	541062.350	3813.353	-1000.00000
178284.071	541227.355	3953.062	-1000.00000
178284.071	541392.359	4094.653	-1000.00000
178284.071	541557.364	4237.939	-1000.00000
178284.071	541722.369	4382.753	-1000.00000
178284.071	541887.373	4528.948	-1000.00000
178284.071	542052.378	4676.395	-1000.00000
178284.071	542217.383	4824.979	-1000.00000
178284.071	542382.388	4974.598	-1000.00000
178284.071	542547.392	5125.162	-1000.00000
178284.071	542712.397	5276.590	-1000.00000
178449.215	539412.303	2455.856	-1000.00000
178449.215	539577.308	2563.539	-1000.00000
178449.215	539742.312	2677.067	-1000.00000
178449.215	539907.317	2795.729	-1000.00000
178449.215	540072.322	2918.897	-1000.00000
178449.215	540237.326	3046.026	-1000.00000
178449.215	540402.331	3176.641	-1000.00000
178449.215	540567.336	3310.328	-1000.00000
178449.215	540732.341	3446.730	-1000.00000
178449.215	540897.345	3585.537	-1000.00000
178449.215	541062.350	3726.480	-1000.00000
178449.215	541227.355	3869.327	-1000.00000
178449.215	541392.359	4013.873	-1000.00000
178449.215	541557.364	4159.942	-1000.00000
178449.215	541722.369	4307.379	-1000.00000
178449.215	541887.373	4456.048	-1000.00000
178449.215	542052.378	4605.829	-1000.00000
178449.215	542217.383	4756.618	-1000.00000
178449.215	542382.388	4908.322	-1000.00000
178449.215	542547.392	5060.858	-1000.00000
178449.215	542712.397	5214.153	-1000.00000
178614.360	539412.303	2330.400	-1000.00000
178614.360	539577.308	2443.618	-1000.00000
178614.360	539742.312	2562.465	-1000.00000
178614.360	539907.317	2686.193	-1000.00000
178614.360	540072.322	2814.160	-1000.00000
178614.360	540237.326	2945.813	-1000.00000
178614.360	540402.331	3080.679	-1000.00000
178614.360	540567.336	3218.355	-1000.00000
178614.360	540732.341	3358.494	-1000.00000
178614.360	540897.345	3500.801	-1000.00000
178614.360	541062.350	3645.023	-1000.00000
178614.360	541227.355	3790.940	-1000.00000
178614.360	541392.359	3938.365	-1000.00000

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	Codice documento	Rev	Data
	CS0561_F0.doc	F0	20/06/2011

178614.360	541557.364	4087.133	-1000.00000
178614.360	541722.369	4237.104	-1000.00000
178614.360	541887.373	4388.154	-1000.00000
178614.360	542052.378	4540.176	-1000.00000
178614.360	542217.383	4693.075	-1000.00000
178614.360	542382.388	4846.768	-1000.00000
178614.360	542547.392	5001.182	-1000.00000
178614.360	542712.397	5156.252	-1000.00000
178779.505	539412.303	2210.169	-1000.00000
178779.505	539577.308	2329.238	-1000.00000
178779.505	539742.312	2453.632	-1000.00000
178779.505	539907.317	2582.580	-1000.00000
178779.505	540072.322	2715.434	-1000.00000
178779.505	540237.326	2851.648	-1000.00000
178779.505	540402.331	2990.764	-1000.00000
178779.505	540567.336	3132.394	-1000.00000
178779.505	540732.341	3276.212	-1000.00000
178779.505	540897.345	3421.943	-1000.00000
178779.505	541062.350	3569.352	-1000.00000
178779.505	541227.355	3718.240	-1000.00000
178779.505	541392.359	3868.436	-1000.00000
178779.505	541557.364	4019.793	-1000.00000
178779.505	541722.369	4172.186	-1000.00000
178779.505	541887.373	4325.503	-1000.00000
178779.505	542052.378	4479.652	-1000.00000
178779.505	542217.383	4634.548	-1000.00000
178779.505	542382.388	4790.119	-1000.00000
178779.505	542547.392	4946.302	-1000.00000
178779.505	542712.397	5103.040	-1000.00000
178944.649	539412.303	2096.062	-112.00000
178944.649	539577.308	2221.256	-1000.00000
178944.649	539742.312	2351.369	-1000.00000
178944.649	539907.317	2485.628	-1000.00000
178944.649	540072.322	2623.397	-1000.00000
178944.649	540237.326	2764.150	-1000.00000
178944.649	540402.331	2907.455	-1000.00000
178944.649	540567.336	3052.952	-1000.00000
178944.649	540732.341	3200.343	-1000.00000
178944.649	540897.345	3349.376	-1000.00000
178944.649	541062.350	3499.843	-1000.00000
178944.649	541227.355	3651.567	-1000.00000
178944.649	541392.359	3804.396	-1000.00000
178944.649	541557.364	3958.203	-1000.00000
178944.649	541722.369	4112.878	-1000.00000
178944.649	541887.373	4268.326	-1000.00000
178944.649	542052.378	4424.467	-1000.00000
178944.649	542217.383	4581.229	-1000.00000
178944.649	542382.388	4738.551	-1000.00000
178944.649	542547.392	4896.379	-1000.00000
178944.649	542712.397	5054.665	-1000.00000
179109.794	539412.303	1989.133	8.02931
179109.794	539577.308	2120.649	7.23668
179109.794	539742.312	2256.570	6.70823
179109.794	539907.317	2396.147	6.26721
179109.794	540072.322	2538.776	5.92747
179109.794	540237.326	2683.971	-1000.00000
179109.794	540402.331	2831.337	-1000.00000
179109.794	540567.336	2980.552	-1000.00000
179109.794	540732.341	3131.352	-1000.00000
179109.794	540897.345	3283.519	-1000.00000
179109.794	541062.350	3436.870	-1000.00000
179109.794	541227.355	3591.255	-1000.00000
179109.794	541392.359	3746.545	-1000.00000
179109.794	541557.364	3902.633	-1000.00000
179109.794	541722.369	4059.425	-1000.00000
179109.794	541887.373	4216.845	-1000.00000
179109.794	542052.378	4374.824	-1000.00000

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0561\_F0.doc

Rev Data  
F0 20/06/2011



179109.794	542217.383	4533.303	-1000.00000
179109.794	542382.388	4692.232	-1000.00000
179109.794	542547.392	4851.567	-1000.00000
179109.794	542712.397	5011.269	-1000.00000
179274.938	539412.303	1890.600	6.96441
179274.938	539577.308	2028.515	6.36337
179274.938	539742.312	2170.214	5.95420
179274.938	539907.317	2315.003	5.58765
179274.938	540072.322	2462.337	5.31804
179274.938	540237.326	2611.785	5.04552
179274.938	540402.331	2763.003	4.93170
179274.938	540567.336	2915.718	4.83644
179274.938	540732.341	3069.705	-1000.00000
179274.938	540897.345	3224.781	-1000.00000
179274.938	541062.350	3380.798	-1000.00000
179274.938	541227.355	3537.631	-1000.00000
179274.938	541392.359	3695.175	-1000.00000
179274.938	541557.364	3853.344	-1000.00000
179274.938	541722.369	4012.064	-1000.00000
179274.938	541887.373	4171.271	-1000.00000
179274.938	542052.378	4330.912	-1000.00000
179274.938	542217.383	4490.941	-1000.00000
179274.938	542382.388	4651.318	-1000.00000
179274.938	542547.392	4812.008	-1000.00000
179274.938	542712.397	4972.980	-1000.00000
179440.083	539412.303	1801.841	6.11246
179440.083	539577.308	1946.057	5.65381
179440.083	539742.312	2093.345	5.36217
179440.083	539907.317	2243.101	5.09361
179440.083	540072.322	2394.863	4.80006
179440.083	540237.326	2548.271	4.66852
179440.083	540402.331	2703.045	4.56413
179440.083	540567.336	2858.964	4.47920
179440.083	540732.341	3015.850	4.40877
179440.083	540897.345	3173.559	4.34490
179440.083	541062.350	3331.976	4.26003
179440.083	541227.355	3491.002	-1000.00000
179440.083	541392.359	3650.559	-1000.00000
179440.083	541557.364	3810.581	-1000.00000
179440.083	541722.369	3971.010	-1000.00000
179440.083	541887.373	4131.799	-1000.00000
179440.083	542052.378	4292.909	-1000.00000
179440.083	542217.383	4454.304	-1000.00000
179440.083	542382.388	4615.953	-1000.00000
179440.083	542547.392	4777.833	-1000.00000
179440.083	542712.397	4939.919	-1000.00000
179605.228	539412.303	1724.367	5.43514
179605.228	539577.308	1874.552	5.10196
179605.228	539742.312	2027.043	4.89679
179605.228	539907.317	2181.356	4.70144
179605.228	540072.322	2337.130	4.47910
179605.228	540237.326	2494.092	4.38343
179605.228	540402.331	2652.030	4.30214
179605.228	540567.336	2810.780	4.22519
179605.228	540732.341	2970.212	4.15252
179605.228	540897.345	3130.222	4.07053
179605.228	541062.350	3290.725	4.00749
179605.228	541227.355	3451.653	3.95217
179605.228	541392.359	3612.948	3.90143
179605.228	541557.364	3774.564	3.85454
179605.228	541722.369	3936.461	-1000.00000
179605.228	541887.373	4098.607	-1000.00000
179605.228	542052.378	4260.971	-1000.00000
179605.228	542217.383	4423.531	-1000.00000
179605.228	542382.388	4586.266	-1000.00000
179605.228	542547.392	4749.157	-1000.00000
179605.228	542712.397	4912.190	-1000.00000

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	Codice documento	Rev	Data
	CS0561_F0.doc	F0	20/06/2011

179770.372	539412.303	1659.759	4.92825
179770.372	539577.308	1815.297	4.69323
179770.372	539742.312	1972.374	4.55438
179770.372	539907.317	2130.650	4.41695
179770.372	540072.322	2289.876	4.23856
179770.372	540237.326	2449.867	4.16430
179770.372	540402.331	2610.482	4.09383
179770.372	540567.336	2771.613	4.02650
179770.372	540732.341	2933.175	3.94275
179770.372	540897.345	3095.100	3.88275
179770.372	541062.350	3257.334	3.82536
179770.372	541227.355	3419.834	3.77060
179770.372	541392.359	3582.562	3.72078
179770.372	541557.364	3745.489	3.68497
179770.372	541722.369	3908.591	3.66307
179770.372	541887.373	4071.846	3.65148
179770.372	542052.378	4235.237	3.64599
179770.372	542217.383	4398.748	-1000.00000
179770.372	542382.388	4562.367	-1000.00000
179770.372	542547.392	4726.082	-1000.00000
179770.372	542712.397	4889.884	-1000.00000
179935.517	539412.303	1609.565	4.58276
179935.517	539577.308	1769.521	4.41736
179935.517	539742.312	1930.327	4.33300
179935.517	539907.317	2091.786	4.15089
179935.517	540072.322	2253.760	4.07492
179935.517	540237.326	2416.144	4.00503
179935.517	540402.331	2578.860	3.93790
179935.517	540567.336	2741.850	3.87406
179935.517	540732.341	2905.068	3.78900
179935.517	540897.345	3068.476	3.73276
179935.517	541062.350	3232.047	3.67945
179935.517	541227.355	3395.757	3.63295
179935.517	541392.359	3559.586	3.59951
179935.517	541557.364	3723.519	3.57719
179935.517	541722.369	3887.542	3.56368
179935.517	541887.373	4051.646	3.55732
179935.517	542052.378	4215.819	3.55754
179935.517	542217.383	4380.056	3.56475
179935.517	542382.388	4544.347	3.57746
179935.517	542547.392	4708.689	3.59301
179935.517	542712.397	4873.076	-1000.00000
180100.662	539412.303	1575.165	4.39050
180100.662	539577.308	1738.289	4.27842
180100.662	539742.312	1901.738	4.22027
180100.662	539907.317	2065.434	4.05742
180100.662	540072.322	2229.323	3.97641
180100.662	540237.326	2393.365	3.90162
180100.662	540402.331	2557.531	3.83144
180100.662	540567.336	2721.799	3.74189
180100.662	540732.341	2886.150	3.67970
180100.662	540897.345	3050.573	3.62121
180100.662	541062.350	3215.054	3.57284
180100.662	541227.355	3379.587	3.53961
180100.662	541392.359	3544.164	3.51938
180100.662	541557.364	3708.779	3.50820
180100.662	541722.369	3873.426	3.50432
180100.662	541887.373	4038.103	3.50620
180100.662	542052.378	4202.806	3.51285
180100.662	542217.383	4367.532	3.52346
180100.662	542382.388	4532.278	3.53725
180100.662	542547.392	4697.042	3.55402
180100.662	542712.397	4861.822	3.57482
180265.806	539412.303	1557.607	4.35917
180265.806	539577.308	1722.394	4.26423
180265.806	539742.312	1887.220	4.19955
180265.806	539907.317	2052.074	4.03342



180265.806	540072.322	2216.951	3.93708
180265.806	540237.326	2381.846	3.84965
180265.806	540402.331	2546.754	3.77045
180265.806	540567.336	2711.675	3.67493
180265.806	540732.341	2876.605	3.60841
180265.806	540897.345	3041.543	3.55654
180265.806	541062.350	3206.488	3.52132
180265.806	541227.355	3371.439	3.49907
180265.806	541392.359	3536.395	3.48699
180265.806	541557.364	3701.355	3.48292
180265.806	541722.369	3866.319	3.48504
180265.806	541887.373	4031.287	3.49225
180265.806	542052.378	4196.257	3.50352
180265.806	542217.383	4361.230	3.51807
180265.806	542382.388	4526.205	3.53537
180265.806	542547.392	4691.182	3.55507
180265.806	542712.397	4856.162	3.57661
180430.951	539412.303	1557.458	4.47595
180430.951	539577.308	1722.260	4.35332
180430.951	539742.312	1887.097	4.25197
180430.951	539907.317	2051.962	4.06132
180430.951	540072.322	2216.847	3.95094
180430.951	540237.326	2381.749	3.84400
180430.951	540402.331	2546.664	3.75037
180430.951	540567.336	2711.590	3.64342
180430.951	540732.341	2876.525	3.58126
180430.951	540897.345	3041.467	3.53984
180430.951	541062.350	3206.416	3.51352
180430.951	541227.355	3371.370	3.49866
180430.951	541392.359	3536.330	3.49271
180430.951	541557.364	3701.293	3.49381
180430.951	541722.369	3866.259	3.50053
180430.951	541887.373	4031.229	3.51172
180430.951	542052.378	4196.202	3.52651
180430.951	542217.383	4361.177	3.54417
180430.951	542382.388	4526.154	3.56421
180430.951	542547.392	4691.133	3.58623
180430.951	542712.397	4856.114	3.60993
180596.095	539412.303	1574.725	4.70807
180596.095	539577.308	1737.890	4.51889
180596.095	539742.312	1901.373	4.36471
180596.095	539907.317	2065.098	4.13794
180596.095	540072.322	2229.012	4.01006
180596.095	540237.326	2393.075	3.88001
180596.095	540402.331	2557.260	3.76634
180596.095	540567.336	2721.544	3.65899
180596.095	540732.341	2885.910	3.60438
180596.095	540897.345	3050.345	3.56880
180596.095	541062.350	3214.839	3.54724
180596.095	541227.355	3379.382	3.53607
180596.095	541392.359	3543.968	3.53309
180596.095	541557.364	3708.592	3.53662
180596.095	541722.369	3873.247	3.54537
180596.095	541887.373	4037.932	3.55822
180596.095	542052.378	4202.641	3.57450
180596.095	542217.383	4367.373	3.59359
180596.095	542382.388	4532.125	3.61498
180596.095	542547.392	4696.894	3.63819
180596.095	542712.397	4861.679	3.66332
180761.240	539412.303	1608.847	5.03347
180761.240	539577.308	1768.867	4.74536
180761.240	539742.312	1929.728	4.52660
180761.240	539907.317	2091.234	4.35689
180761.240	540072.322	2253.247	4.09232
180761.240	540237.326	2415.665	3.94856
180761.240	540402.331	2578.412	3.83196
180761.240	540567.336	2741.428	3.75153

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

180761.240	540732.341	2904.670	3.67480
180761.240	540897.345	3068.099	3.64039
180761.240	541062.350	3231.689	3.62069
180761.240	541227.355	3395.416	3.61170
180761.240	541392.359	3559.261	3.61049
180761.240	541557.364	3723.208	3.61540
180761.240	541722.369	3887.245	3.62527
180761.240	541887.373	4051.360	3.63912
180761.240	542052.378	4215.545	3.65617
180761.240	542217.383	4379.792	3.67585
180761.240	542382.388	4544.093	3.69803
180761.240	542547.392	4708.444	3.72095
180761.240	542712.397	4872.838	3.74440