



# 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>                   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 1+573 (ASSE C) – RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>CS0525_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 2	F 0
--------	-------------	---	-----	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----


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





		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE


INDICE.....	3
PREMESSA.....	8
1 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	10
2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	11
3 PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA .....	12
4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	13
4.1 CALCESTRUZZO PER MANUFATTI IDRAULICI.....	13
4.2 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI OPERE D'IMBOCCO (GETTI IN OPERA).....	14
4.3 CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONI OPERE D'IMBOCCO (GETTI IN OPERA).....	15
4.4 MISCELA CEMENTIZIA PER MICROPALI.....	16
4.5 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO .....	17
4.6 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA PER MICROPALI.....	17
4.7 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA PER CONTRASTI.....	18
5 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA E DEL LUOGO .....	19
5.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA.....	21
5.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	23
5.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITÀ.....	55
5.3.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....	55
5.3.2 PARAMETRI SISMICI DI BASE.....	56
5.3.3 STATI LIMITE DI RIFERIMENTO .....	56
5.3.4 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE .....	56
5.3.4.1 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA .....	57
5.3.4.2 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	58
5.3.5 PARAMETRI PER LE VERIFICHE DI STABILITÀ DEL PENDIO.....	58
6 METODO DI CALCOLO A FESSURAZIONE.....	59
6.1 VALUTAZIONE DELLA DISTANZA MEDIA TRA LE FESSURE .....	60
6.2 VALUTAZIONE DELLA DEFORMAZIONE MEDIA DELLE BARRE DI ARMATURE .....	61
6.3 VALUTAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE (VALORE MEDIO E VALORE DI CALCOLO).....	62
6.4 DESCRIZIONE INPUT E OUTPUT DEL PROGRAMMA DI CALCOLO .....	63
7 FASI COSTRUTTIVE .....	64

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011


7.1	REALIZZAZIONE DEL PROLUNGAMENTO A MONTE.....	64
7.2	REALIZZAZIONE DEL PROLUNGAMENTO A VALLE .....	64
8	ANALISI MANUFATTO D'IMBOCCO .....	66
8.1	ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE .....	66
8.1.1	SCHEMA STATICO .....	66
8.1.2	ANALISI DEI CARICHI.....	67
8.1.3	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	68
8.2	VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO .....	69
8.3	VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE.....	71
8.3.1	COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI .....	71
8.3.2	COMBINAZIONI FREQUENTI .....	73
8.4	VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO.....	75
8.4.1	FLESSIONE .....	75
8.4.2	TAGLIO .....	77
9	ANALISI POZZETTO DI CADUTA 1 .....	81
9.1	ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE .....	81
9.1.1	SCHEMA STATICO .....	81
9.1.2	ANALISI DEI CARICHI.....	82
9.1.3	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	83
9.2	VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO .....	84
9.3	VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE.....	86
9.3.1	COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI .....	86
9.3.2	COMBINAZIONI FREQUENTI .....	88
9.4	VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO.....	90
9.4.1	FLESSIONE .....	90
9.4.2	TAGLIO .....	91
10	ANALISI POZZETTO DI CADUTA 2.....	93
10.1	ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE .....	93
10.1.1	SCHEMA STATICO .....	93
10.1.2	ANALISI DEI CARICHI.....	94
10.1.3	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	95
10.2	VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO .....	96
10.3	VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE.....	98

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



10.3.1	COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI .....	98
10.3.2	COMBINAZIONI FREQUENTI .....	100
10.4	VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO.....	102
10.4.1	FLESSIONE .....	102
10.4.2	TAGLIO .....	104
11	ANALISI POZZETTO DI CADUTA 3.....	106
11.1	ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE .....	106
11.1.1	SCHEMA STATICO .....	106
11.1.2	ANALISI DEI CARICHI.....	107
11.1.3	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	108
11.2	VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO .....	109
11.3	VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE.....	111
11.3.1	COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI .....	111
11.3.2	COMBINAZIONI FREQUENTI .....	113
11.4	VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO.....	115
11.4.1	FLESSIONE .....	115
11.4.2	TAGLIO .....	117
11.5	ANALISI SOLETTA SUPERIORE .....	119
11.5.1	ANALISI DEI CARICHI.....	119
11.5.2	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	120
11.6	VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO .....	122
11.7	VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE.....	124
11.7.1	COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI .....	124
11.7.2	COMBINAZIONI FREQUENTI .....	126
11.8	VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO.....	128
11.8.1	FLESSIONE .....	128
11.8.2	TAGLIO .....	130
12	ANALISI MURO DI SOSTEGNO .....	132
12.1	ANALISI DEI CARICHI.....	132
12.1.1	PESO PROPRIO.....	132
12.1.2	SPINTA DELLE TERRE.....	132
12.1.3	SOVRACCARICO PERMANENTE .....	133
12.2	COMBINAZIONI DI CARICO.....	133

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.3	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	134
12.3.1	SOLLECITAZIONI A LIVELLO INTRADOSSO FONDAZIONE .....	134
12.3.2	VERIFICHE A RIBALTAMENTO .....	135
12.3.3	VERIFICHE A SCIVOLAMENTO .....	135
12.3.4	VERIFICHE DI CAPACITÀ PORTANTE DELLA FONDAZIONE .....	136
12.3.5	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE MURO-TERRENO .....	140
12.4	VERIFICHE DELL'ELEVAZIONE .....	142
12.4.1	RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI DI VERIFICA .....	142
12.4.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO .....	143
12.4.3	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE .....	144
12.4.4	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE .....	145
12.4.5	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO .....	147
12.5	VERIFICHE DELLA FONDAZIONE .....	148
12.5.1	RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI DI VERIFICA MENSOLA SNELLA .....	149
12.5.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO .....	150
12.5.3	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE .....	151
12.5.4	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE .....	152
12.5.5	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO .....	154
12.6	VERIFICA MENSOLA TOZZA .....	156
13	ANALISI DELLE PARATIE PROVVISORIE .....	157
13.1	CARATTERISTICHE DI CALCOLO .....	157
13.2	STRATIGRAFIA DI PROGETTO .....	159
13.3	PARAMETRI DI SPINTA .....	159
13.4	PARATIA H=4.50M .....	161
13.4.1	GEOMETRIA E FASI DI REALIZZAZIONE .....	161
13.4.2	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	163
13.4.3	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE PARATIA-TERRENO .....	165
13.4.4	RISULTATI DELLE ANALISI .....	165
13.4.4.1	DIAGRAMMI DEL MOMENTO FLETTENTE .....	166
13.4.4.2	DIAGRAMMI DEL TAGLIO .....	167
13.4.4.3	STORIA DI CARICO DEI CONTRASTI .....	168
13.4.4.4	DIAGRAMMA DELLE DEFORMAZIONI .....	169
13.4.5	VERIFICHE DEI MICROPALI .....	170

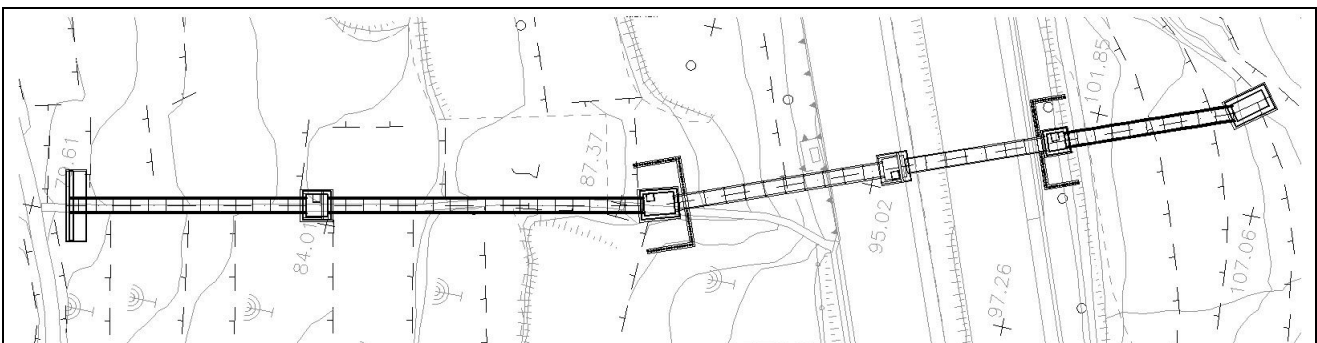
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13.4.6	VERIFICHE DEI CONTRASTI .....	171
13.5	PARATIA H=6.50M .....	173
13.5.1	GEOMETRIA E FASI DI REALIZZAZIONE .....	173
13.5.2	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	175
13.5.3	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE PARATIA-TERRENO .....	177
13.5.4	RISULTATI DELLE ANALISI.....	178
13.5.4.1	DIAGRAMMI DEL MOMENTO FLETTENTE .....	179
13.5.4.2	DIAGRAMMI DEL TAGLIO .....	180
13.5.4.3	STORIA DI CARICO DEI CONTRASTI .....	181
13.5.4.4	DIAGRAMMA DELLE DEFORMAZIONI.....	182
13.5.5	VERIFICHE DEI MICROPALI .....	183
13.5.6	VERIFICHE DEI CONTRASTI .....	184
14	TABULATI INPUT PARATIE.....	186
14.1	PARATIA DA 4.50m .....	186
14.2	PARATIA DA 6.50m .....	204
15	TABULATI SLIDE .....	212
15.1	MURO DI SOSTEGNO - FASE STATICA.....	212
15.1.1	INPUT .....	212
15.1.2	OUTPUT.....	214
15.2	MURO DI SOSTEGNO - FASE SISMICA .....	222
15.2.1	INPUT .....	222
15.2.2	OUTPUT.....	224
15.3	PARATIA PROVVISORIA .....	232
15.3.1	INPUT .....	232
15.3.2	OUTPUT.....	234

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 1+573.29 (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**

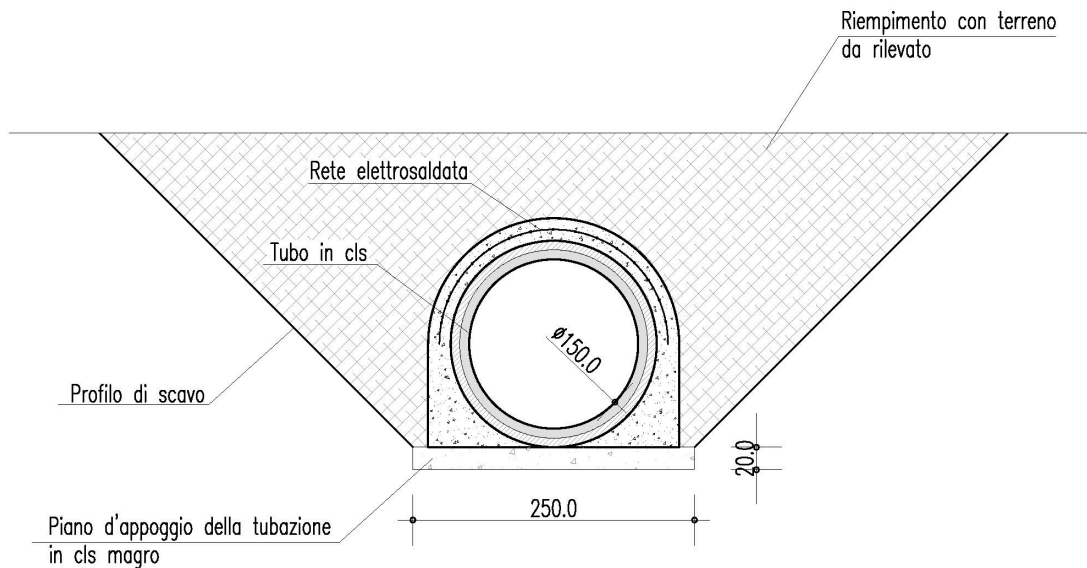
Si tratta di una struttura costituita dall'insieme di moduli circolari in cemento vibrocompresso armato di diametro interno pari a 1500 mm.

A valle dell'opera vi è un muro di sostegno con altezza variabile tra 1.50 m a 4.80 m, ciabatta di fondazione di lunghezza pari a 4.40 m con un dente anteriore pari a 0.30 m. Lo spessore dell'elevazione è pari a 0.60 m mentre quello della fondazione è pari a 0.70 m.

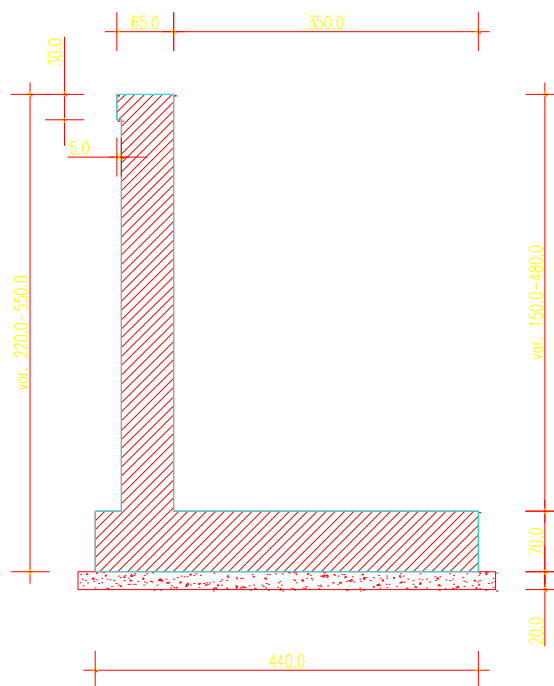


		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nelle illustrazioni seguenti si riportano le sezioni trasversali:





**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>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

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

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

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

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

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

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 <sub>ck</sub> = - = 30 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratt. a compressione cilindr.		f <sub>ck</sub> = - = 25 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione cilindr.		f <sub>cm</sub> = f <sub>ck</sub> +8 = 32.90 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico		E <sub>c</sub> = 22000 (f <sub>cm</sub> /10) <sup>0.3</sup> = 31447 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione semplice		f <sub>ctm</sub> = 0.3 f <sub>ck</sub> <sup>2/3</sup> = 2.56 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione caratt. (frattile 5%)		f <sub>ctk</sub> = 0.7 f <sub>ctm</sub> = 1.79 N/mm <sup>2</sup>

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

Coeff. parziale di sicurezza		α <sub>c</sub> = - = 1.50 -
Coeff. riduttivo per resist. di lunga durata		α <sub>cc</sub> = - = 0.85 -
Resistenza a compressione di calcolo		f <sub>cd</sub> = α <sub>cc</sub> f <sub>ck</sub> /α <sub>c</sub> = 14.11 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo		f <sub>ctd</sub> = f <sub>ctk</sub> /α <sub>c</sub> = 1.19 N/mm <sup>2</sup>

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

Massima compressione (Comb. Rara)		α <sub>c</sub> = 0.60 f <sub>ck</sub> = 14.94 N/mm <sup>2</sup>
Massima compressione (Comb. Q.P.)		α <sub>c</sub> = 0.45 f <sub>ck</sub> = 11.21 N/mm <sup>2</sup>



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

#### 4.5 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 □

##### **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	$\alpha_s = -$	$= 1.15$	-
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk}/\alpha_s$	$= 391.30$	$N/mm^2$

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

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

#### 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 ( $t \geq 40mm$ )	$f_{tk} = -$	$= 510.00$	$N/mm^2$
Tensione caratt. di snervamento ( $t \geq 40mm$ )	$f_{yk} = -$	$= 355.00$	$N/mm^2$

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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>40</sub> mm)	f <sub>tk</sub>	= -	= 430.00 N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratt. di snervamento (t <sub>40</sub> mm)	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>

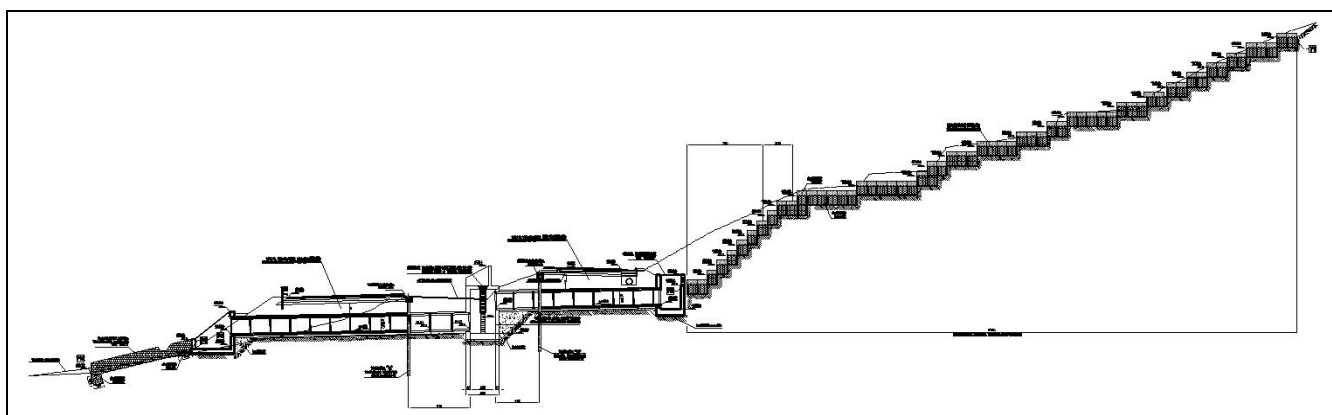
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 5 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA E DEL LUOGO

L'opera in progetto consiste nell'adeguamento di un esistente tombino idraulico circolare  $\square 1500\text{mm}$  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 1+573.29), mentre il prolungamento a monte con la progressiva dell'asse Rampa A in progetto (km 2+203.98).

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 con un gabbione esistente;
- b) Un tombino circolare  $\square 1500\text{mm}$  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  $\square 1500\text{mm}$  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.



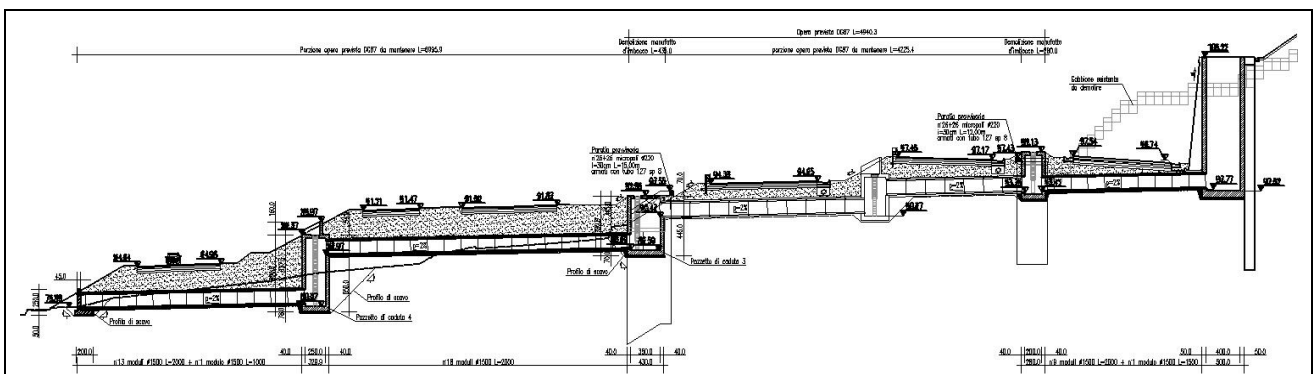
**Profilo - Stato di fatto**

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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 gabbione a monte e realizzazione di un pozzetto di caduta in c.a. gettato in opera di dimensioni interne in pianta 200x200cm;
- Posa in opera del nuovo tratto del tombino per garantire la continuità idraulica sotto la Rampa A in progetto: il tombino viene realizzato con 10 elementi prefabbricati circolari x1500mm (n°9 elementi L=2.00m + n°1 elemento L=1.50m) e posato in opera con una pendenza longitudinale del 2%; 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;
- Realizzazione di un manufatto d'imbocco in c.a. gettato in opera (a monte del nuovo tratto di tombino circolare) di dimensioni interne in pianta 400x200cm.

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 18.50m: si compone di 26+26 micropali x220mm (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-G-H 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 350x250cm;
- Posa in opera del nuovo tratto del tombino per garantire la continuità idraulica sotto le Rampe C e H in progetto: il tombino viene realizzato con 18 elementi prefabbricati circolari x1500mm (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


		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

250x250cm, ubicato tra le carreggiate delle Rampe H e G;

- ▣ Posa in opera del nuovo tratto del tombino per garantire la continuità idraulica sotto la Rampa G in progetto: il tombino viene realizzato con 14 elementi prefabbricati circolari x1500mm (n°13 elementi L=2.00m + n°1 elemento L=1.00m) e posato in opera con una pendenza longitudinale del 2%;
- ▣ Realizzazione di un muro in c.a. per il sostegno del rilevato della Rampa G: la sezione trasversale del muro si compone di un'elevazione di dimensioni variabili da 150cm a 480cm e spessore 60cm e di una ciabatta di fondazione di dimensioni 440x70cm; il suo sviluppo in pianta risulta pari a 10.00m.

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 21.50m: si compone di 31+31 micropali x220mm (interasse=30cm, lunghezza=15 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 (4.45m), 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 graniotoidi 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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  $\rho_s$  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  $C_{sg}=0.95$ .
- ▣  $\rho_d$  : si può stimare un valore medio di  $\rho_d$  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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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:

$c_p' = 0 \text{ kPa}$  = 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

$c_r' = 0 \text{ kPa}$  = 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 Vs 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 Vs 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:

$$G_0 = 20 z^{0.85}$$

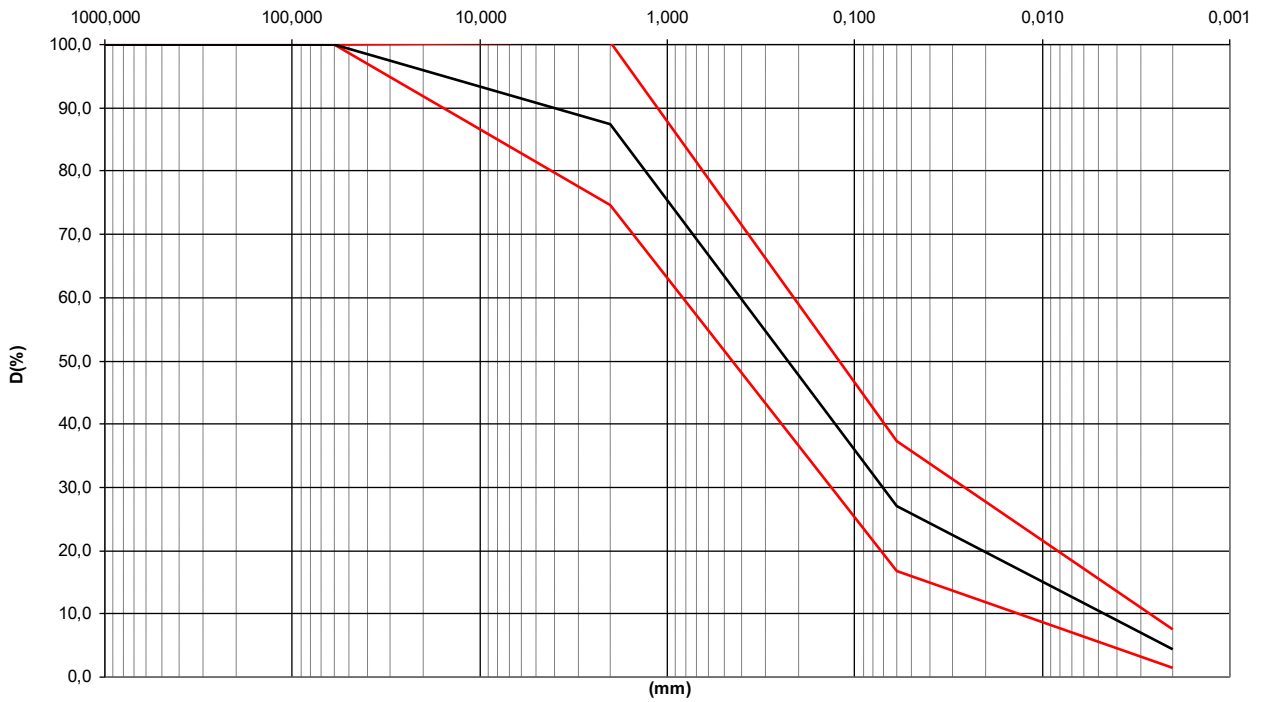
$$E_0 = 48 z^{0.85}$$

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

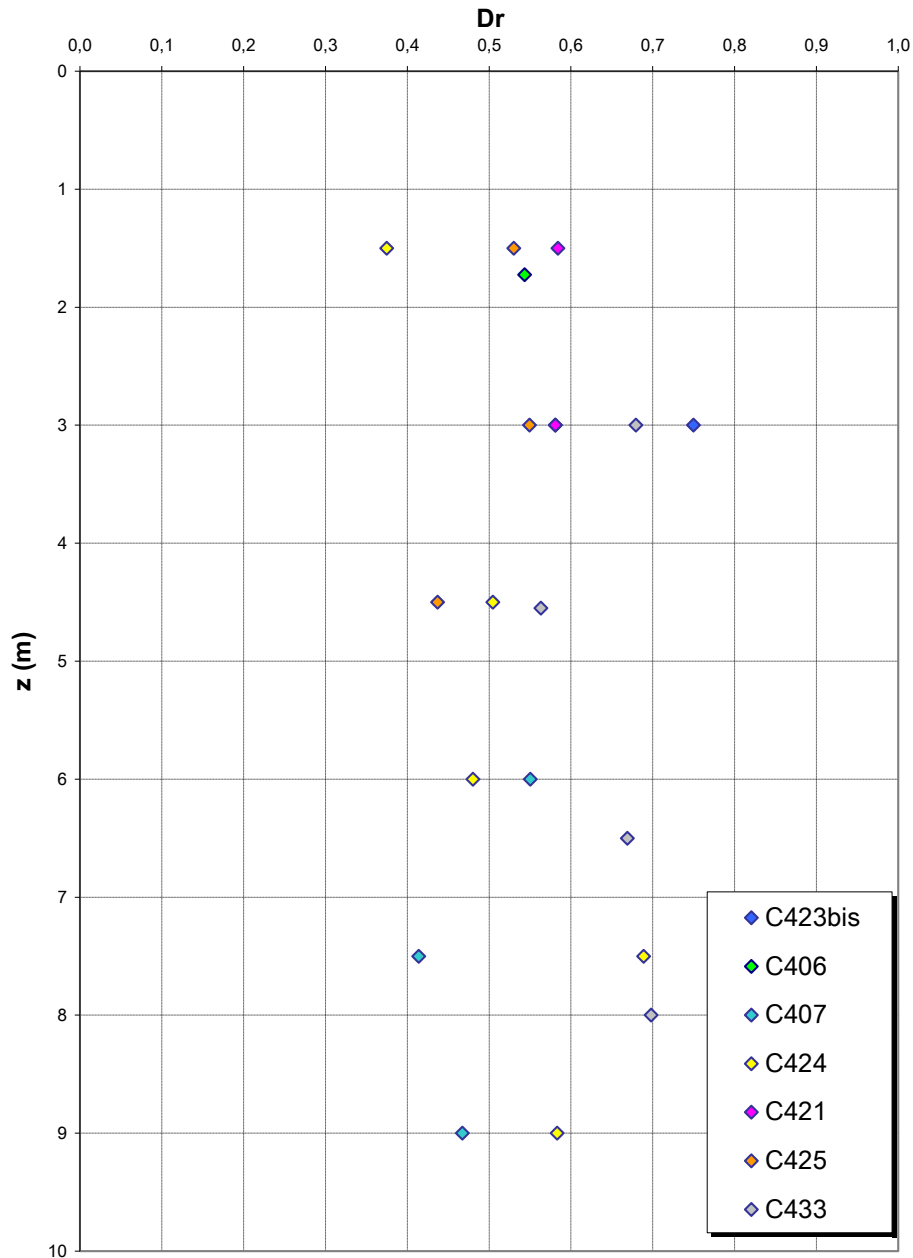
$$E = (6 \div 16) z^{0.85}$$

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

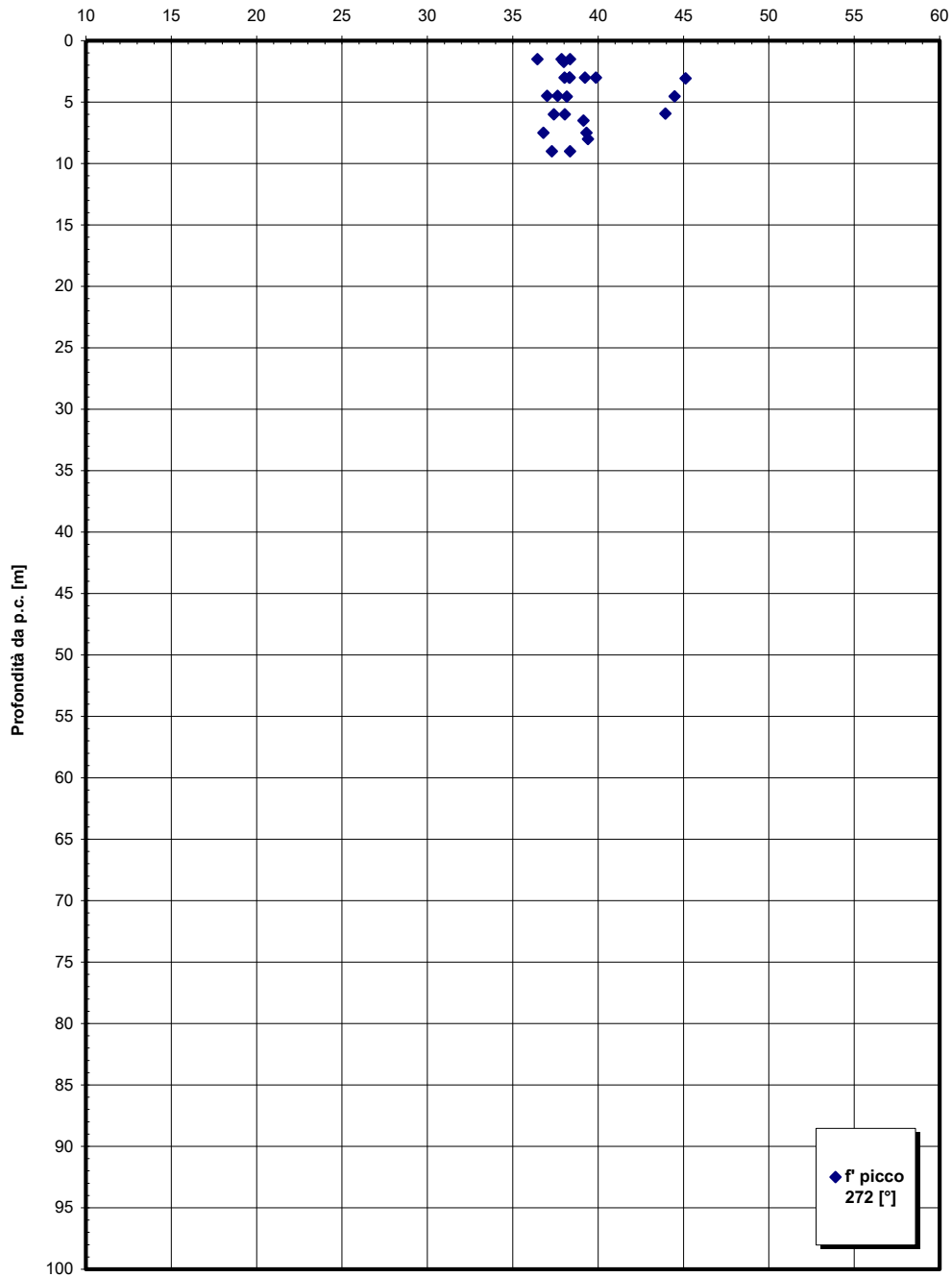
**Depositi di versante**

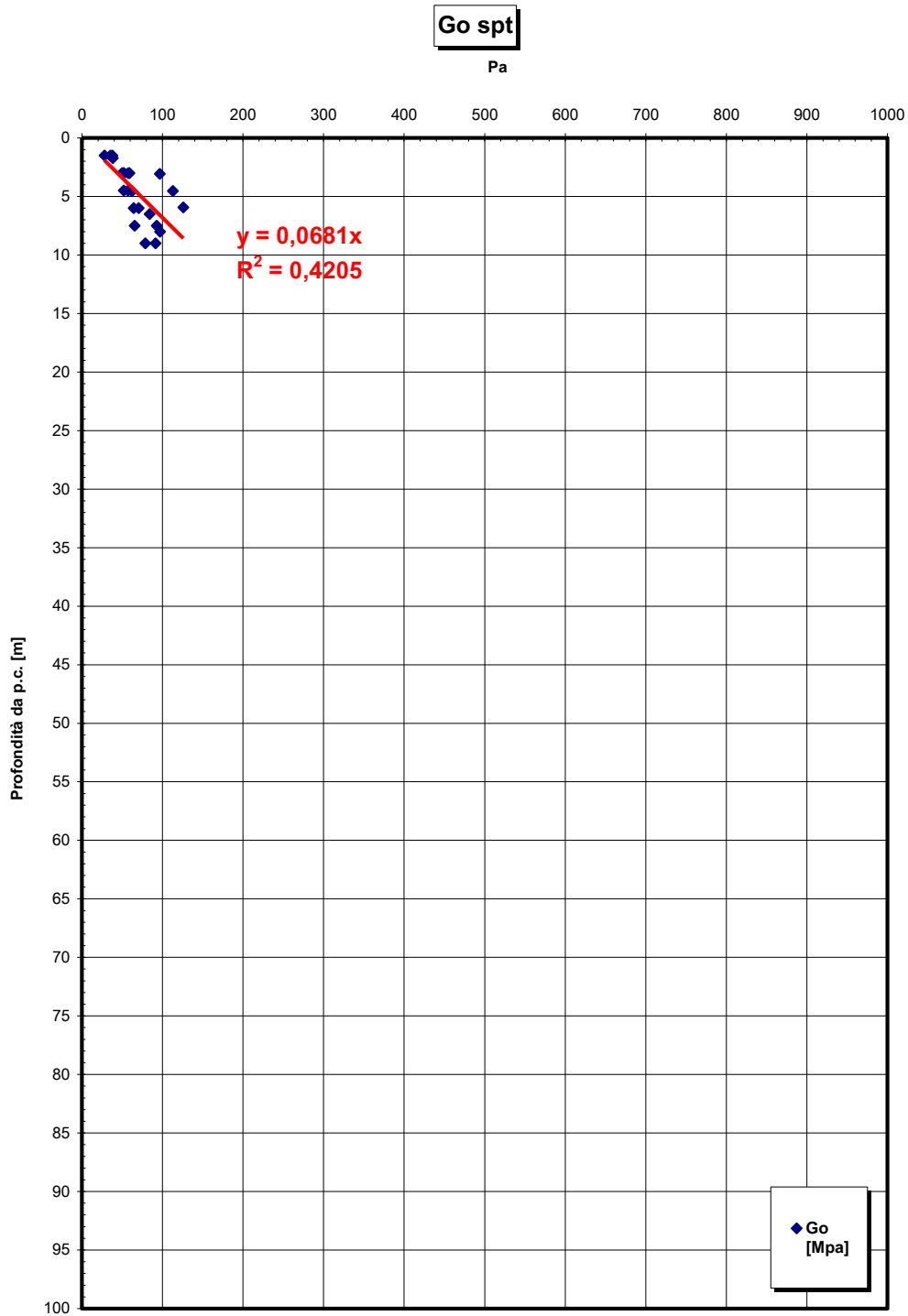


**Dr Skempton (1986)**  
**Componente sabbiosa prevalente**  
**DEPOSITI DI VERSANTE**

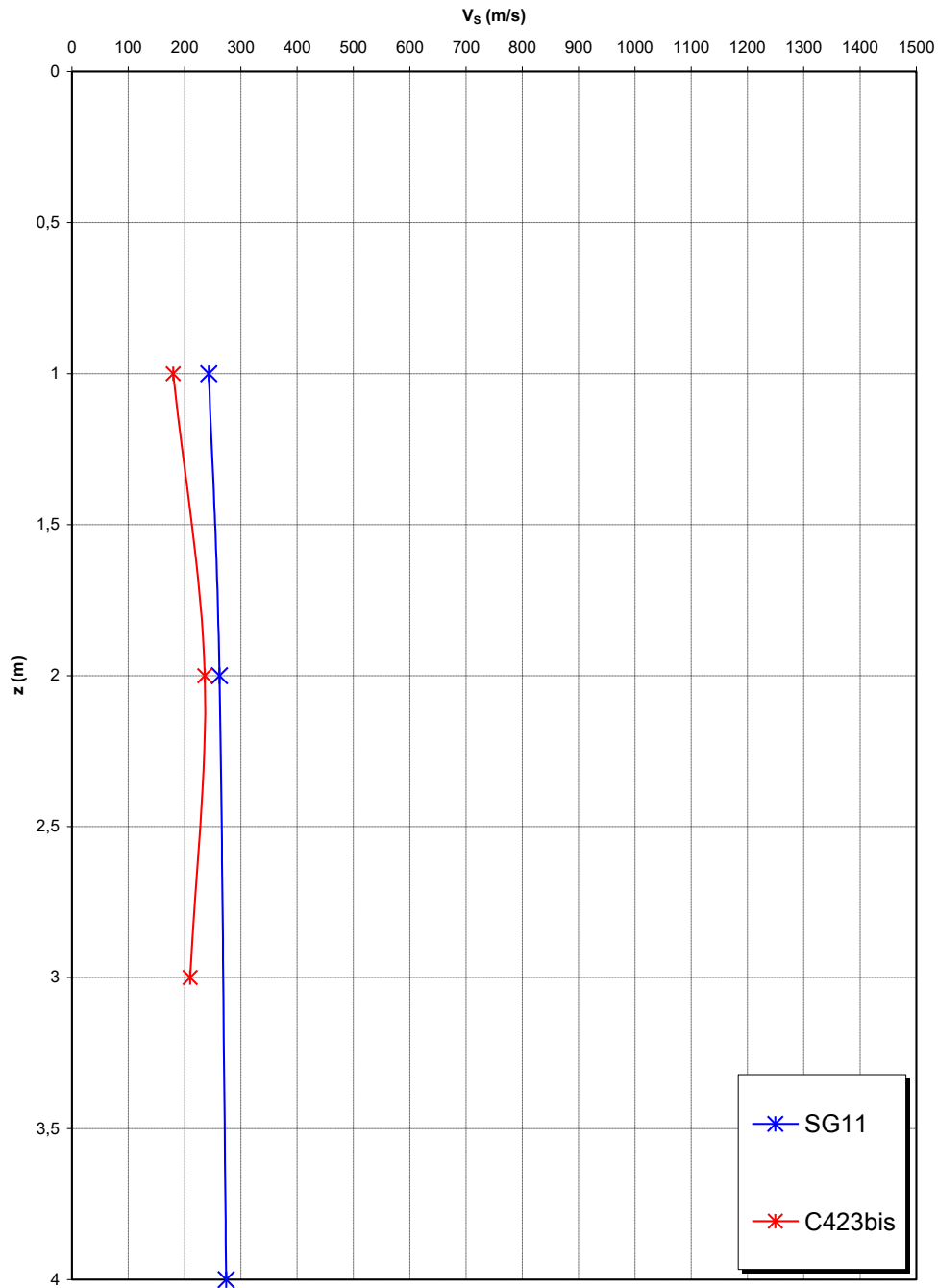


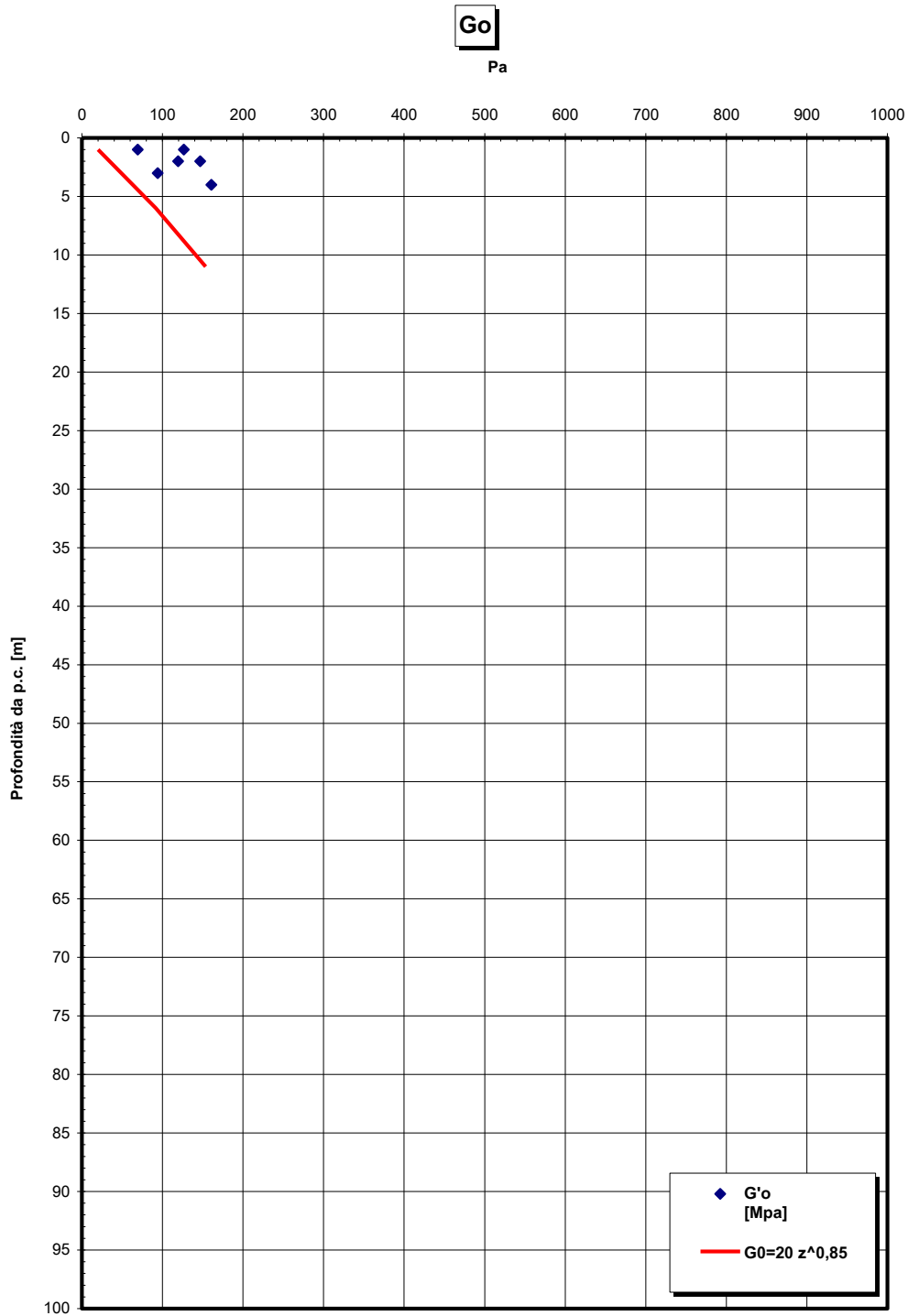
' picco



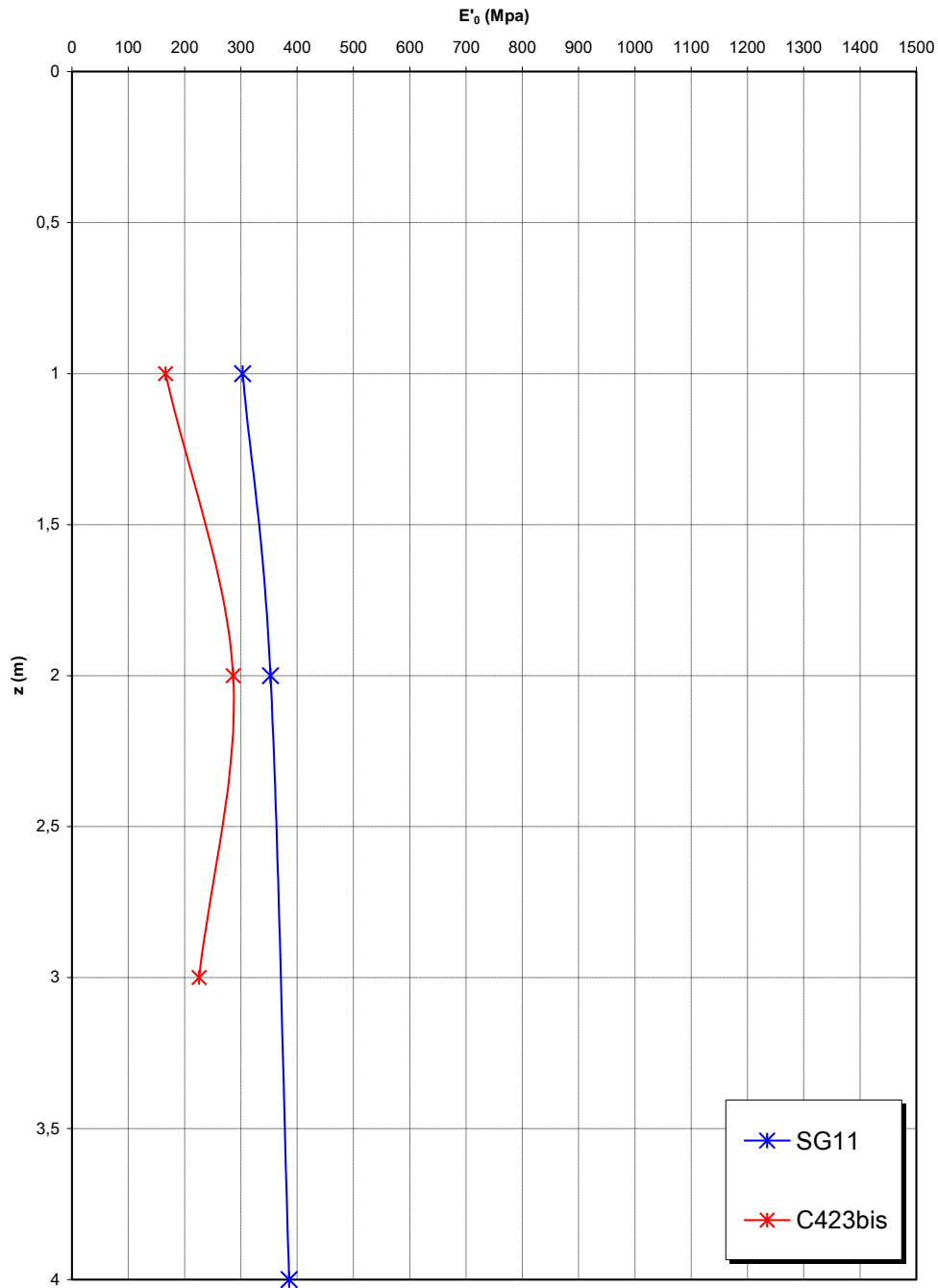


**Prove sismiche  
DEPOSITI DI VERSANTE**







**Prove sismiche  
DEPOSITI DI VERSANTE**





		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

### **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  $\rho_s$  è risultato pari a circa 26.5 kN/m<sup>3</sup>.

Da letteratura si hanno a disposizione i valori di  $\rho_{dmax}$  e  $\rho_{dmin}$  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.
- ▣  **$\rho_d$ :** in base ai valori di  $e_o$  da  $\rho_s$  si può stimare  $\rho$ , riportato nel grafico.
- ▣  **$K_0$ :** si considera la relazione di Jaky.


<b>Dr(%)</b> <b>Prevalente sabbiosa</b>	<b>Dr(%)</b> <b>Sabbie e ghiaie</b>	<b><math>\rho_d(KN/m3)</math></b>	<b><math>K_0</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>\rho'_p</math> (pff=0-272KPa) (°)</b>	<b><math>\rho'_p</math> (pff=-272-350KPa) (°)</b>	<b><math>\rho'_{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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0

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

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

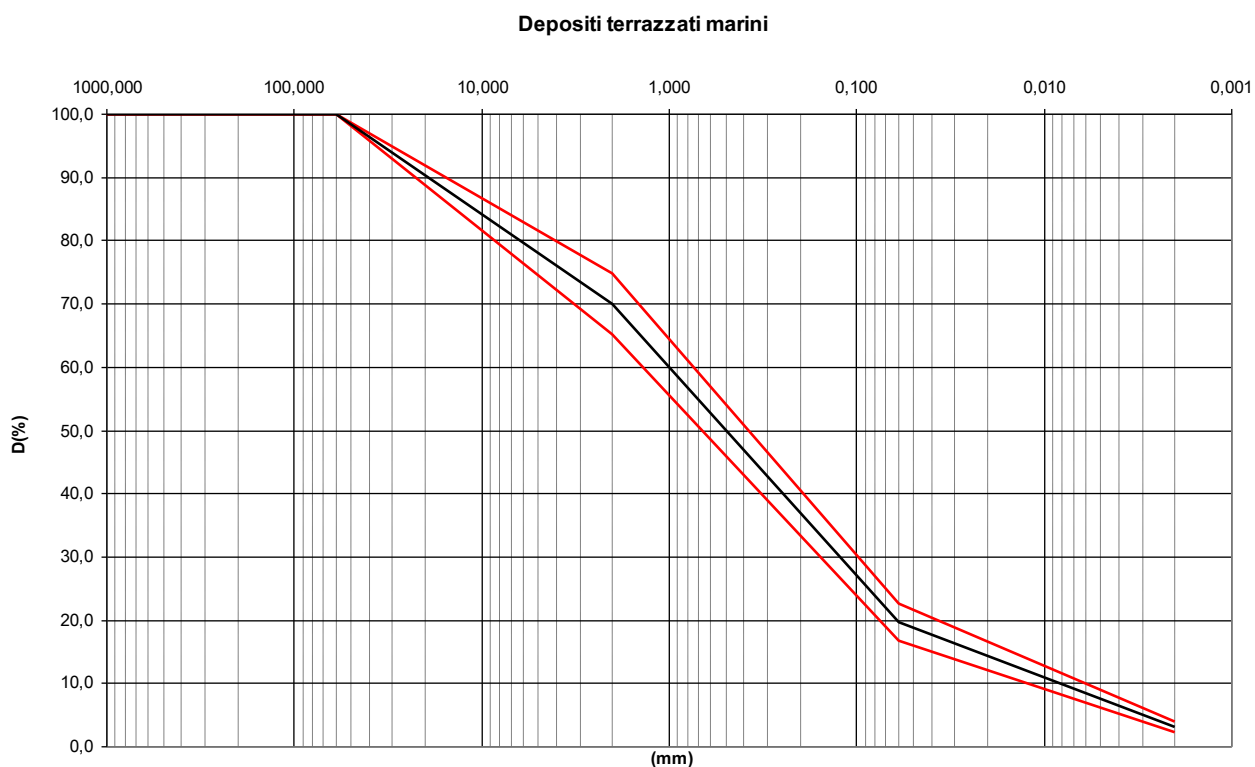
Dalle prove di laboratorio su campioni rimaneggiati si ottiene per l'angolo di attrito un valore di  $30^\circ - 35^\circ$ .

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

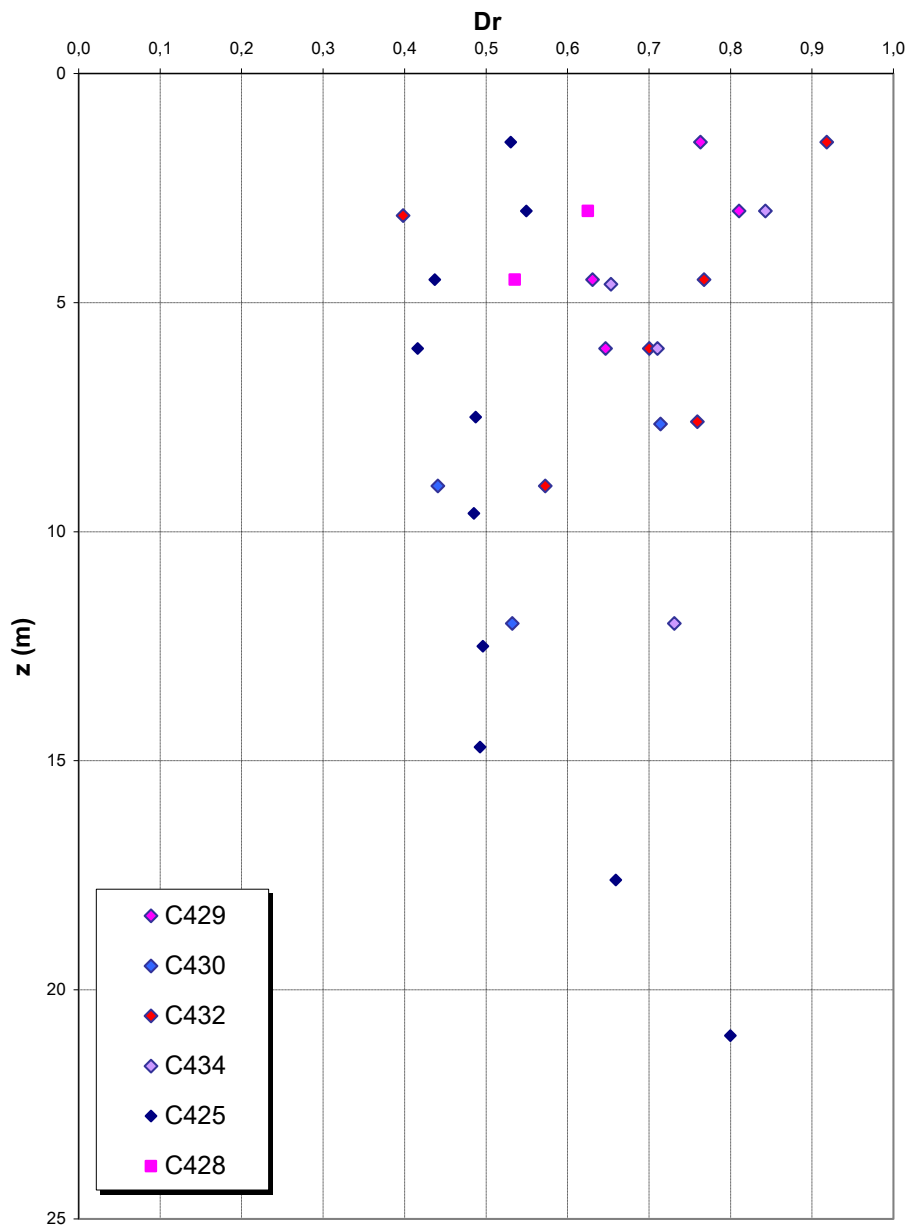
z(m)	G0(MPa)	E0(MPa)	E'(MPa)
0-10	100-250	240-600	32-80 / 80-200

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.

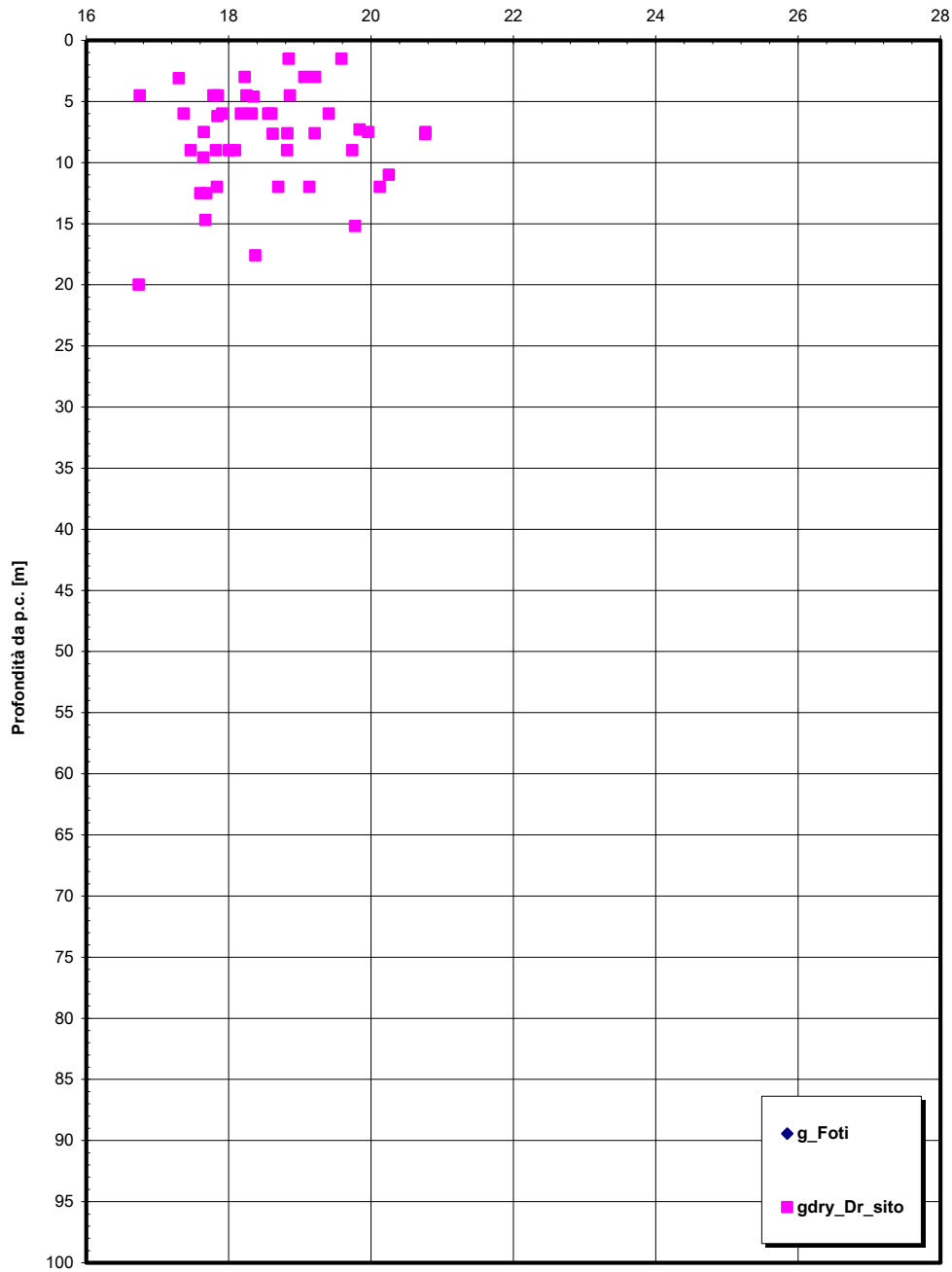


**Dr Skempton (1986)**  
**Componente sabbiosa prevalente**  
**DEPOSITI TERRAZZATI MARINI**  
**- Rampa F -**

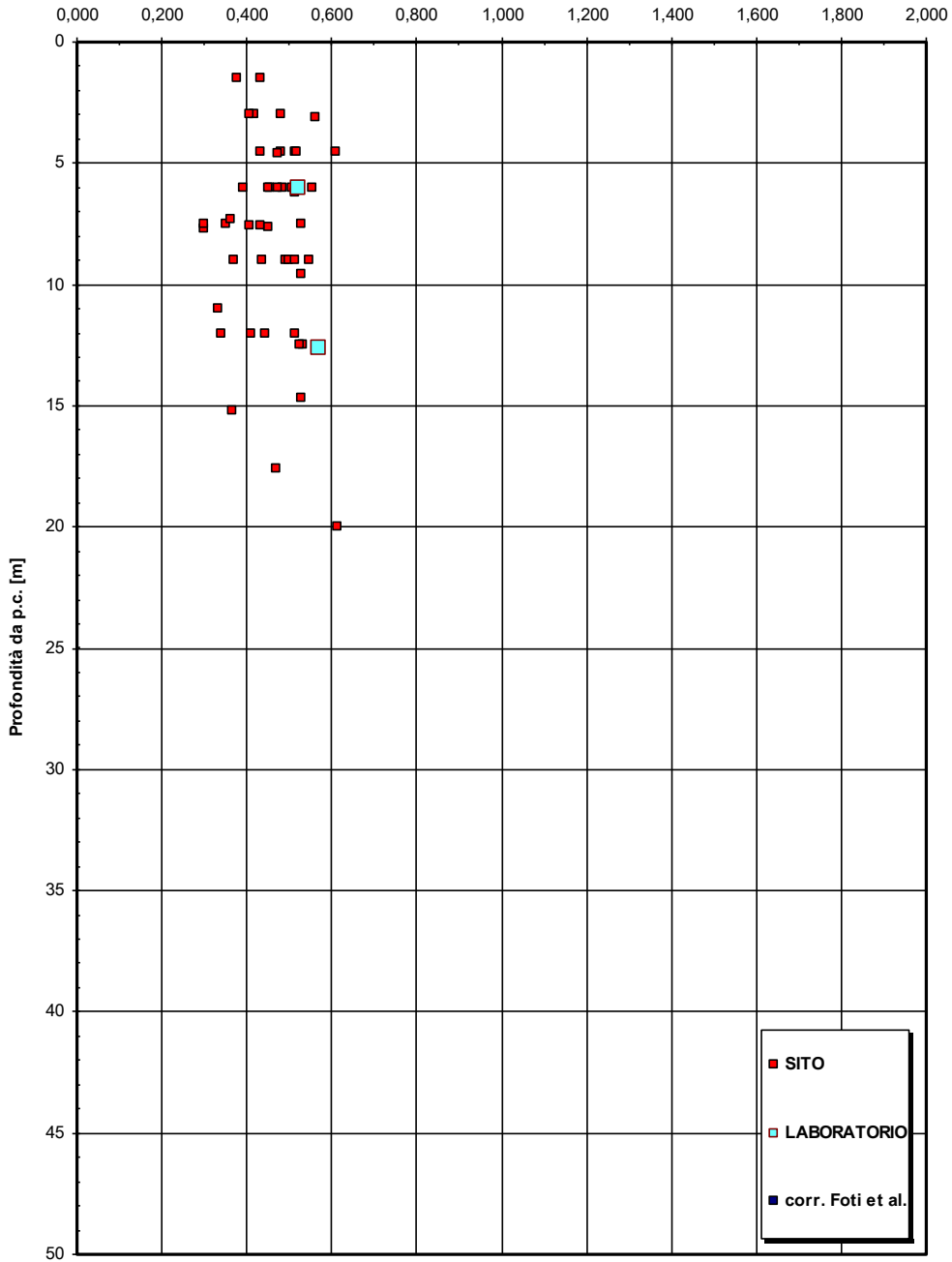


**Ramo F**

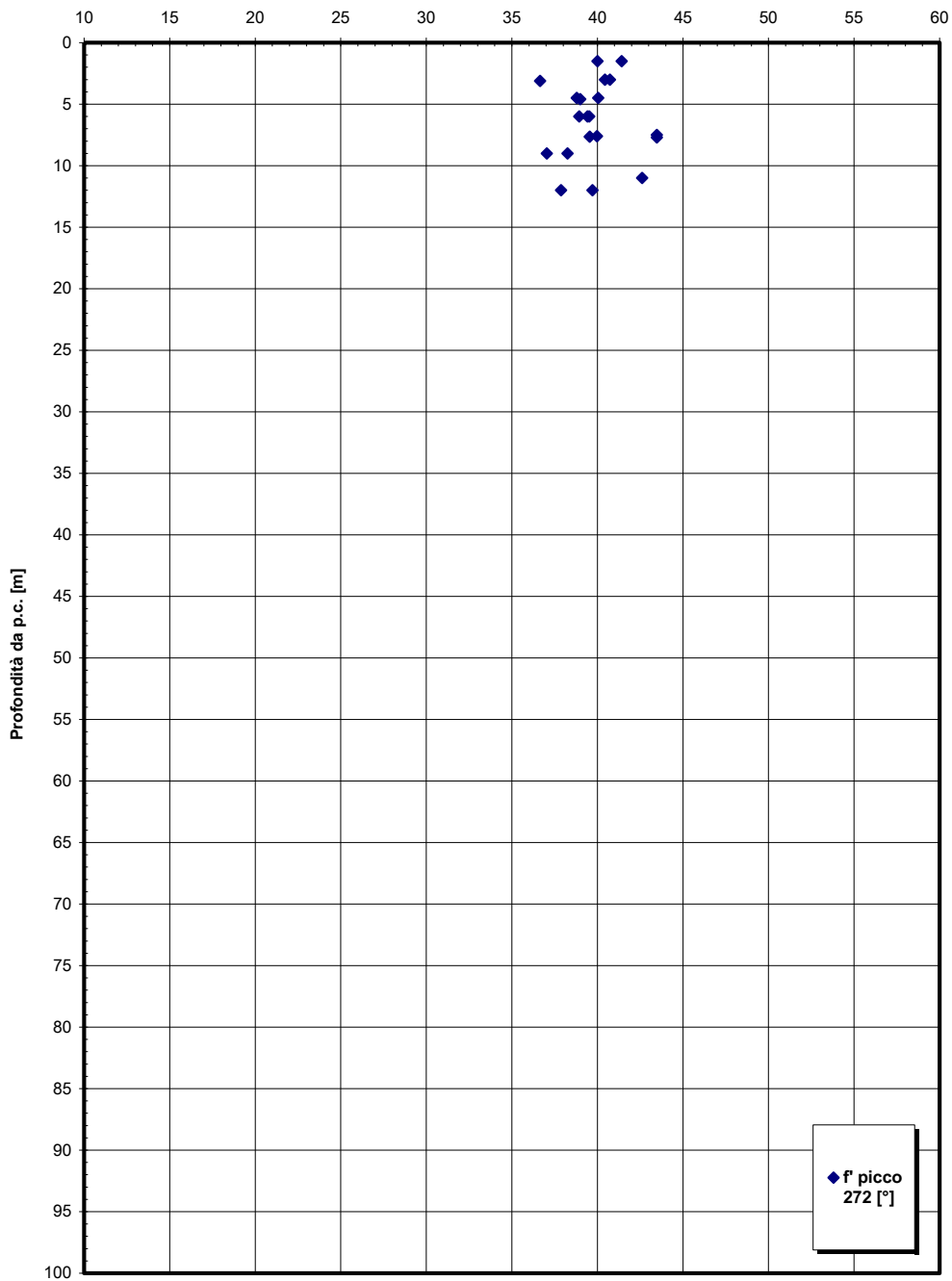
(KN/m3)

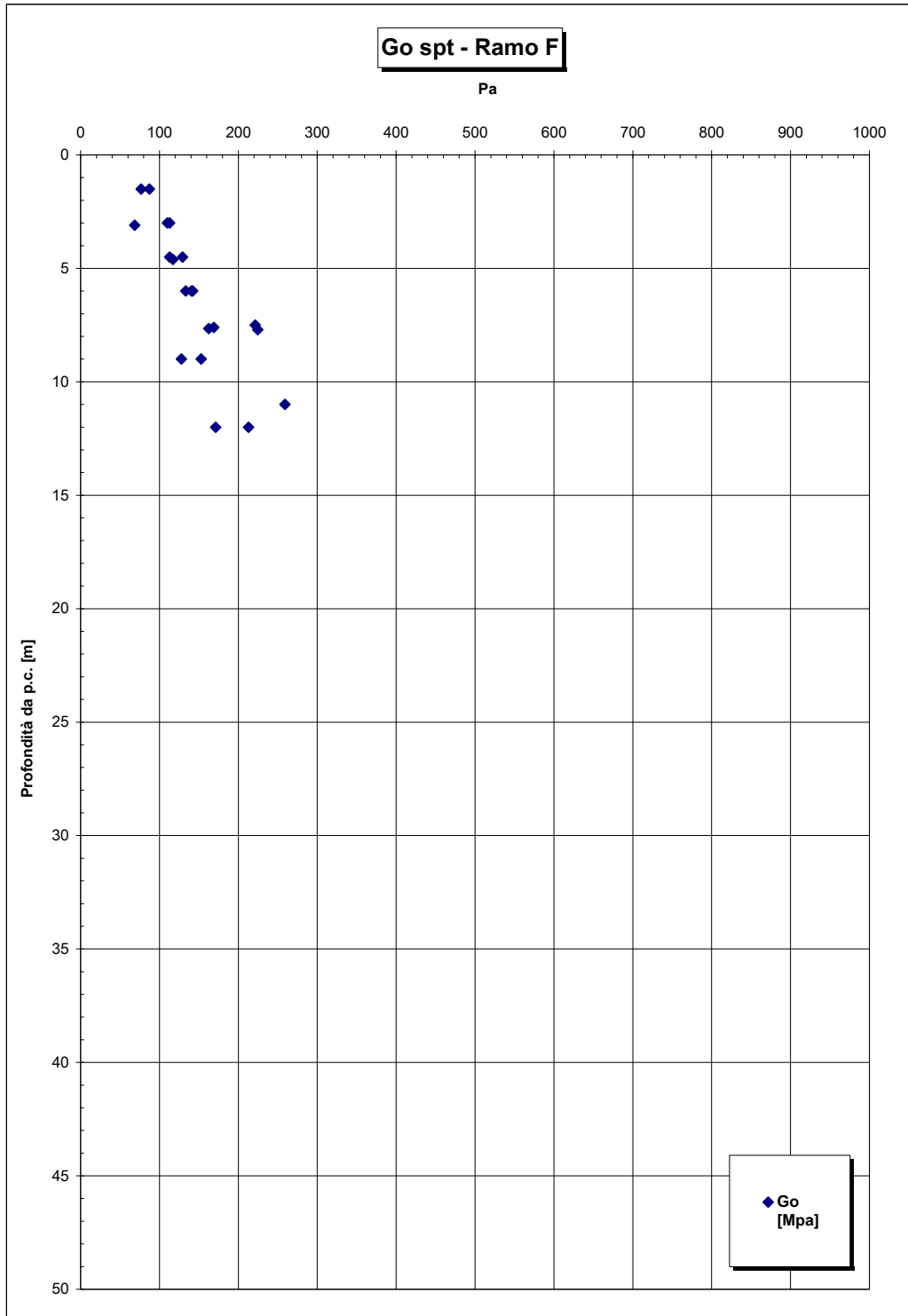


**e Ramo F**

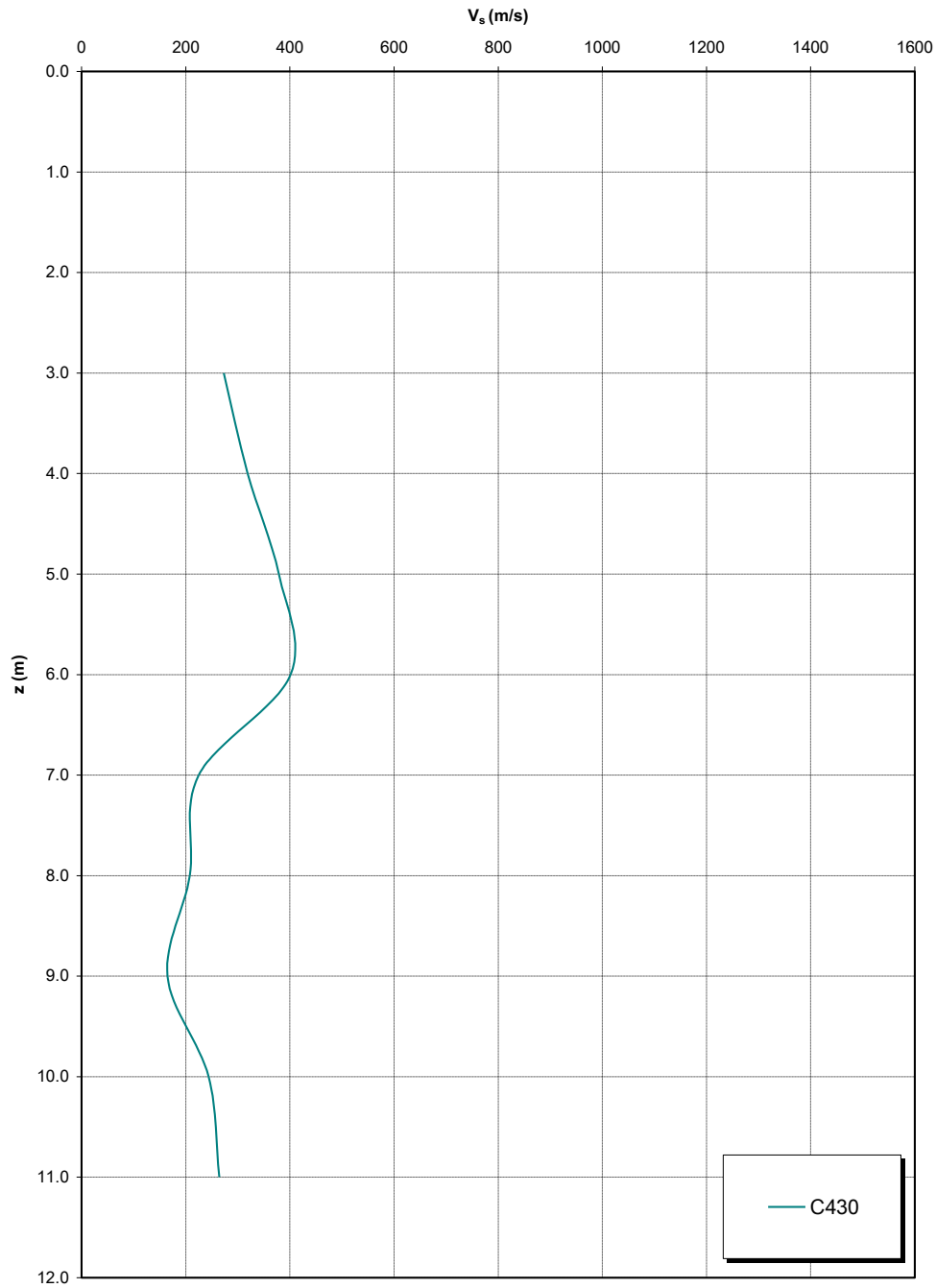


**' picco - Ramo F**



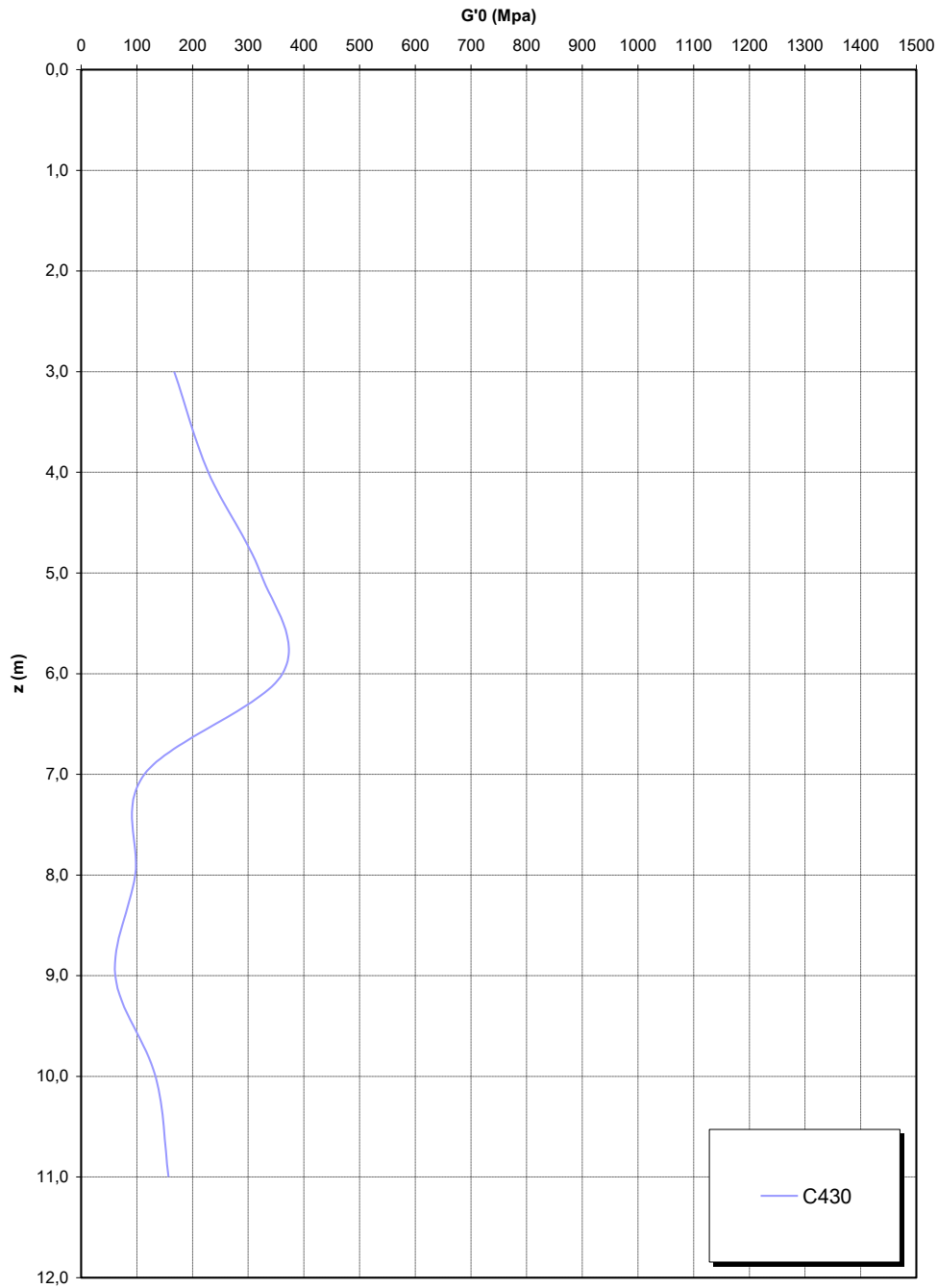




Prove sismiche  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Rampa F -





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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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  $\rho$  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)	$\phi'$ (°)	c' (MPa)	$\phi'$ (°)
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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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)	$\phi'$ (°)	c' (MPa)	$\phi'$ (°)
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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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

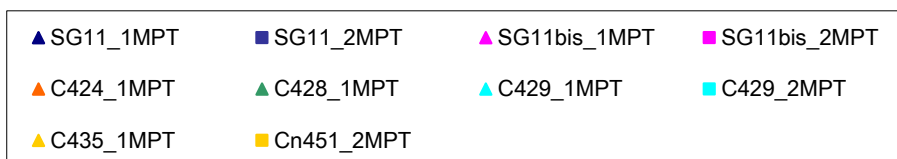
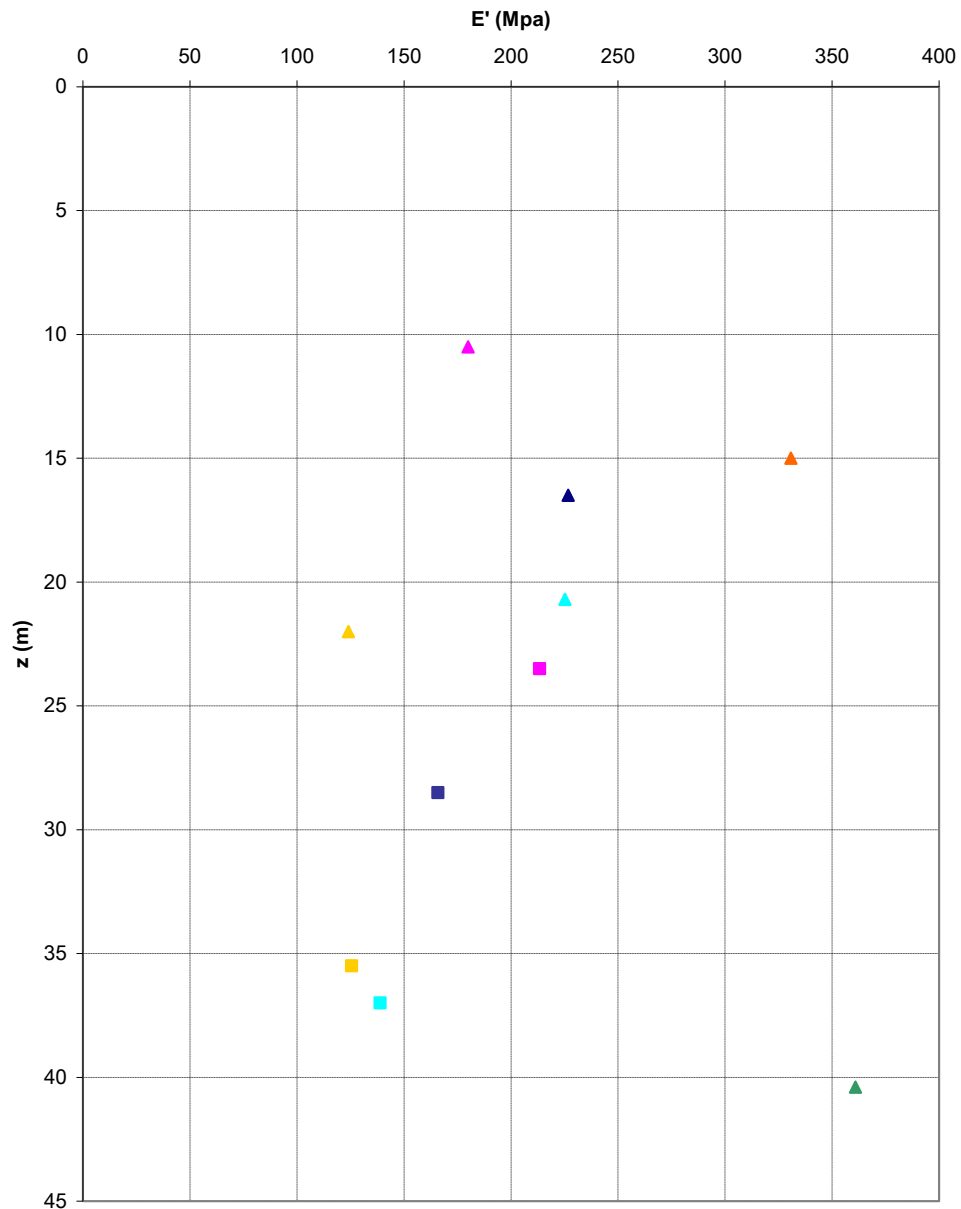
$E'=1000 \div 1500$  Mpa per profondità maggiori

### Riepilogo caratteristiche fisiche plutoniti

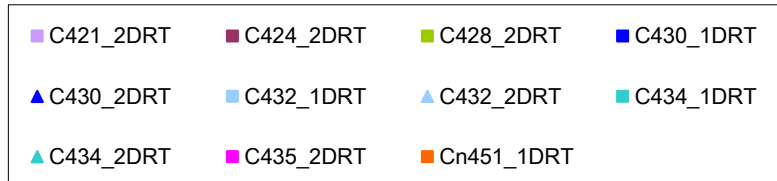
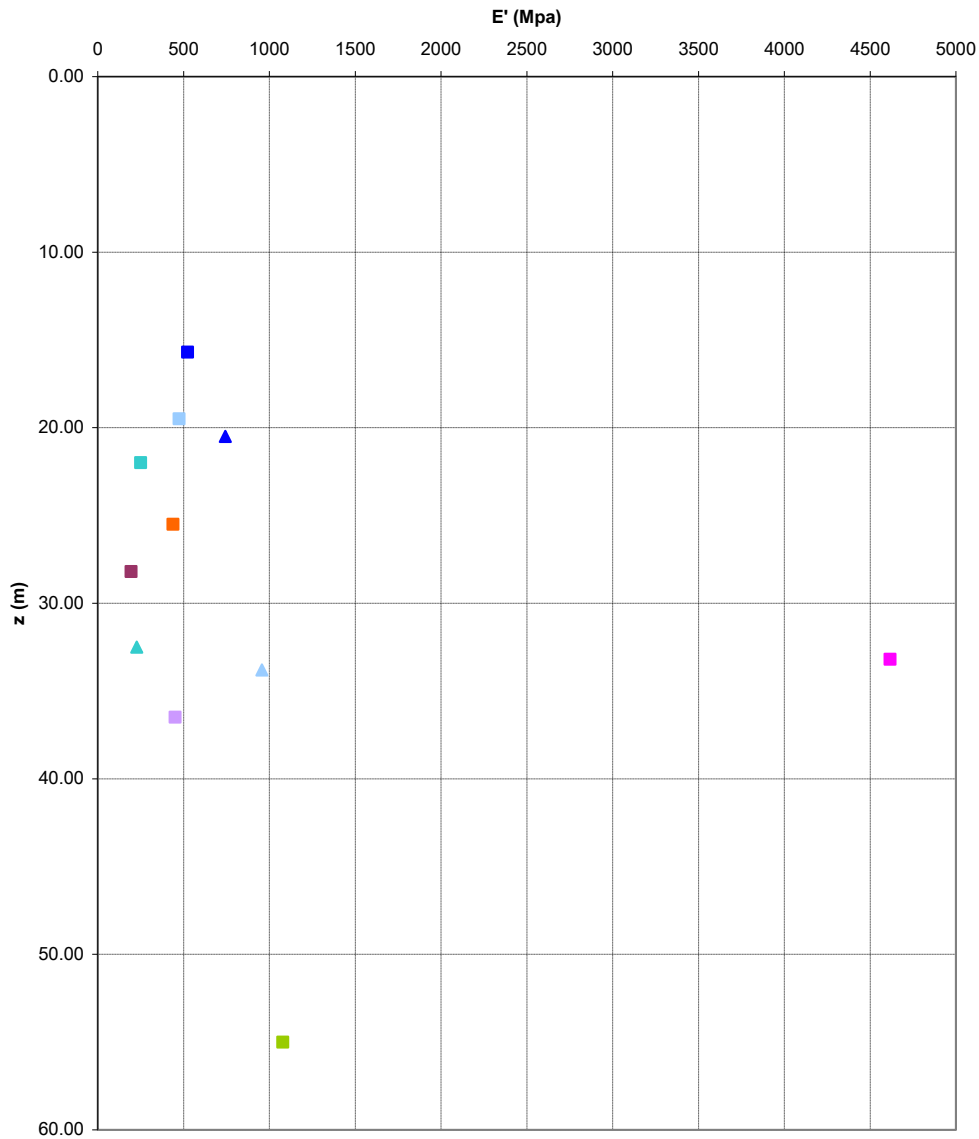
SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	(kN/m <sup>3</sup> )	d (kN/m <sup>3</sup> )	s (kN/m <sup>3</sup> )
SG11bis	C1	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	4.1	19.91	18.0	25.80
SG11bis	C2	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	8.4	18.85	15.2	25.90
SG11bis	C3	Rampa A 2+100-2+370 / 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)	(kN/m <sup>3</sup> )	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**



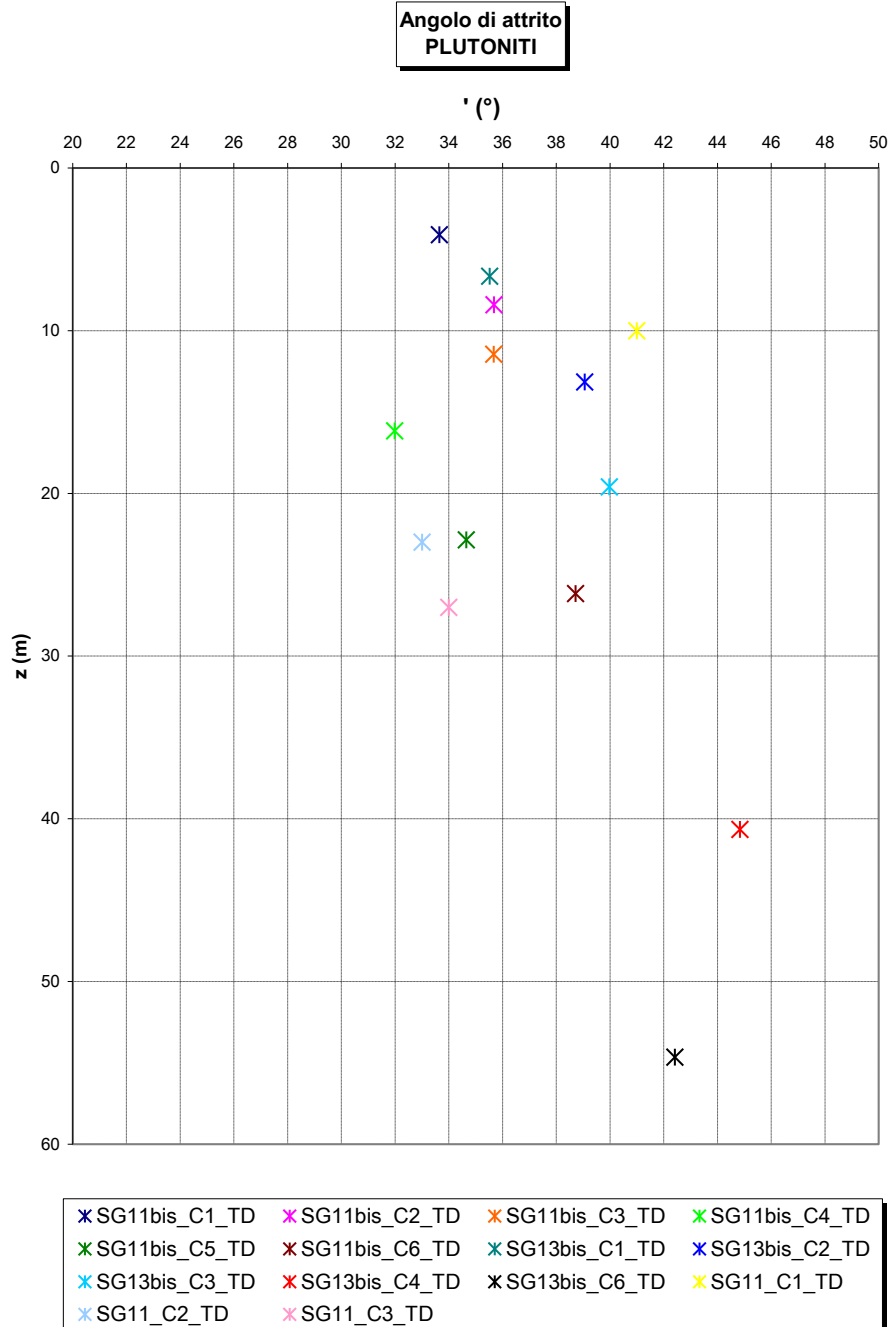
**ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)**  
**RELAZIONE DI CALCOLO**

*Codice documento*  
CS0525\_F0.doc

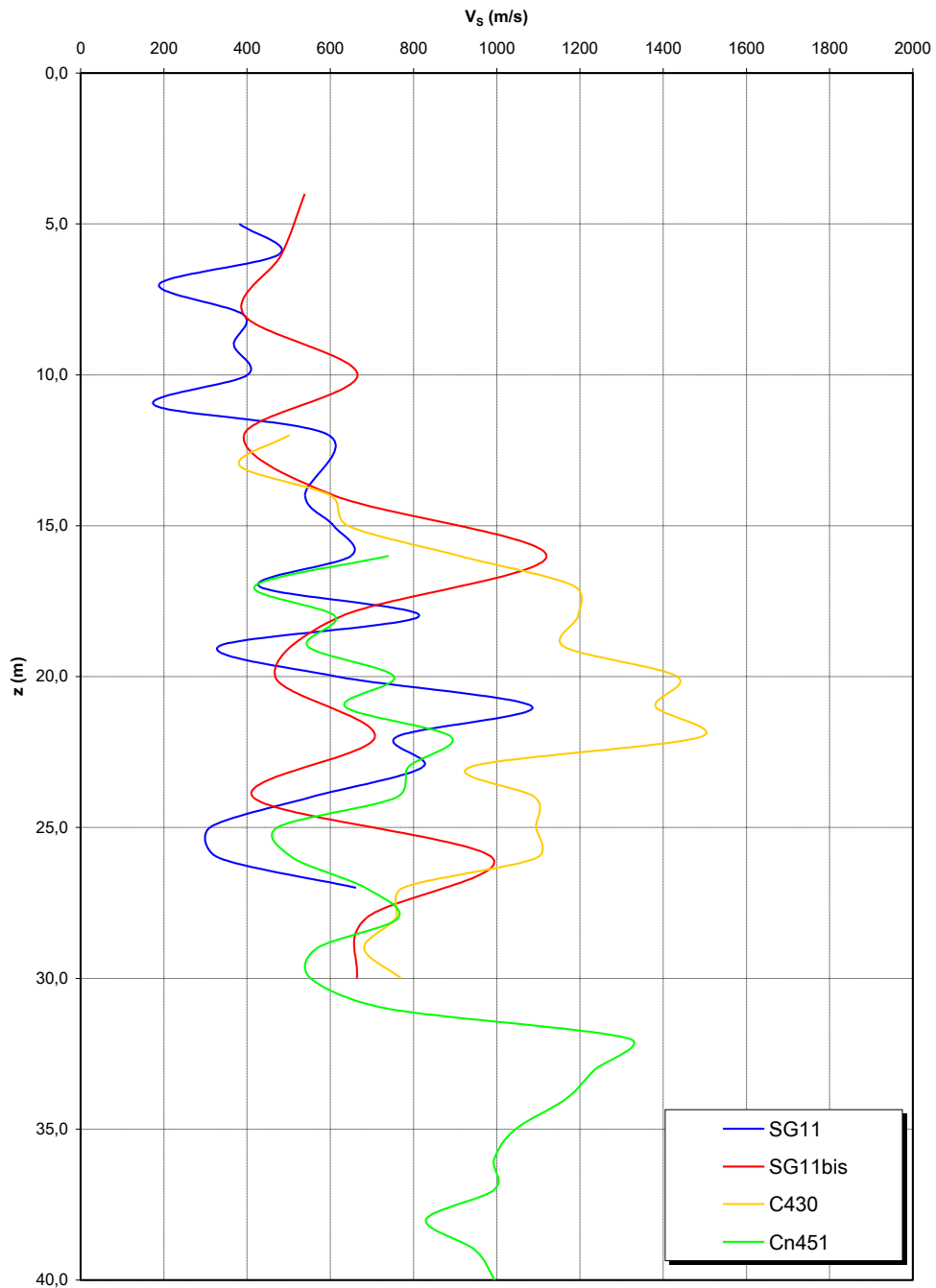
<i>Rev</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

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

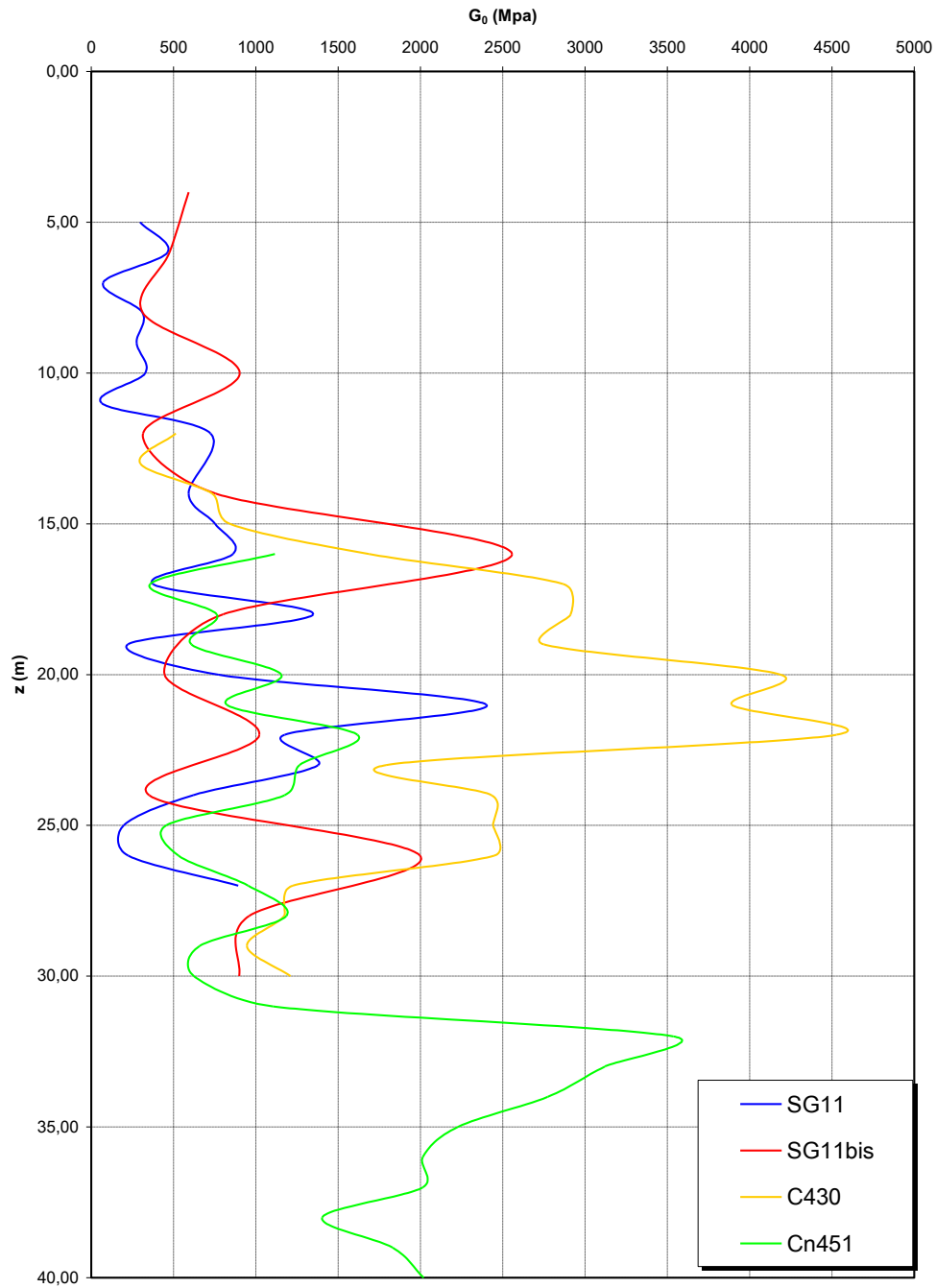




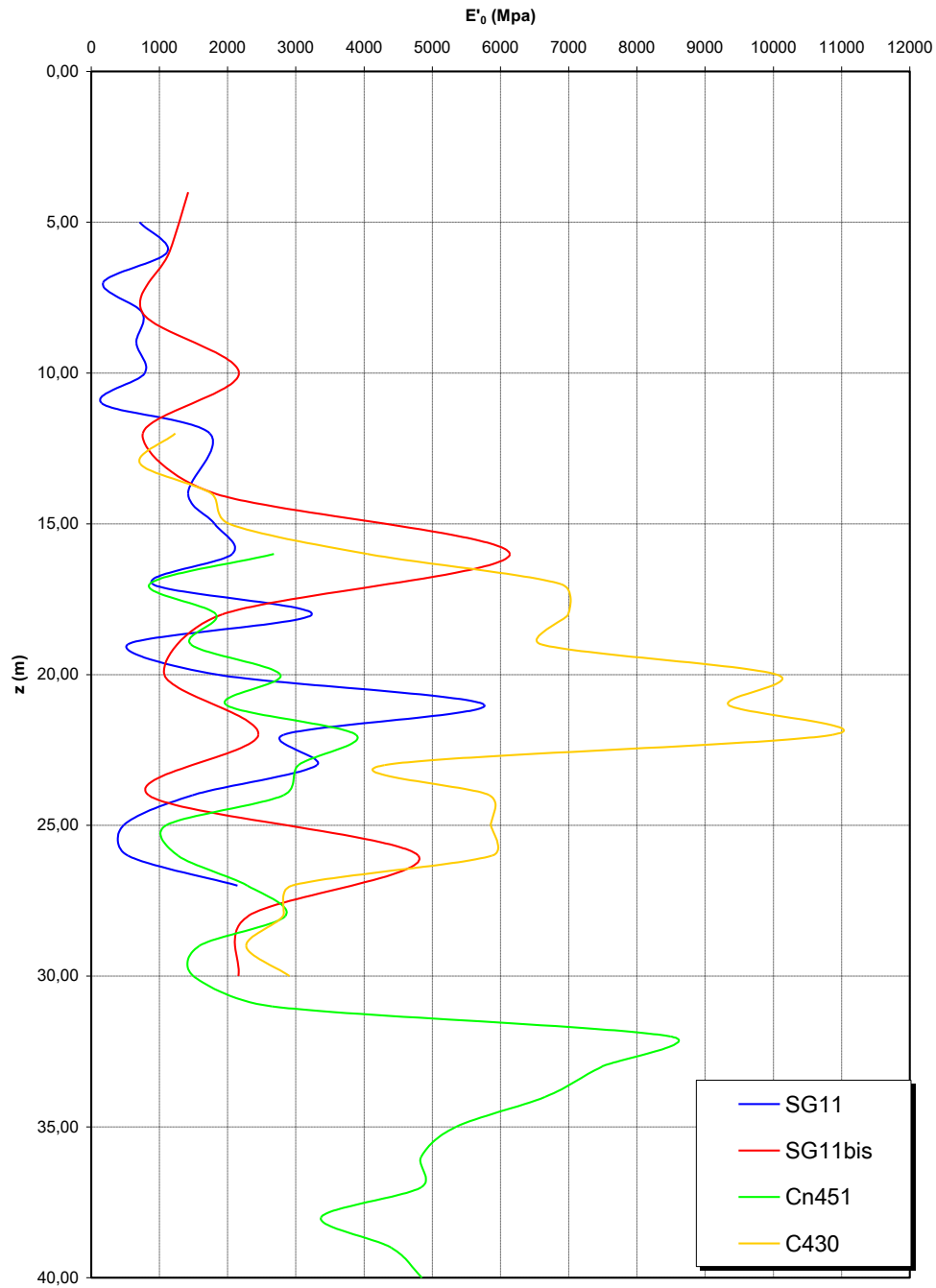
**Prove sismiche  
PLUTONITI**

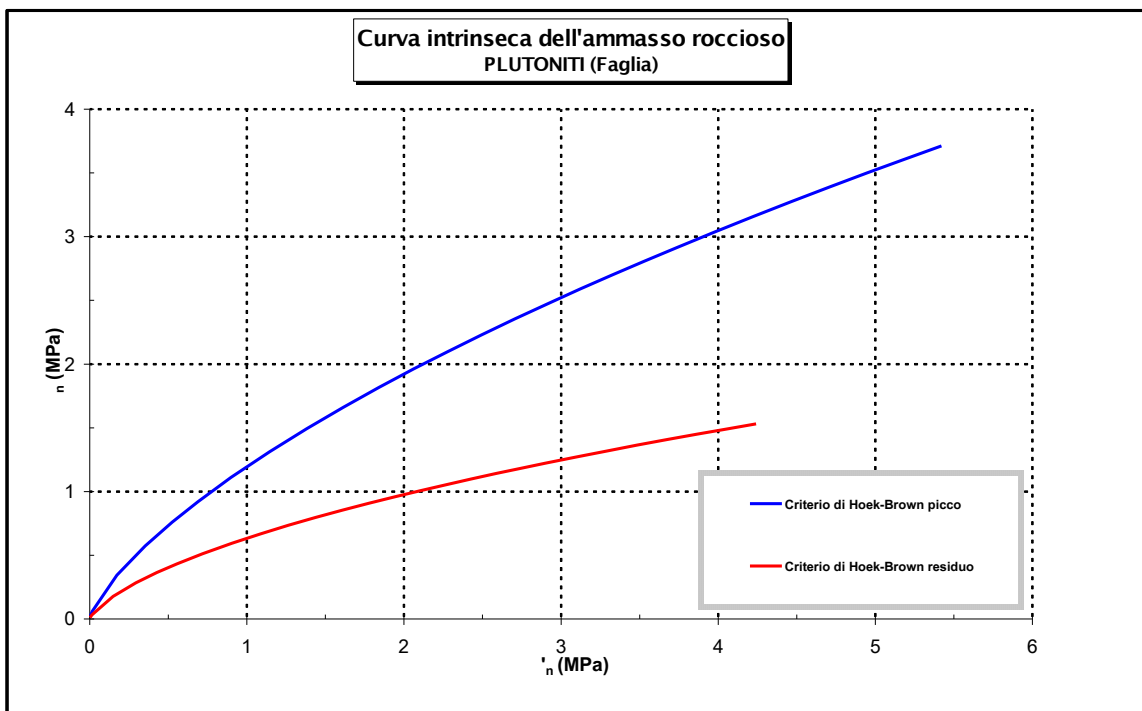
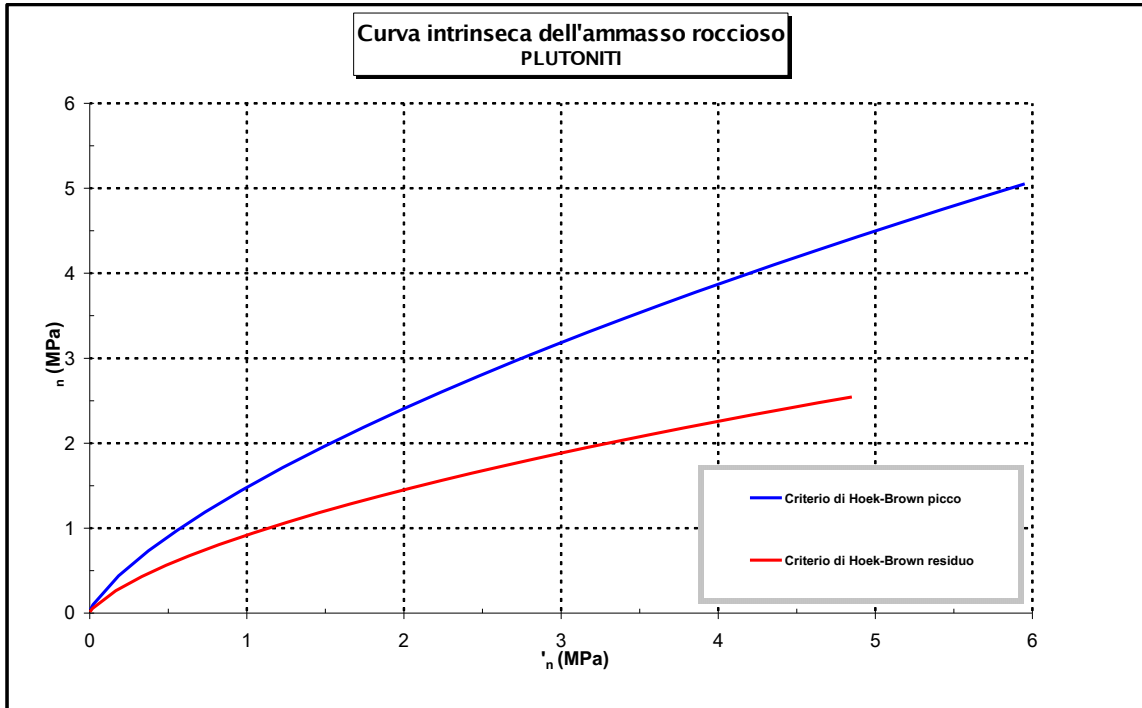




**Prove sismiche  
PLUTONITI**



**Prove sismiche  
PLUTONITI**







		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 (V<sub>N</sub>)</b>	50 anni
<b>Classe d'uso</b>	III
<b>Coefficiente d'uso (C<sub>U</sub>)</b>	1.5

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [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;
- $F_0$  = 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Categoria	Descrizione
A	<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 spessori massimo pari a 3m.
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).
C	<i>Depositati 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).
D	<i>Depositati 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).
E	<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.

Pertanto si ha:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Categoria di sottosuolo	A	B	C	D	E
<b>Coefficiente <math>S_s</math></b>	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  $\alpha < 15^\circ$ "*).



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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6 METODO DI CALCOLO A FESSURAZIONE

Viene eseguita la verifica allo stato limite di apertura delle fessure con riferimento al D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (§ 4.1.2.2.4).

Prima di procedere alle verifiche a fessurazione è necessario definire delle apposite combinazioni di carico ed effettuare una valutazione relativa al grado di protezione delle armature metalliche contro la corrosione (in termini di condizioni ambientali e sensibilità delle armature stesse alla corrosione).

Si distinguono i seguenti casi:

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

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



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

Si considerano i seguenti valori limite di apertura delle fessure:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm};$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm};$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}.$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

Con l'ausilio del programma di calcolo "STS Stati Limite", si procede al calcolo del valore caratteristico dell'ampiezza della fessura  $w_d$ , confrontandolo con i valori limite precedentemente definiti.

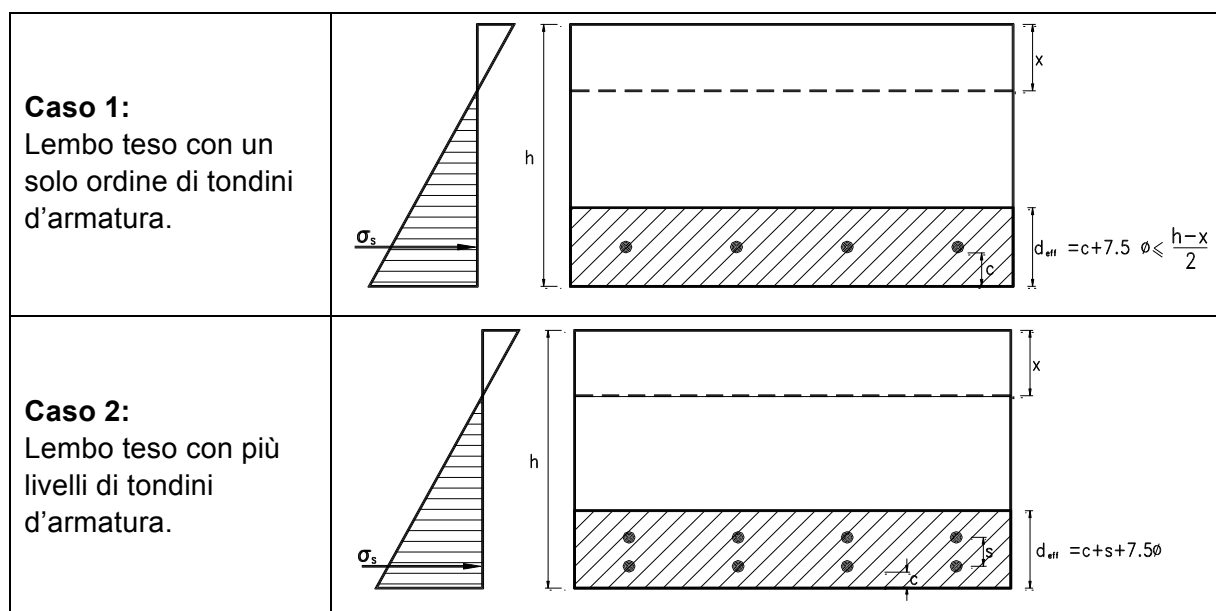
Il calcolo è condotto attraverso i seguenti passaggi:



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

Per il calcolo di  $\sigma_{sm}$  e  $\sigma_{sm}$  si utilizzano criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica: in particolare si fa riferimento alla Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n°252 del 15/10/1996 ("Istruzioni relative alle Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D.M. 09.01.1996").

## 6.1 VALUTAZIONE DELLA DISTANZA MEDIA TRA LE FESSURE

Si definisce l'area efficace  $A_{ceff}$  come l'area di calcestruzzo entro la quale la barra di acciaio può effettivamente influenzare l'apertura della fessura. In base alle indicazioni riportate nella Circ. Min. LL.PP. n°252, si definisce l'altezza efficace con riferimento agli schemi di seguito riportati.



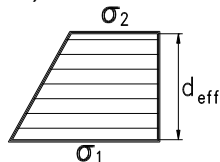
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

La distanza media tra le fessure, per la condizione di fessurazione stabilizzata in corrispondenza del livello baricentrico dell'armatura all'interno dell'area efficace, è data da:

$$s_m = 2 \cdot c + \frac{s}{10} \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \frac{1}{r}$$

dove:

- c = ricoprimento dell'armatura (copriferro netto);
- s = distanza tra le barre d'armatura; se  $s > 14 \cdot \phi$  si adotterà  $s = 14 \cdot \phi$ ;
- $\phi$  = diametro della barra;
- $k_2$  = coefficiente che caratterizza l'aderenza del cls alla barra, a cui si assegnano i seguenti valori:
  - $\phi$  0.4 per barre ad aderenza migliorata;
  - $\phi$  0.8 per barre lisce.
- $k_3$  = coefficiente che tiene conto della forma del diagramma delle tensioni prima della fessurazione, in base al seguente prospetto:
  - $\phi$  0.125 (caso di diagramma triangolare di flessione e pressoflessione);
  - $\phi$  0.250 (caso di trazione pura);
  - $\phi$   $0.25 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$  (caso di trazione eccentrica o in cui si consideri una sola parte della sezione):



- $\phi_1, \phi_2$  = trazione nel cls tesato;
- $\phi_r = A_s / A_{ceff}$  = rapporto geometrico d'armatura (con  $A_s$  = area della sezione di acciaio posta nell'area  $A_{ceff}$ ).

## 6.2 VALUTAZIONE DELLA DEFORMAZIONE MEDIA DELLE BARRE DI ARMATURE

La deformazione media delle barre d'armatura  $\epsilon_{sm}$  è valutata secondo la seguente espressione che tiene conto del contributo del calcestruzzo tesato che la circonda:

$$\epsilon_{sm} = \frac{s}{E_s} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left( \sigma_1 + \sigma_2 \right) + \frac{s_r}{s} \cdot \frac{\sigma_{sr}}{E_s} \cdot 0.4 \cdot \frac{s}{E_s}$$

dove:

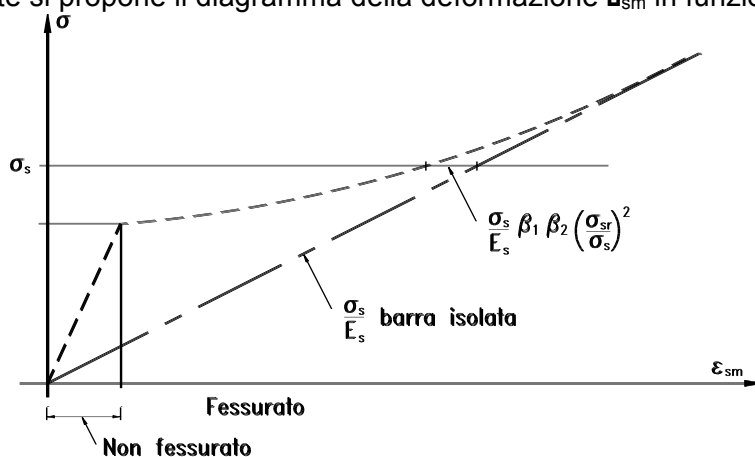
- $\sigma_s$  = tensione nell'acciaio calcolata nella sezione fessurata;
- $\sigma_{sr}$  = tensione nell'acciaio calcolata nella sezione fessurata per la sollecitazione corrispondente al raggiungimento della resistenza media a trazione  $f_{ctm}$  nella fibra di cls più sollecitata in sezione interamente reagente, compresa nell'area efficace.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

- $\alpha_1$  = coefficiente rappresentativo dell'aderenza acciaio-clc, che assume i valori:
  - $\alpha_1$  1.0 (caso di barre ad aderenza migliorata);
  - $\alpha_1$  0.5 (caso di barre lisce).
- $\alpha_2$  = coefficiente che tiene conto delle condizioni di sollecitazione:
  - $\alpha_2$  1.0 (caso della prima applicazione di una forza di breve durata);
  - $\alpha_2$  0.5 (caso di azioni di lunga durata o nel caso di azioni ripetute).
- $E_s$  = modulo elastico dell'acciaio delle barre di armatura.

In pratica si tratta di trovare i valori dell'azione assiale N e del momento flettente M (che stiano nello stesso rapporto delle sollecitazioni della combinazione di carico considerata) che portano il calcestruzzo teso della sezione completamente reagente a lavorare al suo limite. Una volta valutati, si opera la verifica della sezione parzializzata e si ricava il valore dello sforzo nell'acciaio teso.

Nella figura seguente si propone il diagramma della deformazione  $\epsilon_{sm}$  in funzione della tensione  $\sigma_s$ .




### 6.3 VALUTAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE (VALORE MEDIO E VALORE DI CALCOLO)

L'ampiezza media delle fessure è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura  $\epsilon_{sm}$  per la distanza media tra le fessure  $w_m$ :

$$w_m = \epsilon_{sm} \cdot s_m$$

Si ricava quindi il valore di calcolo di apertura delle fessure, da confrontare con i valori nominali  $w_1$ ,  $w_2$  e  $w_3$  riportati precedentemente:

$$w_d = 1.7 \cdot w_m$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6.4 DESCRIZIONE INPUT E OUTPUT DEL PROGRAMMA DI CALCOLO

Si descrive di seguito, in sintesi, come si presentano i tabulati di input ed output del programma di calcolo utilizzato. Nell'ordine il tabulato fornisce le seguenti informazioni:

- ▣ Indicazione sul tipo di barre utilizzate, utile per la determinazione di  $k_2$  e  $\alpha_1$ ;
- ▣ Valore del copriferro minimo ed effettivo ( $c$ );
- ▣ Valore dell'interferro ( $s$ );
- ▣ Valore del diametro massimo dei tondi d'armatura ( $\alpha$ );
- ▣ Rapporto tra sforzo normale e momento flettente (indispensabile per la valutazione di  $k_3$ );
- ▣ Resistenza a trazione del calcestruzzo ( $f_{ctm}$ );
- ▣ Momento di prima fessurazione, corrispondente allo stato limite di formazione delle fessure: tale valore è associato a una tensione di trazione nella fibra più sollecitata pari a  $\sigma_t = f_{ctm}/1.2$ ;
- ▣ Momento di fessurazione: tale valore è associato a una tensione di trazione nella fibra più sollecitata pari a  $\sigma_t = f_{ctm}$ .

### **Per lo stadio non fessurato:**

- ▣ Coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc;
- ▣ Distanza dell'asse neutro dal lembo teso in fase non fessurata (sezione completamente reagente);
- ▣ Altezza del tirante ideale ( $d_{eff}$ );
- ▣ Densità d'armatura del tirante ideale ( $\alpha_r$ ).

### **Per lo stadio fessurato:**

- ▣ Coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc;
- ▣ Distanza media fra due fessure attigue ( $\alpha_{sm}$ );
- ▣ Trazione nell'acciaio al raggiungimento della tensione limite  $f_{ctm}$  nel clc;
- ▣ Valore del coefficiente  $k_3$ ;
- ▣ Trazione nell'acciaio per il calcolo della fessura (sollecitazione  $\sigma_s$  effettiva);
- ▣ Ampiezza della fessura ( $w_d$ ).

Si possono ottenere i seguenti casi:

#### **1. Momento sollecitante inferiore al momento di prima fessurazione:**

In tal caso la verifica a fessurazione perde di significato, in quanto non viene raggiunto lo stato limite di apertura delle fessure;

#### **2. Momento sollecitante uguale o superiore al momento di prima fessurazione:**

In tal caso occorre effettuare un confronto tra il valore dell'ampiezza massima della fessura calcolato dal programma con il valore limite da normativa.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 7 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).

### 7.1 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. Demolizione del gabbione esistente tra la paratia provvisoria e la paratia di diaframmi;
3. 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;
4. Demolizione del manufatto d'imbocco esistente;
5. Realizzazione del pozzetto di caduta n°1;
6. Realizzazione del nuovo manufatto d'imbocco;
7. Realizzazione del piano di posa e successiva posa in opera degli elementi prefabbricati circolari  $\square 1500\text{mm}$  tra il pozzetto di caduta n°1 ed il nuovo manufatto d'imbocco;
8. Realizzazione del rivestimento del manufatto d'imbocco per garantire la continuità con il medesimo rivestimento dei diaframmi;
9. Realizzazione del rilevato della Rampa A;
10. Demolizione del cordolo e della testa della paratia provvisoria e rimodellazione del terreno a lato della A3.


### 7.2 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:



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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 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°2;
5. Sbancamento del terreno nella zona del nuovo pozzetto di caduta n°3 e successiva realizzazione del pozzetto stesso;
6. Sbancamento del terreno nella zona del nuovo muro di sostegno della Rampa G e successiva realizzazione del medesimo muro;
7. Realizzazione del piano di posa e successiva posa in opera degli elementi prefabbricati circolari  $\square 1500\text{mm}$  tra il pozzetto n°3 ed il muro di sostegno;
8. Ricoprimento del tombino tra il pozzetto di caduta n°3 ed il muro di sostegno per la realizzazione del rilevato della Rampa G;
9. Realizzazione del piano di posa e successiva posa in opera degli elementi prefabbricati circolari  $\square 1500\text{mm}$  tra i pozzetti n°2 e n°3;
10. Ricoprimento del tombino tra i pozzetti di caduta n°2 e n°3 ed il muro di sostegno per la realizzazione del rilevato delle Rampe H-C;
11. Demolizione del cordolo e della testa della paratia provvisoria e rimodellazione del terreno a lato della A3.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

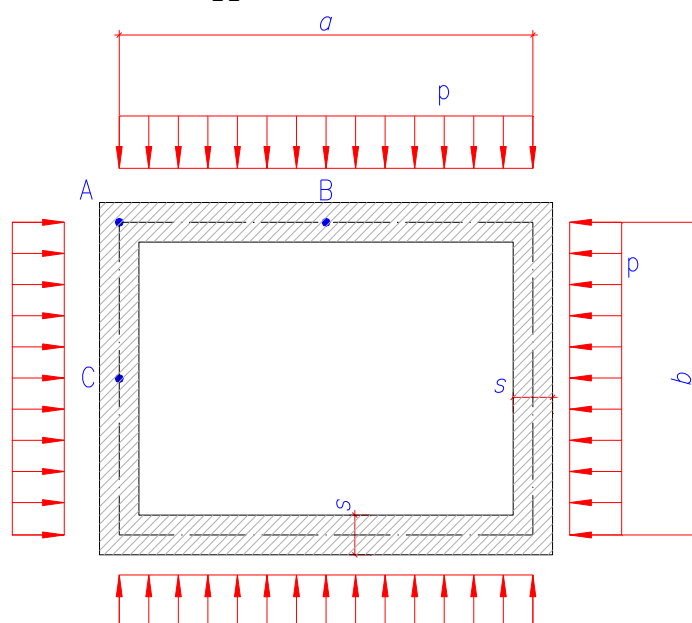
## 8 ANALISI MANUFATTO D'IMBOCCO

Per il dimensionamento del manufatto d'imbocco si considera un ricoprimento pari a circa 14.30 m e le dimensioni interne in pianta 4.00 m x 2.00 m, lo spessore delle pareti è pari a 0.50 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)
4.50 $\times$ 2.50	0.50	14.30

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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:

$$S_T = k_0 \cdot h_T \cdot 0.38 \cdot 20 \cdot 14.30 = 108.68 \text{ kN/m}^2$$

#### 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.

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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:

$$\begin{aligned}
 \text{SLE} \quad p &= S_T + S_{ACC} = 116.28 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{SLU} \quad p &= 1.35 \square S_T + 1.35 \square S_{ACC} = 156.98 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{FESS\_QP} \quad p &= S_T = 108.68 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{FESS\_FR} \quad p &= S_T + 0.7 \square S_{ACC} = 114.00 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Considerando il rapporto k dato da:

$$k \frac{b}{a} = 1.80$$

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

si ottengono le seguenti sollecitazioni:

	<b>N<sub>B</sub></b> [kN]	<b>M<sub>A</sub></b> [kNm]	<b>M<sub>B</sub></b> [kNm]	<b>N<sub>C</sub></b> [kN]	<b>M<sub>C</sub></b> [kNm]	<b>T<sub>MAX</sub></b> [kN]
<b>SLE</b>	261.63	147.77	56.93	145.35	-146.56	261.63
<b>SLU</b>	353.20	199.49	76.85	196.22	-197.86	353.20
<b>FESS_QP</b>	244.53	138.11	53.21	135.85	-136.98	244.53
<b>FESS_FR</b>	256.50	144.88	55.81	142.50	-143.69	256.50

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

## 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 -  
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 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 = 147.8 (KN.m)  
Sforzo normale = -145.4 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.58 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 191.70 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.4 (cm)  
Braccio di leva interno = 39.1 (cm)

### Condizione di carico 2

Momento = -146.6 (KN.m)  
Sforzo normale = -145.4 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.53 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 189.93 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.4 (cm)  
Braccio di leva interno = 39.1 (cm)


### Condizione di carico 3

Momento = 144.9 (KN.m)  
Sforzo normale = -142.5 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.47 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 187.95 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.4 (cm)  
Braccio di leva interno = 39.1 (cm)

### Condizione di carico 4

Momento = -143.7 (KN.m)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sforzo normale = -142.5 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.42 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 186.21 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.4 (cm)  
Braccio di leva interno = 39.1 (cm)

Condizione di carico 5

Momento = 138.1 (KN.m)  
Sforzo normale = -135.9 (KN)



Compressione massima nel calcestruzzo = -5.22 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 179.17 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.4 (cm)  
Braccio di leva interno = 39.1 (cm)

Condizione di carico 6

Momento = -137.0 (KN.m)  
Sforzo normale = -135.9 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.17 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 177.52 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.4 (cm)  
Braccio di leva interno = 39.1 (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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 -  
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 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 = 4.0 cm  
Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm  
Interferro = 20.0 cm  
Diametro massimo barre = 20.0 (mm)  
Rapporto sforzo normale/momento = 9.8E-03 cm<sup>-1</sup>  
Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 31.5 kg/cm<sup>2</sup>  
Momento di prima fessurazione ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 117.96 (KN.m)  
Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = 140.43 (KN.m)


##### Stadio non fessurato

Coefficiente di omogeneizzazione = 15  
Distanza asse neutro da lembo teso = 27.2 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  $S_m = 30.1$  cm  
Momento di fessurazione; Trazione acciaio = 267.9 (N/mm<sup>2</sup>)  
Coeff.  $K_3$  ( $= [0.25 \cdot (\sigma_1 + \sigma_2) / (2 \cdot \sigma_1)]$ ) = 0.158  
Trazione nell'acciaio per il calcolo della fessura = 179.17 (N/mm<sup>2</sup>)  
Ampiezza della fessura ( $w = 1.7 \cdot S_m \cdot \sigma_{sm} / E_s$ ) = 0.1397 - 0.1397 mm

Il valore dell'ampiezza teorica delle fessure risulta inferiore al valore limite da normativa (0.2 mm);  
la verifica è pertanto soddisfatta.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0525_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 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 = 4.0 cm  
 Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm  
 Interferro = 20.0 cm  
 Diametro massimo barre = 20.0 (mm)  
 Rapporto sforzo normale/momento = 9.9E-03 cm<sup>-1</sup>  
 Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 31.5 kg/cm<sup>2</sup>  
 Momento di prima fessurazione ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 117.87 (KN.m)  
 Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = -1.403E+02 (KN.m)

### Stadio non fessurato


Coefficiente di omogeneizzazione = 15  
 Distanza asse neutro da lembo teso = 27.2 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  $S_m$  = 30.1 cm  
 Momento di fessurazione; Trazione acciaio = 268.1 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Coeff.  $K_3$  ( $= [0.25 \cdot (\sigma_1 + \sigma_2) / (2 \cdot \sigma_1)]$ ) = 0.158  
 Trazione nell'acciaio per il calcolo della fessura = 177.52 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Ampiezza della fessura ( $w = 1.7 \cdot S_m \cdot \sigma_{sm} / E_s$ ) = 0.1384 - 0.1384 mm

Il valore dell'ampiezza teorica delle fessure risulta inferiore al valore limite da normativa (0.2 mm);  
 la verifica è pertanto soddisfatta.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0525_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						

### 8.3.2 COMBINAZIONI FREQUENTI

#### Momento positivo

##### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
 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 = 4.0 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 20.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 9.8E-03 cm<sup>-1</sup>

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

Momento di prima fessurazione ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 117.96 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = 140.43 (KN.m)

##### Stadio non fessurato

Coefficiente di omogeneizzazione = 15

Distanza asse neutro da lembo teso = 27.2 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  $S_m = 30.1$  cm



Momento di fessurazione; Trazione acciaio = 267.9 (N/mm<sup>2</sup>)

Coeff.  $K_3$  ( $= [0.25 \cdot (\sigma_1 + \sigma_2) / (2 \cdot \sigma_1)]$ ) = 0.158

Trazione nell'acciaio per il calcolo della fessura = 187.96 (N/mm<sup>2</sup>)

Ampiezza della fessura ( $w = 1.7 \cdot S_m \cdot \sigma_{sm} / E_s$ ) = 0.1465 - 0.1465 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0525_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 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 = 4.0 cm  
 Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm  
 Interferro = 20.0 cm  
 Diametro massimo barre = 20.0 (mm)  
 Rapporto sforzo normale/momento = 9.9E-03 cm<sup>-1</sup>  
 Trazione calcestruzzo di fessurazione ( $f_{ctm}$ ) = 31.5 kg/cm<sup>2</sup>  
 Momento di prima fessurazione ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 117.87 (KN.m)  
 Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = -1.403E+02 (KN.m)



### Stadio non fessurato

Coefficiente di omogeneizzazione = 15  
 Distanza asse neutro da lembo teso = 27.2 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  $S_m$  = 30.1 cm  
 Momento di fessurazione; Trazione acciaio = 268.1 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Coeff.  $K_3$  ( $= [0.25 \cdot (\sigma_1 + \sigma_2) / (2 \cdot \sigma_1)]$ ) = 0.158  
 Trazione nell'acciaio per il calcolo della fessura = 186.21 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Ampiezza della fessura ( $w = 1.7 \cdot S_m \cdot \sigma_{sm} / E_s$ ) = 0.1452 - 0.1452 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0525_F0.doc	<b>Rev</b> F0	<b>Data</b> 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 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:  $F_{yk} = 450.00$  (N/mm<sup>2</sup>)

#### Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo  
 Accorciamento ultimo a flessione = 0.3500 %  
 Accorciamento ultimo a compress. = 0.2000 %  
 Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare  
 Allungamento ultimo acciaio normale = 1.000 %  
 Coefficiente di sicurezza calcestruzzo :  $\alpha_c = 1.500$   
 Coefficiente di sicurezza acciaio :  $\alpha_s = 1.150$   
 Termine di lunga durata :  $F_1 = 0.850$   
 Rapporto  $R_{cy1}/R_{cubo}$ :  $F_2 = 0.830$   
 Resistenza di progetto calcestruzzo :  $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \alpha_c = 0.47 R_{cubo}$   
 Resistenza di progetto dell'acciaio :  $F_{sd} = F_{yk} / \alpha_s = 0.87 F_{yk}$

#### Resistenze di progetto

Calcestruzzo = 18.81 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Acciaio normale = 391.30 (N/mm<sup>2</sup>)

#### Convenzioni di segno

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

#### Condizione di carico 1

Momento di Progetto  $M_d = 199.5$  (KN.m)  
 Sforzo di Progetto  $N_d = -196.2$  (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 6.5 (cm)  
 Momento di Rottura  $M_r = 298.2$  (KN.m)  
 Sforzo di Rottura  $N_r = -195.8$  (KN)  
 Rottura nel Dominio 2  
 Rapporto  $M_r/M_d = 1.495$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Condizione di carico 2

Momento di Progetto  $M_d = -197.9 \text{ (KN.m)}$   
Sforzo di Progetto  $N_d = -196.2 \text{ (KN)}$

Distanza asse neutro da lembo compresso = 6.5 (cm)

Momento di Rottura  $M_r = -298.2 \text{ (KN.m)}$   
Sforzo di Rottura  $N_r = -195.8 \text{ (KN)}$

Rottura nel Dominio 2  
Rapporto  $M_r/M_d = 1.507$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

## 8.4.2 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:

$$V_{Rd} = [0.18 k (100 \alpha_1 f_{ck})^{1/3} / c + 0.15 \alpha_{cp}] b_w d (v_{min} + 0.15 \alpha_{cp}) b_w d$$

con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{3/2}$$

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

$\alpha_1 = A_{sl} / (b_w d)$  = rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\alpha \leq 0.02$ );

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

$b_w$  = 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>353.20</b>	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$	$N(V_{Ed})$	=	<b>196.22</b>	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$	$M(V_{Ed})$	=	<b>197.86</b>	kNm

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

Altezza utile della sezione	$d$	=	<b>434</b>	mm
Larghezza minima della sezione	$b_w$	=	<b>1000</b>	mm

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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	=	1.68	-
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 ( $\leq 0.2\sigma_{cp}$ )	$\sigma_{cp}$	=	0.52	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	219.82	kN
Resistenza ultima a taglio ( $V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$ )	$V_{Rd}$	=	<b>229.66</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:

$$V_{Rsd} = 0.9 d \frac{A_{sw}}{s} f_{yd} [\text{ctg}(\alpha) \text{ctg}(\beta)] \sin(\alpha)$$

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

$$V_{Rcd} = 0.9 d b_w \sigma_c f'_{cd} [\text{ctg}(\alpha) \text{ctg}(\beta)] / [1 - \text{ctg}^2(\alpha)]$$

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 ( $f'_{cd} = 0.5 \sigma_{cp} f_{cd}$ );

$\sigma_c$  = 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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>353.20</b>	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$	$N(V_{Ed})$	=	<b>196.22</b>	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$	$M(V_{Ed})$	=	<b>197.86</b>	kNm

**Caratteristiche geometriche della sezione:**

Altezza utile della sezione	$d$	=	<b>434</b>	mm
Larghezza minima della sezione	$b_w$	=	<b>1000</b>	mm

**Armatura della sezione in zona tesa:**



Diametro ferri longitudinali	$\square$	=	<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. ( $\leq 0.02$ )	$\square_l$	=	<b>0.0036</b>	-

**Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo d'inclinaz. armatura trasv. su asse dell'elemento	$\square$	=	<b>45</b>	°
Diametro ferri a taglio	$\square_{sw}$	=	<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	$\square$	=	<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	$\square_{cp}$	=	<b>0.52</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse	$\square_c$	=	<b>1.02</b>	-

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Calcolo del taglio resistente:**

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura	$V_{Rsd}$	=	426.90	kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls	$V_{Rcd}$	=	3762.54	kN
Resistenza ultima a taglio	$V_{Rd}$	=	<b>426.90</b>	kN

Utilizzando ferri piegati a 45° □ 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

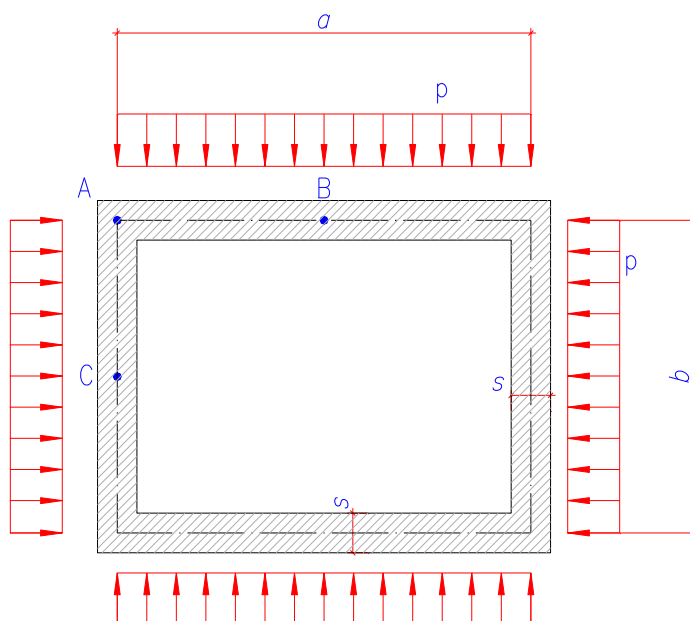
## 9 ANALISI POZZETTO DI CADUTA 1

Per il dimensionamento delle camerette di ispezione si considera il massimo ricoprimento  $H = 3.0$  m e le dimensioni interne in pianta  $2.00$  m x  $2.00$  m, lo spessore delle pareti è pari a  $0.40$  m.

### 9.1 ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE

#### 9.1.1 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)
2.40 x 2.40	0.40	3.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 9.1.2 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:

$$S_T = k_0 \cdot h_T \cdot 0.38 \cdot 20 \cdot 3.0 = 22.80 \text{ kN/m}^2$$

#### 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.

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 9.1.3 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:

$$\begin{aligned}
 \text{SLE} \quad p &= S_T + S_{ACC} = 30.40 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{SLU} \quad p &= 1.35 \square S_T + 1.35 \square S_{ACC} = 41.04 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{FESS\_QP} \quad p &= S_T = 22.80 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{FESS\_FR} \quad p &= S_T + 0.7 \square S_{ACC} = 28.12 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$



Considerando il rapporto k dato da:

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

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

si ottengono le seguenti sollecitazioni:

	<b>N<sub>B</sub></b> [kN]	<b>M<sub>A</sub></b> [kNm]	<b>M<sub>B</sub></b> [kNm]	<b>N<sub>c</sub></b> [kN]	<b>M<sub>c</sub></b> [kNm]	<b>T<sub>MAX</sub></b> [kN]
<b>SLE</b>	36.48	14.59	-7.30	36.48	-7.30	36.48
<b>SLU</b>	49.25	19.70	-9.85	49.25	-9.85	49.25
<b>FESS_QP</b>	27.36	10.94	-5.47	27.36	-5.47	27.36
<b>FESS_FR</b>	33.74	13.50	-6.75	33.74	-6.75	33.74

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

## 9.2 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 -  
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 ø12 mm posizionati a 5.6 cm da intradosso  
5 ø12 mm posizionati a 34.4 cm da intradosso

Area armatura normale = 1131.0 (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 = 14.6 (KN.m)  
Sforzo normale = -36.5 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.25 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 48.48 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 9.6 (cm)  
Braccio di leva interno = 28.9 (cm)

### Condizione di carico 2

Momento = -7.3 (KN.m)  
Sforzo normale = -36.5 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.54 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 10.89 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 14.7 (cm)  
Braccio di leva interno = 21.5 (cm)



### Condizione di carico 3

Momento = 13.5 (KN.m)  
Sforzo normale = -33.7 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.15 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 44.87 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 9.6 (cm)  
Braccio di leva interno = 28.9 (cm)

### Condizione di carico 4

Momento = -6.8 (KN.m)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sforzo normale = -33.7 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.50 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 10.07 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 14.7 (cm)  
Braccio di leva interno = 21.5 (cm)

Condizione di carico 5

Momento = 10.9 (KN.m)  
Sforzo normale = -27.4 (KN)



Compressione massima nel calcestruzzo = -0.93 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 36.35 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 9.6 (cm)  
Braccio di leva interno = 28.9 (cm)

Condizione di carico 6

Momento = -5.5 (KN.m)  
Sforzo normale = -27.4 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.41 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 8.16 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 14.7 (cm)  
Braccio di leva interno = 21.5 (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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

## 9.3 VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

### 9.3.1 COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI

#### Momento positivo

##### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

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

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
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 ø12 mm posizionati a 5.6 cm da intradosso  
5 ø12 mm posizionati a 34.4 cm da intradosso

Area armatura normale = 1131.0 (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 = 12.0 (mm)



Rapporto sforzo normale/momento = 2.026E-02 cm<sup>-1</sup>

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

Momento di prima fessurazione ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 66.06 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = 78.64 (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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

## Momento negativo

### 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 ø12 mm posizionati a 5.6 cm da intradosso  
5 ø12 mm posizionati a 34.4 cm da intradosso

Area armatura normale = 1131.0 (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 = 12.0 (mm)


Rapporto sforzo normale/momento = -0.1 cm<sup>-1</sup>

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

Momento di prima fessurazione ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 114.06 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = -1.358E+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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

### 9.3.2 COMBINAZIONI FREQUENTI

#### Momento positivo

##### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

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

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
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 ø12 mm posizionati a 5.6 cm da intradosso  
5 ø12 mm posizionati a 34.4 cm da intradosso

Area armatura normale = 1131.0 (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 = 12.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 2.49E-02 cm<sup>-1</sup>


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

Momento di prima fessurazione ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 64.27 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = 76.52 (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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

## Momento negativo

### 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 ø12 mm posizionati a 5.6 cm da intradosso  
5 ø12 mm posizionati a 34.4 cm da intradosso

Area armatura normale = 1131.0 (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 = 12.0 (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 ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 113.95 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = -1.356E+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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0525_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 VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO

### 9.4.1 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 ø12 mm posizionati a 5.6 cm da intradosso  
 5 ø12 mm posizionati a 34.4 cm da intradosso

Area armatura normale = 1131.0 (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):  $R_{ckj} = 20.00$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 Soglia di snervamento acciaio normale:  $F_{yk} = 450.00$  (N/mm<sup>2</sup>)

#### Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo  
 Accorciamento ultimo a flessione = 0.3500 %  
 Accorciamento ultimo a compress. = 0.2000 %  
 Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare  
 Allungamento ultimo acciaio normale = 7.500 %  
 Coefficiente di sicurezza calcestruzzo :  $\alpha_c = 1.500$   
 Coefficiente di sicurezza acciaio :  $\alpha_s = 1.150$   
 Termine di lunga durata :  $F_1 = 0.850$   
 Rapporto  $R_{cy1}/R_{cubo}$ :  $F_2 = 0.830$   
 Resistenza di progetto calcestruzzo :  $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \alpha_c = 0.47 R_{cubo}$   
 Resistenza di progetto dell'acciaio :  $F_{sd} = F_{yk} / \alpha_s = 0.87 F_{yk}$

#### Resistenze di progetto

Calcestruzzo = 18.81 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Acciaio normale = 391.30 (N/mm<sup>2</sup>)



#### Convenzioni di segno

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

#### Condizione di carico 1

Momento di Progetto  $M_d = 19.7$  (KN.m)  
 Sforzo di Progetto  $N_d = -49.3$  (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 3.2 (cm)  
 Momento di Rottura  $M_r = 91.7$  (KN.m)  
 Sforzo di Rottura  $N_r = -49.2$  (KN)  
 Rottura nel Dominio 3  
 Rapporto  $M_r/M_d = 4.657$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 9.4.2 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:

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

con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{3/2}$$

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

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

$\rho_{cp} = N_{Ed} / A_c$  = tensione media di compressione nella sezione ( $\rho_{cp} \leq 0.2 \rho_{fcd}$ );

$b_w$  = 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>49.25</b>	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$	$N(V_{Ed})$	=	<b>49.25</b>	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$	$M(V_{Ed})$	=	<b>19.70</b>	kNm

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

Altezza utile della sezione	$d$	=	<b>344</b>	mm
Larghezza minima della sezione	$b_w$	=	<b>1000</b>	mm

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

Diametro ferri longitudinali	$\phi$	=	<b>12</b>	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n^\circ$	=	<b>5</b>	-
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl}$	=	<b>565</b>	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitud. ( $\leq 0.02$ )	$\rho_l$	=	<b>0.0016</b>	-

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 ( $\leq 0.2 \sigma_{cd}$ )	$\sigma_{cp}$	=	0.40	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	183.18	kN
Resistenza ultima a taglio ( $V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$ )	$V_{Rd}$	=	<b>183.18</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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

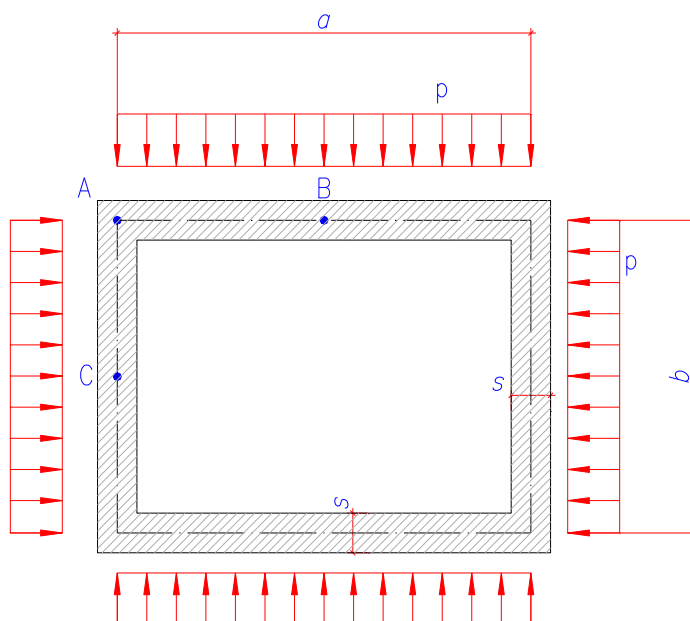
## 10 ANALISI POZZETTO DI CADUTA 2

Per il dimensionamento delle camerette di ispezione si considera il massimo ricoprimento  $H = 4.5$  m e le dimensioni interne in pianta  $3.50$  m X  $2.50$  m, lo spessore delle pareti è pari a  $0.40$  m.

### 10.1 ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE

#### 10.1.1 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)
3.90 $\times$ 2.90	0.40	4.50

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 10.1.2 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:

$$S_T = k_0 \cdot h_T = 0.38 \cdot 20 = 7.6 \text{ kN/m}^2$$

#### 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 10.1.3 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:

$$\begin{aligned}
 \text{SLE} \quad p &= S_T + S_{ACC} = 41.80 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{SLU} \quad p &= 1.35 \square S_T + 1.35 \square S_{ACC} = 56.43 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{FESS\_QP} \quad p &= S_T = 34.20 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{FESS\_FR} \quad p &= S_T + 0.7 \square S_{ACC} = 39.52 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Considerando il rapporto k dato da:

$$k \frac{b}{a} = 1.34$$

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

si ottengono le seguenti sollecitazioni:

	<b>N<sub>B</sub></b> [kN]	<b>M<sub>A</sub></b> [kNm]	<b>M<sub>B</sub></b> [kNm]	<b>N<sub>C</sub></b> [kN]	<b>M<sub>C</sub></b> [kNm]	<b>T<sub>MAX</sub></b> [kN]
<b>SLE</b>	81.51	42.88	-1.06	60.61	-36.59	81.51
<b>SLU</b>	110.04	57.89	-1.43	81.82	-49.40	110.04
<b>FESS_QP</b>	66.69	35.08	-0.87	49.59	-29.94	66.69
<b>FESS_FR</b>	77.06	40.54	-1.00	57.30	-34.60	77.06

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

## 10.2 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 -  
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 ø12 mm posizionati a 5.6 cm da intradosso  
5 ø12 mm posizionati a 34.4 cm da intradosso

Area armatura normale = 1131.0 (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 = 42.9 (KN.m)  
Sforzo normale = -60.6 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -3.78 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 182.30 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.2 (cm)  
Braccio di leva interno = 31.0 (cm)

### Condizione di carico 2

Momento = -36.6 (KN.m)  
Sforzo normale = -60.6 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -3.20 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 147.92 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.4 (cm)  
Braccio di leva interno = 30.6 (cm)

### Condizione di carico 3


Momento = 40.5 (KN.m)  
Sforzo normale = -57.3 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -3.58 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 172.35 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.2 (cm)  
Braccio di leva interno = 31.0 (cm)

### Condizione di carico 4

Momento = -34.6 (KN.m)



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 normale = -57.3 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -3.03 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 139.89 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.4 (cm)  
Braccio di leva interno = 30.6 (cm)

Condizione di carico 5

Momento = 35.1 (KN.m)  
Sforzo normale = -49.6 (KN)



Compressione massima nel calcestruzzo = -3.09 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 149.13 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.2 (cm)  
Braccio di leva interno = 31.0 (cm)

Condizione di carico 6

Momento = -29.9 (KN.m)  
Sforzo normale = -49.6 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -2.62 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 121.04 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.4 (cm)  
Braccio di leva interno = 30.6 (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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

## 10.3 VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

### 10.3.1 COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI

#### Momento positivo

##### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

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

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
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 ø12 mm posizionati a 5.6 cm da intradosso  
5 ø12 mm posizionati a 34.4 cm da intradosso

Area armatura normale = 1131.0 (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 = 12.0 (mm)



Rapporto sforzo normale/momento = 7.E-03 cm<sup>-1</sup>

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

Momento di prima fessurazione ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 71.76 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = 85.43 (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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

## Momento negativo

### 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 ø12 mm posizionati a 5.6 cm da intradosso  
5 ø12 mm posizionati a 34.4 cm da intradosso

Area armatura normale = 1131.0 (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 = 12.0 (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 ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 78.39 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = -93.32 (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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 10.3.2 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 ø12 mm posizionati a 5.6 cm da intradosso  
5 ø12 mm posizionati a 34.4 cm da intradosso

Area armatura normale = 1131.0 (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 = 12.0 (mm)



Rapporto sforzo normale/momento = 7.E-03 cm<sup>-1</sup>

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

Momento di prima fessurazione ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 71.76 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = 85.43 (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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 ø12 mm posizionati a 5.6 cm da intradosso  
5 ø12 mm posizionati a 34.4 cm da intradosso

Area armatura normale = 1131.0 (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 = 12.0 (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 ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 78.39 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = -93.32 (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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0525_F0.doc	<b>Rev</b> F0	<b>Data</b> 20/06/2011

## 10.4 VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO

### 10.4.1 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 ø12 mm posizionati a 5.6 cm da intradosso  
 5 ø12 mm posizionati a 34.4 cm da intradosso

Area armatura normale = 1131.0 (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):  $R_{ckj} = 20.00$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 Soglia di snervamento acciaio normale:  $F_{yk} = 450.00$  (N/mm<sup>2</sup>)

#### Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo  
 Accorciamento ultimo a flessione = 0.3500 %  
 Accorciamento ultimo a compress. = 0.2000 %  
 Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare  
 Allungamento ultimo acciaio normale = 7.500 %  
 Coefficiente di sicurezza calcestruzzo :  $\alpha_c = 1.500$   
 Coefficiente di sicurezza acciaio :  $\alpha_s = 1.150$   
 Termine di lunga durata :  $F_1 = 0.850$   
 Rapporto  $R_{cy1}/R_{cubo}$  :  $F_2 = 0.830$   
 Resistenza di progetto calcestruzzo :  $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \alpha_c = 0.47 R_{cubo}$   
 Resistenza di progetto dell'acciaio :  $F_{sd} = F_{yk} / \alpha_s = 0.87 F_{yk}$

#### Resistenze di progetto

Calcestruzzo = 18.81 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Acciaio normale = 391.30 (N/mm<sup>2</sup>)



#### Convenzioni di segno

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

#### Condizione di carico 1

Momento di Progetto  $M_d = 57.9$  (KN.m)  
 Sforzo di Progetto  $N_d = -81.8$  (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 3.4 (cm)  
 Momento di Rottura  $M_r = 97.4$  (KN.m)  
 Sforzo di Rottura  $N_r = -82.1$  (KN)  
 Rottura nel Dominio 3  
 Rapporto  $M_r/M_d = 1.683$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 10.4.2 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:

$$V_{Rd} = [0.18 k (100 \alpha_1 f_{ck})^{1/3} / c + 0.15 \alpha_{cp}] b_w d (v_{min} + 0.15 \alpha_{cp}) b_w d$$

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

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

$\alpha_1 = A_{sl} / (b_w d)$  = rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\alpha \leq 0.02$ );

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

$b_w$  = 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>110.04</b>	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$	$N(V_{Ed})$	=	<b>110.04</b>	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$	$M(V_{Ed})$	=	<b>57.89</b>	kNm



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

Altezza utile della sezione	$d$	=	<b>344</b>	mm
Larghezza minima della sezione	$b_w$	=	<b>1000</b>	mm

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

Diametro ferri longitudinali	$\phi$	=	<b>12</b>	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n^\circ$	=	<b>5</b>	-
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl}$	=	565	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitud. ( $\leq 0.02$ )	$\alpha_l$	=	0.0016	-



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 ( $\leq 0.2 \sigma_{cd}$ )	$\sigma_{cp}$	=	0.40	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	183.18	kN
Resistenza ultima a taglio ( $V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$ )	$V_{Rd}$	=	<b>183.18</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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

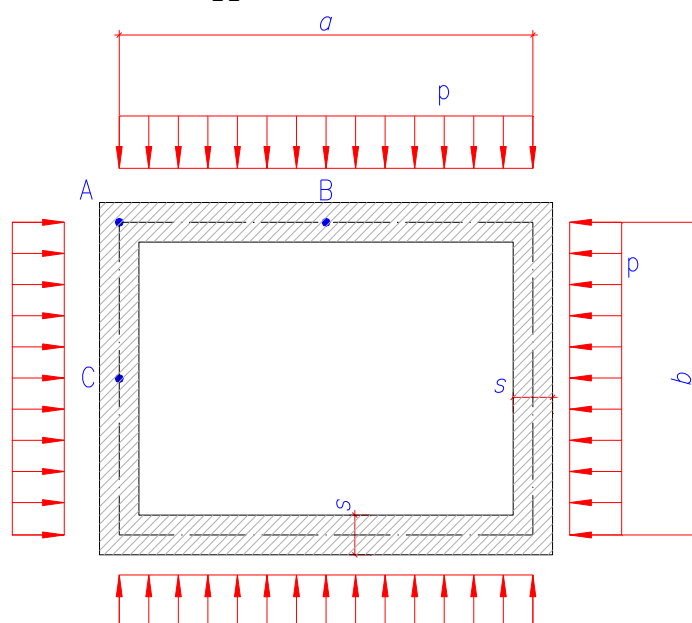
## 11 ANALISI POZZETTO DI CADUTA 3

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.

### 11.1 ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE

#### 11.1.1 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>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 11.1.2 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:

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

#### 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 11.1.3 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:

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



Considerando il rapporto k dato da:

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

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

si ottengono le seguenti sollecitazioni:

	<b>N<sub>B</sub></b> [kN]	<b>M<sub>A</sub></b> [kNm]	<b>M<sub>B</sub></b> [kNm]	<b>N<sub>C</sub></b> [kN]	<b>M<sub>C</sub></b> [kNm]	<b>T<sub>MAX</sub></b> [kN]
<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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

## 11.2 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 -  
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.

### 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11.3 VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

### 11.3.1 COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI

#### Momento positivo

##### CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
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 ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 76.78 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 -  
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  $\phi$ 14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
5  $\phi$ 14 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 ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 76.78 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = -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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11.3.2 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 ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 76.78 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

## 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 ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 76.78 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = -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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

## 11.4 VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO

### 11.4.1 FLESSIONE

#### METODO SEMIPROBABILISTICO - VERIFICA A ROTTURA

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0  
h2 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<sub>ck</sub> = 40.00 (N/mm<sup>2</sup>)  
Resistenza cubica iniziale (alla tesatura): R<sub>ckj</sub> = 32.00 (N/mm<sup>2</sup>)  
Soglia di snervamento acciaio normale: F<sub>yk</sub> = 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 :  $\alpha_c = 1.500$   
Coefficiente di sicurezza acciaio :  $\alpha_s = 1.150$   
Termine di lunga durata : F<sub>1</sub> = 0.850  
Rapporto R<sub>cy1</sub>/R<sub>cubo</sub>: F<sub>2</sub> = 0.830  
Resistenza di progetto calcestruzzo : F<sub>1</sub>·F<sub>2</sub>·R<sub>cubo</sub>/ $\alpha_c = 0.47R_{cubo}$   
Resistenza di progetto dell'acciaio : F<sub>sd</sub> = F<sub>yk</sub>/ $\alpha_s = 0.87F_{yk}$

#### 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<sub>d</sub> = 75.5 (KN.m)  
Sforzo di Progetto N<sub>d</sub> = -156.2 (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 5.2 (cm)  
Momento di Rottura M<sub>r</sub> = 124.8 (KN.m)  
Sforzo di Rottura N<sub>r</sub> = -156.6 (KN)  
Rottura nel Dominio 2  
Rapporto M<sub>r</sub>/M<sub>d</sub> = 1.653

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Condizione di carico 2

Momento di Progetto  $M_d = -37.8 \text{ (KN.m)}$   
Sforzo di Progetto  $N_d = -156.2 \text{ (KN)}$



Distanza asse neutro da lembo compresso = 5.2 (cm)

Momento di Rottura  $M_r = -124.8 \text{ (KN.m)}$

Sforzo di Rottura  $N_r = -156.6 \text{ (KN)}$

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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11.4.2 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:

$$V_{Rd} = [0.18 k (100 \alpha_1 f_{ck})^{1/3} / c + 0.15 \alpha_{cp}] b_w d (v_{min} + 0.15 \alpha_{cp}) b_w d$$

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

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

$\alpha_1 = A_{sl} / (b_w d)$  = rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\alpha \leq 0.02$ );

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

$b_w$  = 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	$\phi$	=	<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. ( $\leq 0.02$ )	$\alpha_l$	=	0.0022	-

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 ( $\leq 0.2 \sigma_{cd}$ )	$\sigma_{cp}$	=	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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11.5 ANALISI SOLETTA SUPERIORE

### 11.5.1 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:

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



#### 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>

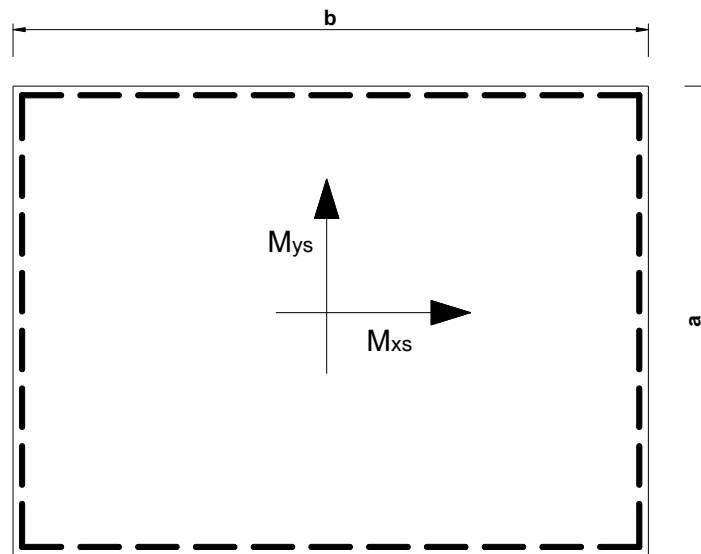
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 11.5.2 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Lo studio viene eseguito considerando una piastra di dimensioni pari a 2.9 m  $\square$  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:

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

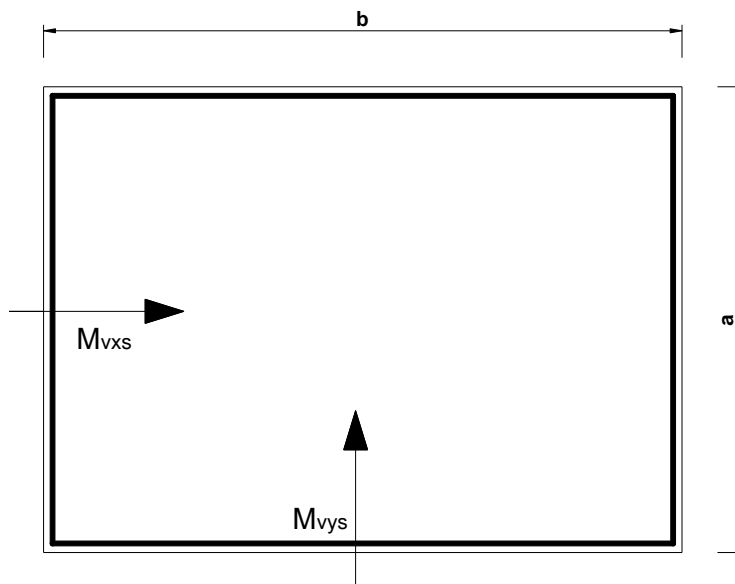
$$M_{ys} = k_{ys} q a^2$$

avendo assunto il coefficiente di Poisson pari a 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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:

$$M_{xvs} = k_{vxs} q b^2$$

$$M_{yvs} = k_{vys} q a^2$$



avendo assunto il coefficiente di Poisson pari a 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

## 11.6 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 -  
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  $\phi$ 14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
5  $\phi$ 14 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11.7 VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

### 11.7.1 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 ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 76.78 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 -  
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  $\phi$ 14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso  
5  $\phi$ 14 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 ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 76.78 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = -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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

## 11.7.2 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 ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 76.78 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 -  
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'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 ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 76.78 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = -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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0525_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						

## 11.8 VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO

### 11.8.1 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<sub>ck</sub> = 40.00 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Resistenza cubica iniziale (alla tesatura): R<sub>ckj</sub> = 32.00 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Soglia di snervamento acciaio normale: F<sub>yk</sub> = 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 :  $\alpha_c = 1.500$   
 Coefficiente di sicurezza acciaio :  $\alpha_s = 1.150$   
 Termine di lunga durata : F<sub>1</sub> = 0.850  
 Rapporto R<sub>cy1</sub>/R<sub>cubo</sub>: F<sub>2</sub> = 0.830  
 Resistenza di progetto calcestruzzo : F<sub>1</sub>·F<sub>2</sub>·R<sub>cubo</sub>/ $\alpha_c$  = 0.47R<sub>cubo</sub>  
 Resistenza di progetto dell'acciaio : F<sub>sd</sub> = F<sub>yk</sub>/ $\alpha_s$  = 0.87F<sub>yk</sub>

#### 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<sub>d</sub> = 19.2 (KN.m)  
 Sforzo di Progetto N<sub>d</sub> = 0.0 (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 4.4 (cm)  
 Momento di Rottura M<sub>r</sub> = 98.4 (KN.m)  
 Sforzo di Rottura N<sub>r</sub> = 0.3 (KN)  
 Rottura nel Dominio 2  
 Rapporto M<sub>r</sub>/M<sub>d</sub> = 5.123



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Condizione di carico 2

Momento di Progetto  $M_d = -23.4$  (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  $M_r/M_d = 4.207$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11.8.2 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:

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

$$\text{con: } k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{3/2}$$

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

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

$\rho_{cp} = N_{Ed} / A_c$  = tensione media di compressione nella sezione ( $\rho_{cp} \leq 0.2 \rho_{fcd}$ );

$b_w$  = 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	$\phi$	=	<b>14</b>	mm
Numero tendini 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 ( $\leq 0.2 \sigma_{cd}$ )	$\sigma_{cp}$	=	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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

## 12 ANALISI MURO DI SOSTEGNO

### 12.1 ANALISI DEI CARICHI

#### 12.1.1 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 440 cm e spessore pari a 70 cm; elevazione (unica risega) di altezza massima pari a 480 cm e spessore di 60 cm.

#### 12.1.2 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:



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

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

$$k_a = \frac{1 - \tan \varphi_k}{1 + \tan \varphi_k} \quad \frac{1 - \tan \varphi_d}{1 + \tan \varphi_d}$$

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
$\varphi_k$	=	38.00 °	angolo di attrito interno caratteristico del terreno
$\varphi_d$	=	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	=	5.50	altezza di spinta (in m)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 12.1.3 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.

## 12.2 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011


## 12.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

### 12.3.1 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	720.00		0.60	1.60	
Peso proprio ciabatta di fondazione	770.00		2.20	0.00	
Peso del terreno da rilevato su ciabatta posteriore	3360.00		2.65	-0.45	
Peso dei sovraccarichi permanenti su ciabatta posteriore	700.00		2.65	-0.45	
Spinte del terreno da rilevato a monte	352.65	753.51	4.40	-2.20	1.83
Spinte del terreno dovute a sovraccarichi permanenti	352.65	753.51	4.40	-2.20	2.75
Incr. sismico peso proprio elevazione (SLV)	50.05	100.11	0.60	1.60	3.10
Incr. sismico peso proprio ciabatta di fondazione (SLV)	53.53	107.06	2.20	0.00	0.35
Incr. sismico terreno da rilevato su ciabatta posteriore (SLV)	233.58	467.16	2.65	-0.45	3.10
Incr. sismico sovraccarichi perm. su ciabatta posteriore (SLV)	48.66	97.32	2.65	-0.45	0.70
Spinte sismiche del terreno da rilevato a monte (SLV)	490.12	1047.25	4.40	-2.20	1.83
Spinte sismiche del terreno dovute a sovraccarichi perm. (SLV)	490.12	1047.25	4.40	-2.20	2.75

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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 12.3.2 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  $\alpha_R = 1.0$  secondo la seguente espressione:

$$F_S = \frac{M_{stab}}{M_{rib}} = \frac{\sum_i \alpha_i N_i b_{i\ oriz(o)}}{\sum_i \alpha_i V_i b_{i\ vert}}$$

dove:  $\alpha_i$  = coefficiente di combinazione della forza  $N_i$  (vedi paragrafo 12.2);

$N_i$  = forza verticale (vedi paragrafo 12.3.1);

$b_{i\ oriz(o)}$  = braccio della forza verticale rispetto al centro di rotazione (vedi paragrafo 12.3.1);

$\alpha_i$  = coefficiente di combinazione della forza  $V_i$  (vedi paragrafo 12.2);

$V_i$  = forza orizzontale (vedi paragrafo 12.3.1);

$b_{i\ vert}$  = braccio della forza orizzontale rispetto al centro di rotazione (vedi par. 12.3.1).

Verifiche a ribaltamento		Comb. SLU_EQU	Comb. SLU_ECC	Comb. SLU_SISM
Momento stabilizzante totale	[kNm]	11597	12885	11989
Momento ribaltante totale	[kNm]	385	350	6664
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	[-]	30.10	36.79	1.80

### 12.3.3 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  $\alpha_R = 1.0$  secondo la seguente espressione:

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

dove:  $\alpha$  = coefficiente di attrito terreno/fondazione (posto ragionevolmente pari a 0.60);



$\alpha_i$  = coefficiente di combinazione della forza  $N_i$  (vedi par. 12.2);

$N_i$  = forza verticale (vedi par. 12.3.1);

$\alpha_i$  = coefficiente di combinazione della forza  $V_i$  (vedi par. 12.2);

$V_i$  = forza orizzontale (vedi par. 12.3.1).

Verifiche a scivolamento		Comb. SLU_GEO-1	Comb. SLU_ECC	Comb. SLU_SISM
Forza di attrito totale	[kN/m]	3330	3330	3099
Forza di scorrimento totale	[kN/m]	1507	1507	2866
Coefficiente di sicurezza allo scivolamento	[-]	2.21	2.21	1.08

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

### 12.3.4 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:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} B N_s i_c N_c s_c d_c i_c q N_q s_q d_q i_q$$

- 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;
  - $N_b, N_c, N_q$  = coefficienti di capacità portante;
  - $s_b, s_c, s_q$  = coefficienti di forma;
  - $i_b, i_c, i_q$  = 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:*

$$B = B_R \left( 1 + \frac{M}{N} \right)$$

- 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:*

$$q' = \gamma_t D$$

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



- *Coefficienti di capacità portante:*

$$N_q = \left( \frac{\gamma}{\gamma_{sat}} \right) \tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2}) e^{c \cot(\phi)}$$

$$N_c = (N_q + 1) \cot(\phi)$$

$$N_b = 2 (N_q + 1) \tan(\phi)$$



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

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

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

$$s = 1 - 0.1 \frac{B}{L} \frac{1 - \sin(\alpha')}{1 + \sin(\alpha')}$$

$$s_q = s$$

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

dove:  $\alpha'$  = 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:*

$$d_q = 1 - 2 \frac{D}{B} \frac{\tan(\alpha')}{1 + \sin(\alpha')} \quad \text{per } D/B \leq 1$$

$$d_q = 1 - 2 \tan(\alpha') [1 - \sin(\alpha')]^2 \text{ctg} \frac{D}{B} \quad \text{per } D/B > 1$$

$$d_c = d_q \frac{1 - d_q}{N_c \tan(\alpha')}$$

dove:  $\alpha'$  = 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:*

$$i = 1 - \frac{H}{N B L c' \text{ctg}(\alpha')} \quad (m \leq 1)$$

$$i_q = 1 - \frac{H}{N B L c' \text{ctg}(\alpha')}^m \quad \text{con: } m = \frac{2 B/L}{1 B/L}$$

$$i_c = i_q \frac{1 - d_q}{N_c \tan(\alpha')}$$

dove:  $\alpha'$  = 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

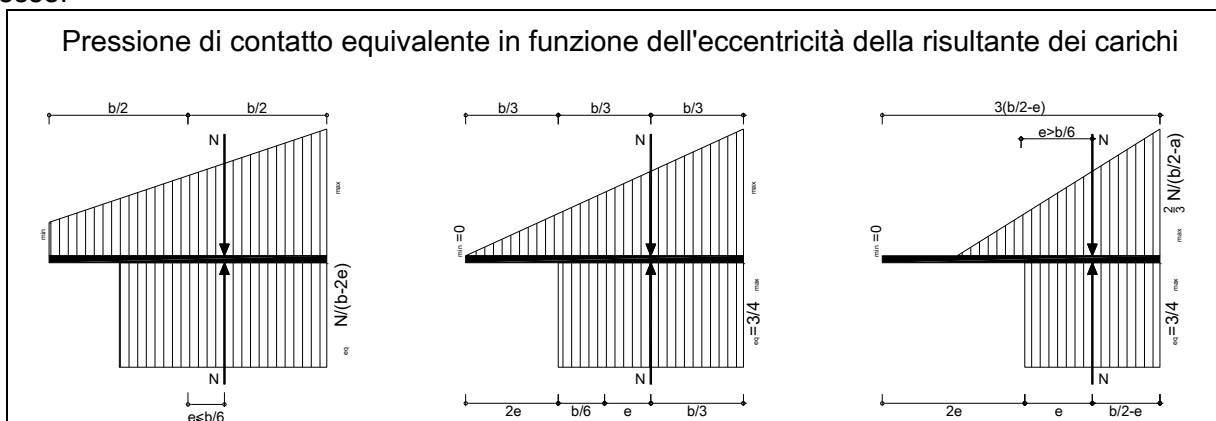
- H = azione parallela al piano di posa sulla fondazione;
- $N_c$  = coefficiente di capacità portante (definito in precedenza);
- $d_q$  = coefficiente dipendente dalla profondità del piano di posa (definito in precedenza).

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:

$$S_d \leq R_d \frac{lim}{R}$$

- dove:  $\sigma_{Sd}$  = pressione equivalente sul terreno;
- $\sigma_{lim}$  = portata limite unitaria calcolata secondo Brinch-Hansen;
- $\sigma_R$  = 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 di portata.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0525_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>	<b>M</b> [kNm]	4330	4330	4330	6036
	<b>N</b> [kN]	5550	5550	5550	5164
	<b>H</b> [kN]	1507	1507	1507	2866
	<b>e</b> [m]	0.78	0.78	0.78	1.17
<b>Caratteristiche geometriche della fondazione</b>	<b>B<sub>R</sub></b> [m]	4.40	4.40	4.40	4.40
	<b>B</b> [m]	2.84	2.84	2.84	2.06
	<b>L</b> [m]	10.00	10.00	10.00	10.00
	<b>D</b> [m]	1.50	1.50	1.50	1.50
	<b>q'</b> [kN/m <sup>2</sup> ]	30.00	30.00	30.00	30.00
<b>Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione</b>	<b>α</b> [°]	32.01	32.01	32.01	32.01
	<b>c</b> [kN/m <sup>2</sup> ]	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>α<sub>fond</sub></b> [kN/m <sup>3</sup> ]	21.00	21.00	21.00	21.00
	<b>β</b> [°]	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>β</b> [°]	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Calcolo della portata limite e di progetto del terreno</b>	<b>q<sub>LIM-attr.</sub></b> [kN/m <sup>2</sup> ]	408.46	408.46	408.46	70.73
	<b>q<sub>LIM-coes.</sub></b> [kN/m <sup>2</sup> ]	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>q<sub>LIM-car.lat.</sub></b> [kN/m <sup>2</sup> ]	495.78	495.78	495.78	202.79
	<b>q<sub>LIM</sub></b> [kN/m <sup>2</sup> ]	904.23	904.23	904.23	273.52
	<b>F<sub>s</sub></b> [-]	1.00	1.00	1.00	1.00
	<b>q<sub>d</sub></b> [kN/m <sup>2</sup> ]	<b>904.23</b>	<b>904.23</b>	<b>904.23</b>	<b>273.52</b>
<b>Sforzi sul terreno di fondazione</b>	<b>σ<sub>max</sub></b> [kN/m <sup>2</sup> ]	260.60	260.60	260.60	333.86
	<b>σ<sub>min</sub></b> [kN/m <sup>2</sup> ]	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>L<sub>reag</sub></b> [m]	4.26	4.26	4.26	3.09
	<b>σ<sub>eq</sub></b> [kN/m <sup>2</sup> ]	<b>195.45</b>	<b>195.45</b>	<b>195.45</b>	<b>250.40</b>

dove:

<b>M</b>	il momento flettente alla base dell'opera
<b>N</b>	l'azione verticale alla base dell'opera
<b>H</b>	l'azione orizzontale alla base dell'opera
<b>B<sub>R</sub></b>	la larghezza reale della fondazione
<b>B</b>	la larghezza ridotta della fondazione
<b>σ<sub>min</sub></b>	la sollecitazione minima sul terreno
<b>σ<sub>max</sub></b>	la sollecitazione massima sul terreno
<b>σ<sub>eq</sub></b>	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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

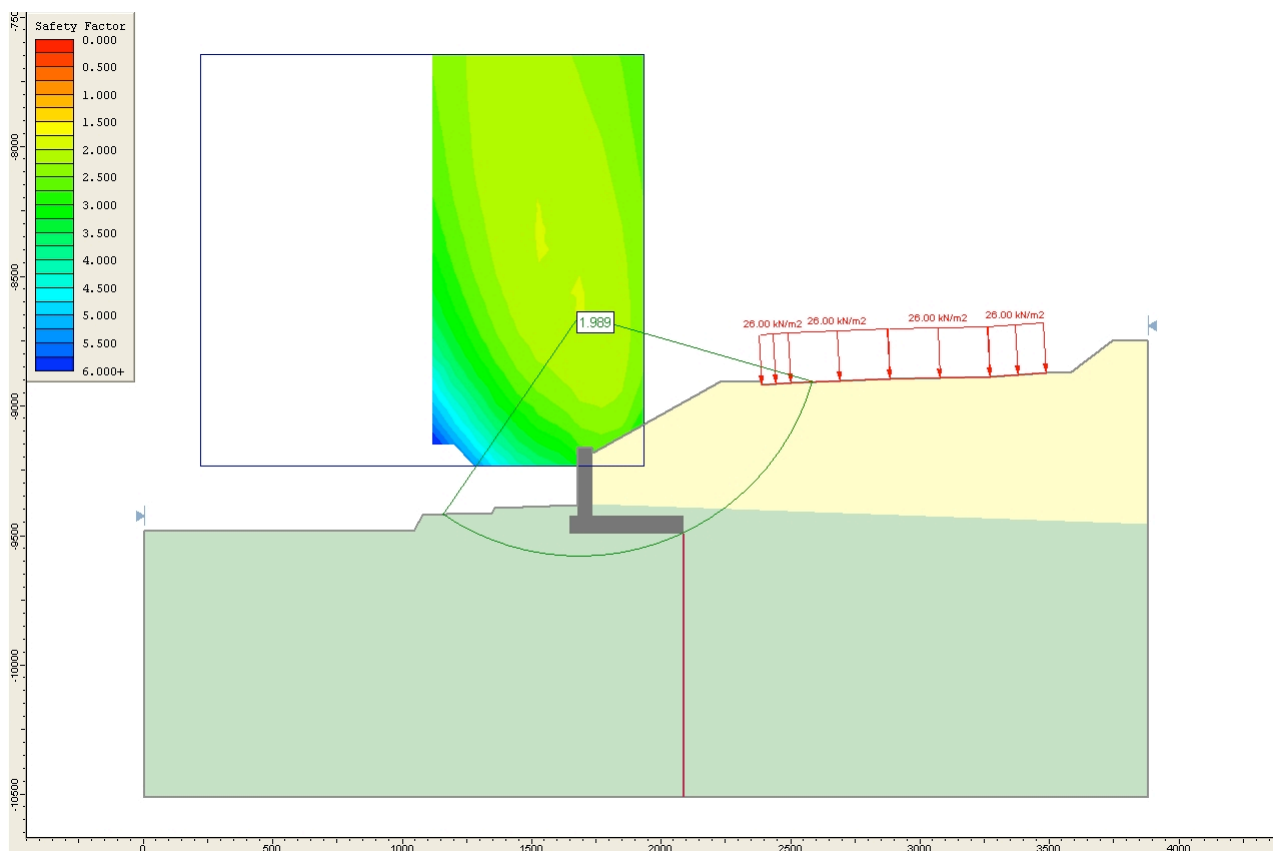
### 12.3.5 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE MURO-TERRENO

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.

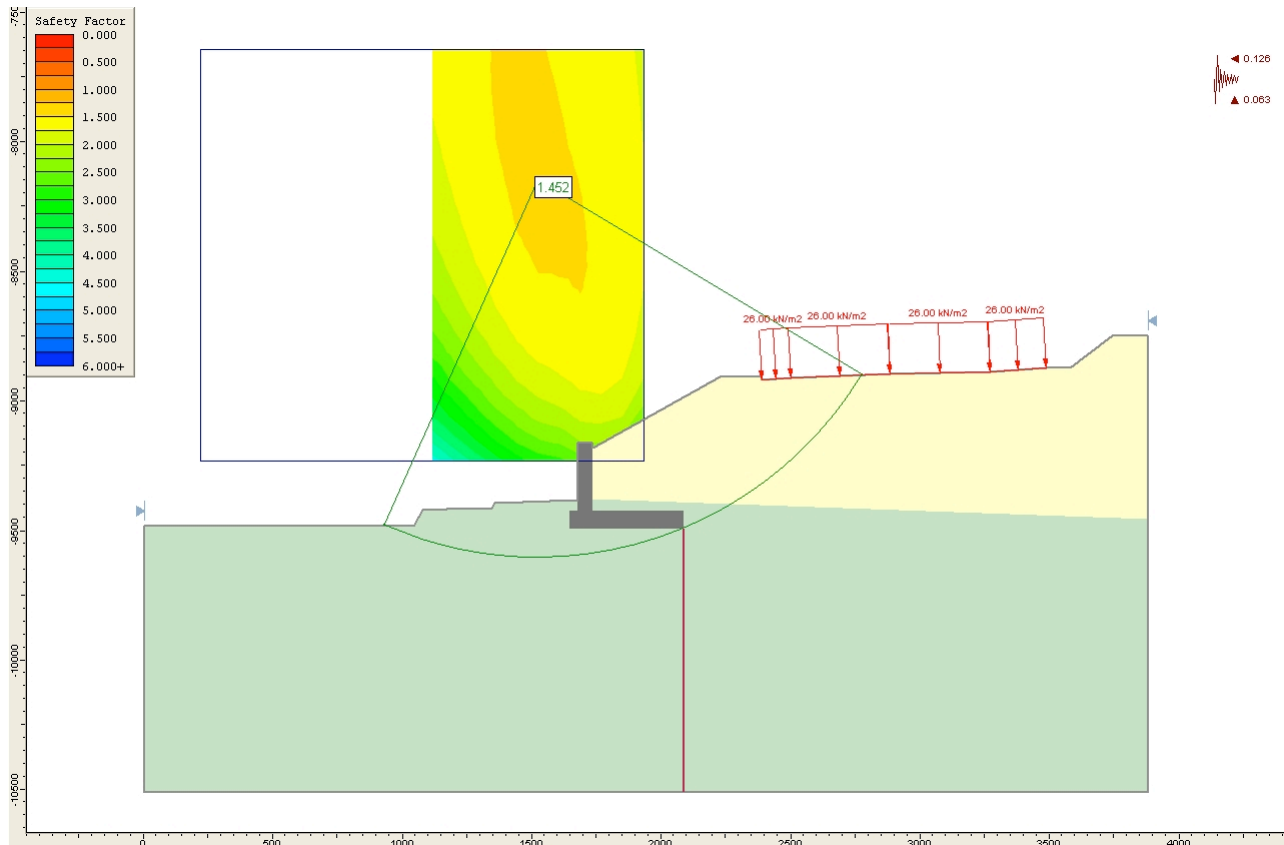
Le analisi di stabilità sono state condotte sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche facendo riferimento alle indicazioni riportate in precedenza; in particolare si assume:

$$\alpha_r \geq 1.1$$

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=1.989*



*Analisi di stabilità caso sismico: FS=1.452*

Si precisa che le analisi di stabilità sono state condotte a favore di sicurezza trascurando il contributo benefico dei coni delle scarpate a valle del muro di sostegno (che ricoprono parte dell'elevazione e aiutano a stabilizzare l'opera).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 12.4 VERIFICHE DELL'ELEVAZIONE



### 12.4.1 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	72.00		0.00	
Spinte del terreno da rilevato a monte	21.17	45.23	-0.30	1.60
Spinte del terreno dovute a sovraccarichi permanenti	24.26	51.83	-0.30	2.40
Spinte del terreno dovute a sovraccarichi accidentali	0.00	0.00	-0.30	2.40
Azioni concentrate in testa muro		0.00		0.00
Increment. sismico peso proprio elevazione (SLD)	1.36	2.72	0.00	2.40
Spinte sismiche terreno da rilevato a monte (SLD)	23.20	49.57	-0.30	1.60
Spinte sismiche terreno dovute a sovracc. perm. (SLD)	26.58	56.80	-0.30	2.40
Increment. sismico peso proprio elevazione (SLV)	5.01	10.01	0.00	2.40
Spinte sism. terreno da rilevato a monte (SLV)	30.14	64.40	-0.30	1.60
Spinte sism. terreno dovute a sovracc. perm. (SLV)	34.53	73.79	-0.30	2.40

	N [kN/m]	V [kN/m]	M [kNm/m]
SLU_STR	72	126	238
SLU_ECC	72	97	183
SLU_SISM	67	245	468
SLE_QP	72	97	183
SLE_FR	72	97	183
SLE_CAR	72	97	183
SLE_SISM	71	109	207

(nella tabella precedente N positiva se di compressione).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

## 12.4.2 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): | ■ 14/20 | (ripartitori esterni: ■ 10/20) |
| ■ Estradosso:                | ■ 20/10 | (ripartitori esterni: ■ 10/10) |

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 60.0    b3 100.0

### Descrizione dell'armatura normale

10 ø20 mm posizionati a 6.0 cm da intradosso  
5 ø14 mm posizionati a 54.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 3911.3 (mm<sup>2</sup>)    a 15.5 cm da intrad.

### Convenzioni di segno

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

Coefficiente d'omogeneizzazione dell'armatura =15

### Condizione di carico 1

Momento = 183.0 (KN.m)  
Sforzo normale = -72.0 (KN)


Compressione massima nel calcestruzzo = -4.05 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 110.87 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 19.1 (cm)  
Braccio di leva interno = 47.9 (cm)

### Condizione di carico 2

Momento = 207.0 (KN.m)  
Sforzo normale = -71.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -4.56 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 126.86 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 18.9 (cm)  
Braccio di leva interno = 48.0 (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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

### 12.4.3 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 60.0 b3 100.0

#### Descrizione dell'armatura normale

10 ø20 mm posizionati a 6.0 cm da intradosso  
5 ø14 mm posizionati a 54.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 3911.3 (mm<sup>2</sup>) a 15.5 cm da intrad.

Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'intradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 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 ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 196.11 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = 233.46 (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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0525_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						

## 12.4.4 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 60.0 b3 100.0

### Descrizione dell'armatura normale

10 ø20 mm posizionati a 6.0 cm da intradosso  
 5 ø14 mm posizionati a 54.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 3911.3 (mm<sup>2</sup>) a 15.5 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 :  $\alpha_c = 1.500$   
 Coefficiente di sicurezza acciaio :  $\alpha_s = 1.150$   
 Termine di lunga durata :  $F_1 = 0.850$   
 Rapporto  $R_{cyl}/R_{cubo}$ :  $F_2 = 0.830$   
 Resistenza di progetto calcestruzzo :  $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \alpha_c = 0.47 R_{cubo}$   
 Resistenza di progetto dell'acciaio :  $F_{sd} = F_{yk} / \alpha_s = 0.87 F_{yk}$

### 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  $M_d = 238.0$  (KN.m)  
 Sforzo di Progetto  $N_d = -72.0$  (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 10.4 (cm)  
 Momento di Rottura  $M_r = 620.1$  (KN.m)  
 Sforzo di Rottura  $N_r = -71.9$  (KN)  
 Rottura nel Dominio 2  
 Rapporto  $M_r/M_d = 2.605$

### Condizione di carico 2

Momento di Progetto  $M_d = 183.0$  (KN.m)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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  $N_d = -72.0 \text{ (KN)}$

Distanza asse neutro da lembo compresso = 10.4 (cm)

Momento di Rottura  $M_r = 620.1 \text{ (KN.m)}$

Sforzo di Rottura  $N_r = -71.9 \text{ (KN)}$

Rottura nel Dominio 2

Rapporto  $M_r/M_d = 3.388$

Condizione di carico 3

Momento di Progetto  $M_d = 468.0 \text{ (KN.m)}$

Sforzo di Progetto  $N_d = -67.0 \text{ (KN)}$

Distanza asse neutro da lembo compresso = 10.4 (cm)

Momento di Rottura  $M_r = 618.9 \text{ (KN.m)}$

Sforzo di Rottura  $N_r = -66.8 \text{ (KN)}$

Rottura nel Dominio 2

Rapporto  $M_r/M_d = 1.322$

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 12.4.5 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	$R_{ck}$	=	40	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	$V_{Ed}$	=	245.00	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$	$N(V_{Ed})$	=	67.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$	$M(V_{Ed})$	=	468.00	kNm

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

Altezza utile della sezione	$d$	=	540	mm
Larghezza minima della sezione	$b_w$	=	1000	mm

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

Diametro ferri longitudinali	$\phi$	=	20	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n$	=	10	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl}$	=	3140	mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ )	$\rho_l$	=	0.0058	--

##### 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	$v_{min}$	=	0.41	N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 \rho_l f_{cd}$ )	$\sigma_{cp}$	=	0.12	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,mi}$	=	232.22	kN
<b>Resistenza ultima a taglio (<math>V_{Rd} \geq V_{Rd,min}</math>)</b>	$V_{Rd}$	=	289.67	kN

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

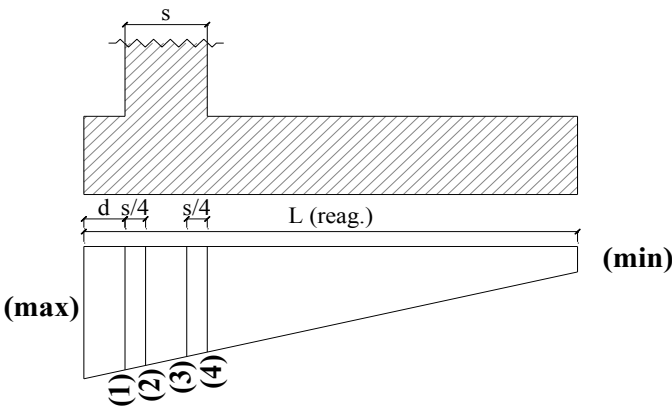
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 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						



taglio.

## 12.5 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>Indicare il rapporto limite di snellezza h/L:</b>			<b>1.20</b>
<b>Tipologia della mensola anteriore:</b>	<b>TOZZA</b>	$h/L = 0.43$	$< 1.20$
<b>Tipologia della mensola posteriore:</b>	<b>SNELLA</b>	$h/L = 5.00$	$> 1.20$




		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 12.5.1 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>horiz</sub> [m]	b <sub>vert</sub> [m]
Peso proprio elevazione	72.00		1.60	
Peso proprio ciabatta di fondazione	77.00		0.00	
Peso del terreno da rilevato su ciabatta posteriore	336.00		-0.45	
Peso dei sovraccarichi permanenti su ciabatta posteriore	70.00		-0.45	
Spinte del terreno da rilevato a monte	27.79	59.38	-2.20	1.83
Spinte del terreno dovute a sovraccarichi permanenti	27.79	59.38	-2.20	2.75
Incres. sismico peso proprio elevazione (SLV)	5.01	10.01	1.60	3.10
Incres. sismico peso proprio ciabatta di fondazione (SLV)	5.35	10.71	0.00	0.35
Incres. sismico terreno da rilevato su ciabatta posteriore (SLV)	23.36	46.72	-0.45	3.10
Incres. sismico sovraccarichi perm. su ciabatta posteriore (SLV)	4.87	9.73	-0.45	0.70
Spinte sismiche del terreno da rilevato a monte (SLV)	39.57	84.55	-2.20	1.83
Spinte sismiche del terreno dovute a sovraccarichi perm. (SLV)	39.57	84.55	-2.20	2.75
Incres. sismico peso proprio elevazione (SLD)	1.36	2.72	1.60	3.10
Incres. sismico peso proprio ciabatta di fondazione (SLD)	1.46	2.91	0.00	0.35
Incres. sismico terreno da rilevato su ciabatta posteriore (SLD)	6.35	12.70	-0.45	3.10
Incres. sismico sovraccarichi perm. su ciabatta posteriore (SLD)	1.32	2.65	-0.45	0.70
Spinte sismiche del terreno da rilevato a monte (SLD)	30.46	65.08	-2.20	1.83
Spinte sismiche del terreno dovute a sovraccarichi perm. (SLD)	30.46	65.08	-2.20	2.75

Azioni mensola snella	AZIONI PER VERIFICHE	
	V [kN/m]	M [kNm/m]
Combinazione di carico SLU_STR	3	-58
Combinazione di carico SLU_ECC	0	-41
Combinazione di carico SLU_SISM	-114	-406
Combinazione di carico SLE_QP	0	-41
Combinazione di carico SLE_FR	0	-41
Combinazione di carico SLE_CAR	-7	-55

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 12.5.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Per la mensola snella si adotta la seguente armatura:

- ▣ Intradosso fondazione:           ▣ 20/10 (ripartitori esterni: ▣ 10/10)
- ▣ Estradosso fondazione:         ▣ 14/20 (ripartitori esterni: ▣ 10/20)

Si considera una sezione trasversale di conglomerato pari a 100 cm × 70 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 -  
Unita` di misura: (cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100.0  
h2 70.0    b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.3 cm da intradosso  
10 ø20 mm posizionati a 64.0 cm da intradosso

Area armatura normale = 3911.3 (mm<sup>2</sup>)        a 52.4 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 =            0.0 (KN)



Compressione massima nel calcestruzzo    =    -0.67 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio                =    22.68 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso =    19.6 (cm)  
Braccio di leva interno                        =    57.6 (cm)

Condizione di carico 2

Momento            =        -55.0 (KN.m)  
Sforzo normale =            0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo    =    -0.90 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio                =    30.42 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso =    19.6 (cm)  
Braccio di leva interno                        =    57.6 (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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 12.5.3 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 -  
Unita` di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100.0  
h2 70.0 b3 100.0

#### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.3 cm da intradosso  
10 ø20 mm posizionati a 64.0 cm da intradosso

Area armatura normale = 3911.3 (mm<sup>2</sup>) a 52.4 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 ( $f_{ctm}$ ) = 26.0 kg/cm<sup>2</sup>

Momento di prima fessurazione ( $M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$ ) = 216.88 (KN.m)

Momento di fessurazione ( $M = f_{ctm}$ ) = -2.582E+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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0525_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						

## 12.5.4 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 70.0 b3 100.0

### Descrizione dell'armatura normale

5 ø14 mm posizionati a 5.3 cm da intradosso  
 10 ø20 mm posizionati a 64.0 cm da intradosso

Area armatura normale = 3911.3 (mm<sup>2</sup>) a 52.4 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<sub>ck</sub> = 30.00 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Resistenza cubica iniziale (alla tesatura): R<sub>ckj</sub> = 25.00 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Soglia di snervamento acciaio normale: F<sub>yk</sub> = 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<sub>1</sub> = 0.850  
 Rapporto R<sub>cy1</sub>/R<sub>cubo</sub>: F<sub>2</sub> = 0.830  
 Resistenza di progetto calcestruzzo : F<sub>1</sub>·F<sub>2</sub>·R<sub>cubo</sub>/ $\gamma_c = 0.47R_{cubo}$   
 Resistenza di progetto dell'acciaio : F<sub>sd</sub> = F<sub>yk</sub>/ $\gamma_s = 0.87F_{yk}$

### 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<sub>d</sub> = -58.0 (KN.m)  
 Sforzo di Progetto N<sub>d</sub> = 0.0 (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 12.5 (cm)  
 Momento di Rottura M<sub>r</sub> = -713.9 (KN.m)  
 Sforzo di Rottura N<sub>r</sub> = -1.9 (KN)  
 Rottura nel Dominio 2  
 Rapporto M<sub>r</sub>/M<sub>d</sub> = 12.309

### Condizione di carico 2

Momento di Progetto M<sub>d</sub> = -41.0 (KN.m)



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 di Progetto  $N_d = 0.0$  (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 12.5 (cm)

Momento di Rottura  $M_r = -713.9$  (KN.m)

Sforzo di Rottura  $N_r = -1.9$  (KN)

Rottura nel Dominio 2

Rapporto  $M_r/M_d = 17.412$

Condizione di carico 3

Momento di Progetto  $M_d = -406.0$  (KN.m)

Sforzo di Progetto  $N_d = 0.0$  (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 12.5 (cm)



Momento di Rottura  $M_r = -713.9$  (KN.m)

Sforzo di Rottura  $N_r = -1.9$  (KN)

Rottura nel Dominio 2

Rapporto  $M_r/M_d = 1.758$

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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 12.5.5 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	$V_{Ed} = 114.00$ 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	$d = 640$ mm
Larghezza minima della sezione	$b_w = 1000$ mm



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

Diametro ferri longitudinali	$\sigma = 20$ mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n = 5$ --
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl} = 1570$ mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ )	$\sigma_l = 0.0025$ --

#### Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione ( $\leq 2$ )	$k = 1.56$ --
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	$v_{min} = 0.34$ N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2\sigma_{fcd}$ )	$\sigma_{cp} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,mi} = 217.58$ kN
<b>Resistenza ultima a taglio (<math>V_{Rd} \geq V_{Rd,min}</math>)</b>	<b><math>V_{Rd} = 218.87</math> kN</b>

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

		<p align="center"><b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO</p>		<p><i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>



taglio.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 12.6 VERIFICA MENSOLA TOZZA

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

Azioni mensola tozza	$F_{\text{reaz}}$ [kN/m]	$b_{\text{Freaz}}$ [m]	$F_{\text{tir}}$ [kN/m]	$\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]
<b>Combinazione di carico SLU_STR</b>	80.10	0.23	30.52	3.96
<b>Combinazione di carico SLU_ECC</b>	72.76	0.23	27.66	3.59
<b>Combinazione di carico SLU_SISM</b>	112.78	0.23	43.57	5.66

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 13 ANALISI DELLE PARATIE PROVVISORIE

### 13.1 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	G1	0.9	1.0	1.0
	sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	favorevole	G2	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	favorevole	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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

parametro	simbolo	coeff. parziale	M1	M2
tangente angolo di attrito	$\tan \delta_k$	$\delta$	1.00	1.25
coesione efficace	$c'_k$	$c'$	1.00	1.25
resistenza non drenata	$c_{uk}$	$c_u$	1.00	1.40
peso unità di volume			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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 13.2 STRATIGRAFIA DI PROGETTO

Di seguito si riportano i parametri geotecnici caratteristici delle varie unità assunti nei calcoli, conformi a quanto riportato nel paragrafo 5.2.

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).

## 13.3 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"><i>Rev</i></td> <td><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

$$K_0 = 1 - \sin \alpha \quad (\text{spinta a riposo})$$

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 la relazioni di Rankine: il valore dell'angolo di attrito terreno-paratia ( $\alpha$ ) è stato assunto pari a  $0.5\alpha$  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:

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha - \beta)}{\sin^2 \alpha \left[ 1 - \frac{\sin(\alpha - \beta) \sin(\alpha - \delta)}{\sin(\alpha) \sin(\alpha - \delta)} \right]^2} \quad (\text{spinta attiva})$$

- dove:
- $\phi$  = angolo d'attrito del terreno;
  - $\beta$  = inclinazione del paramento di monte del muro ( $90^\circ$ );
  - $\delta$  = angolo d'attrito lungo la superficie di rottura;
  - $\alpha$  = Inclinazione del pendio a monte.

La relazione di Rankine per il calcolo della spinta passiva è:

$$K_p = \frac{1 + \sin \alpha}{1 - \sin \alpha} \quad (\text{spinta passiva})$$

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.

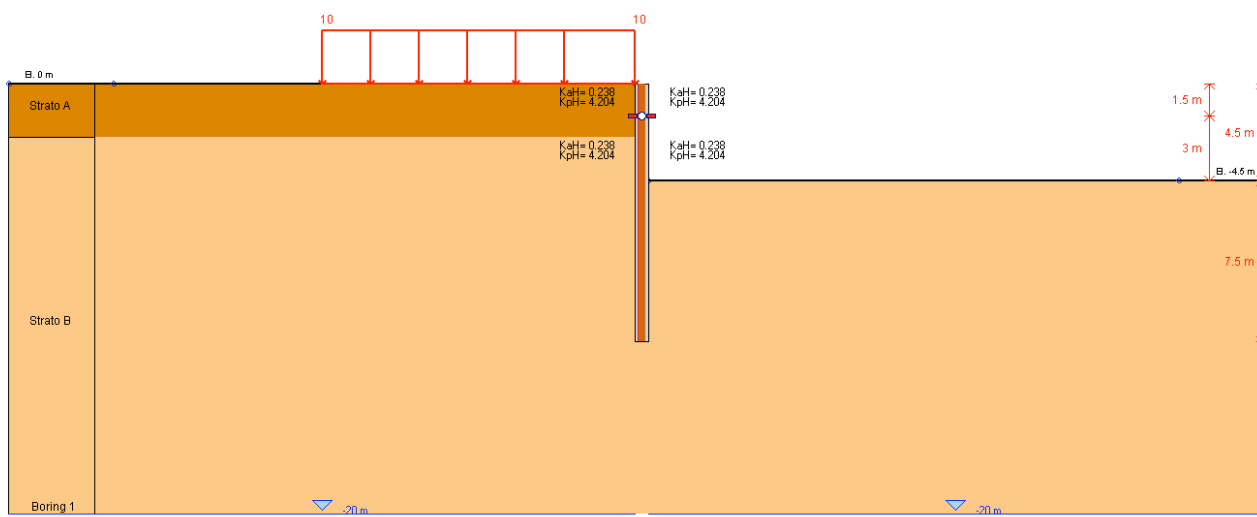
Unità [-]	S.L. [-]	Valori [-]	Approccio [-]	$\alpha$ [°]	$K_0$ [-]	$K_{ha}$ [-]	$K_{hp}$ [-]
<b>A</b>	S.L.E.	caratteristici	-	38	0.38	0.24	4.20
	S.L.U.	caratteristici	A1+M1+R1	38	0.38	0.24	4.20
	S.L.U.	progetto	A2+M2+R1	32	0.47	0.31	3.26
<b>B</b>	S.L.E.	caratteristici	-	38	0.38	0.24	4.20
	S.L.U.	caratteristici	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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 13.4 PARATIA H=4.50M

Il tratto in oggetto della paratia viene realizzato mediante micropali  $\square$  220 mm di lunghezza 12 m e interasse 30 cm (armati con profili metallici PM127 $\square$ 8) 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**

#### 13.4.1 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>Quota testa paratia</b> [m]	<b>Quota fondo scavo</b> [m]	<b>Ordini di contrasti</b> [n°]
<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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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).

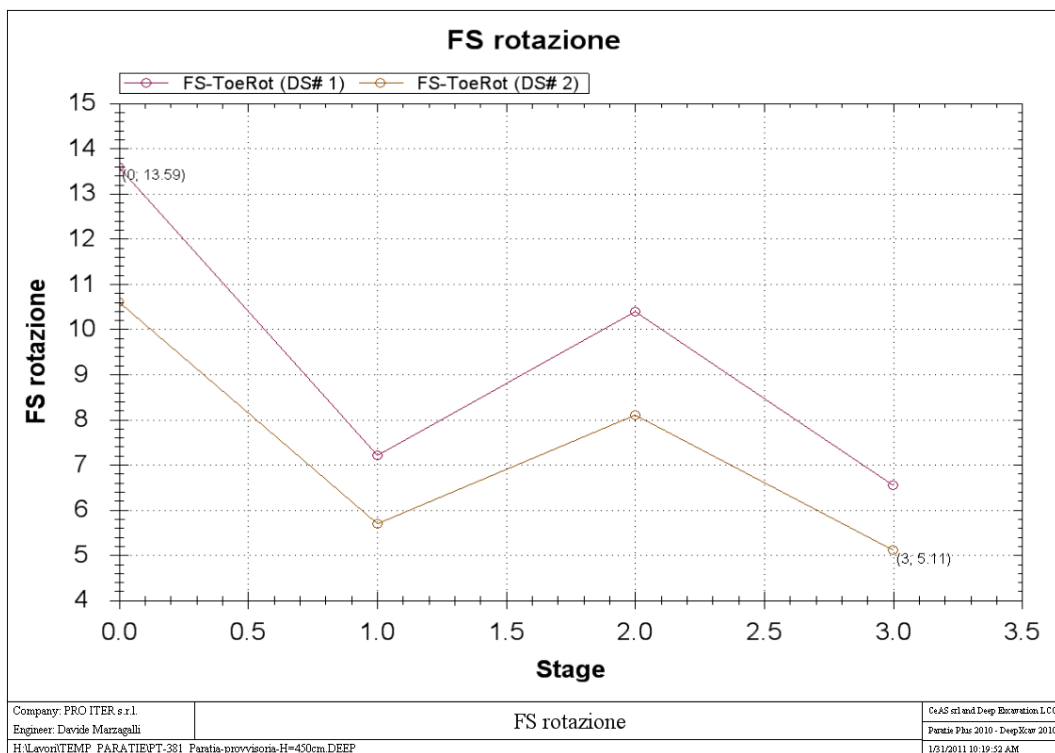
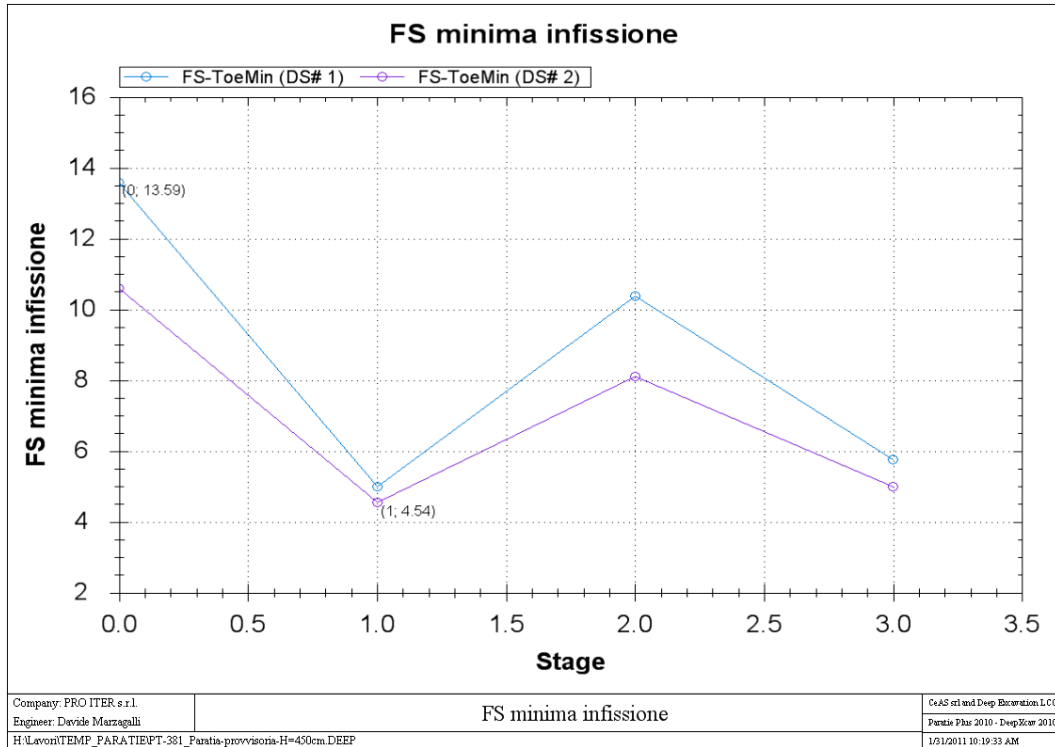
▣ **STEP 2: Messa in opera 1° ordine di contrasti**

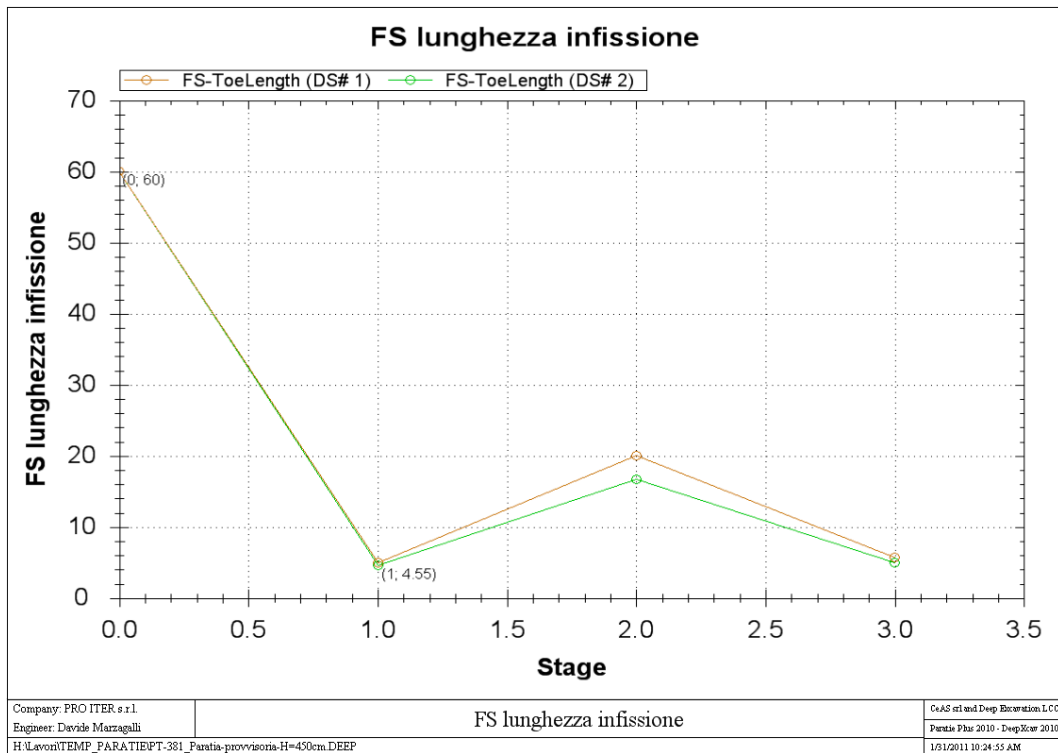
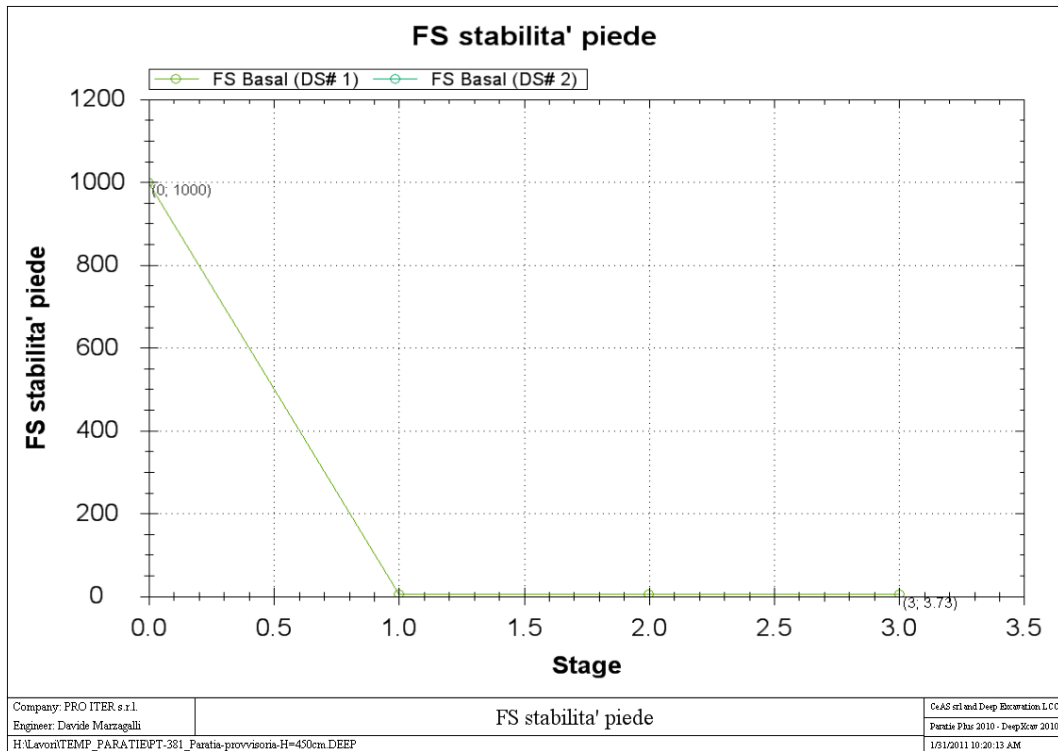
In tale fase viene considerato attivo il 1° ordine di contrasti (vincolo fisso).



▣ **STEP 3: Fondo scavo**

Corrisponde alla fase di scavo a valle fino al raggiungimento di quota -4.50 m (fondo scavo).

### 13.4.2 VERIFICHE GEOTECNICHE





		<p align="center"><b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO</p>		<p><i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

### 13.4.3 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE PARATIA-TERRENO

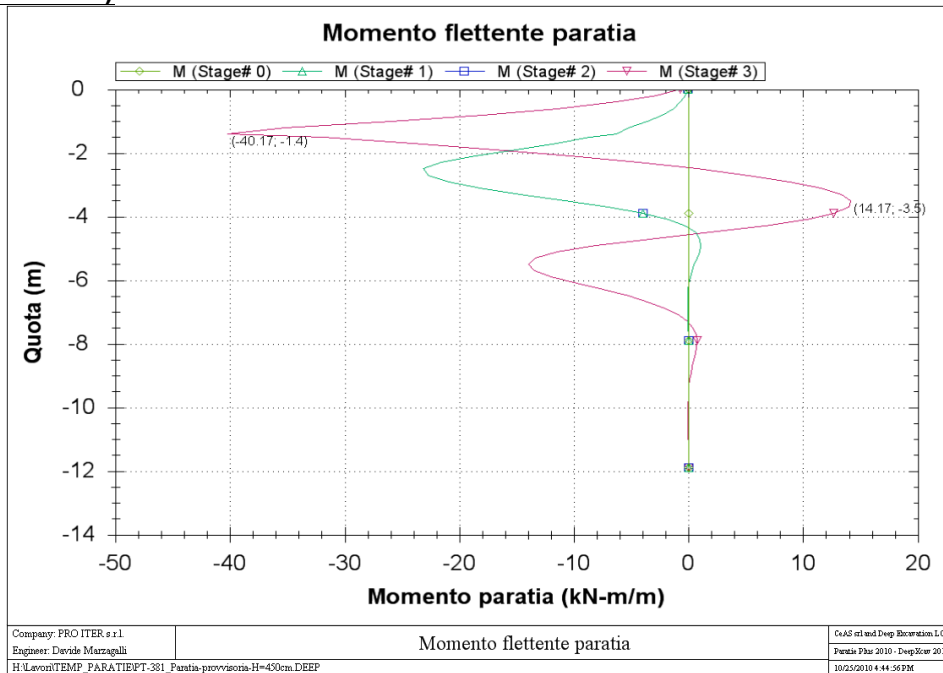
Poichè la paratia risulta di profondità minore rispetto a quella analizzata nel paragrafo 13.5 e tenuto conto della conformazione più favorevole del rilevato, per le verifiche di stabilità si rimanda a quanto svolto per la paratia successiva.

### 13.4.4 RISULTATI DELLE ANALISI

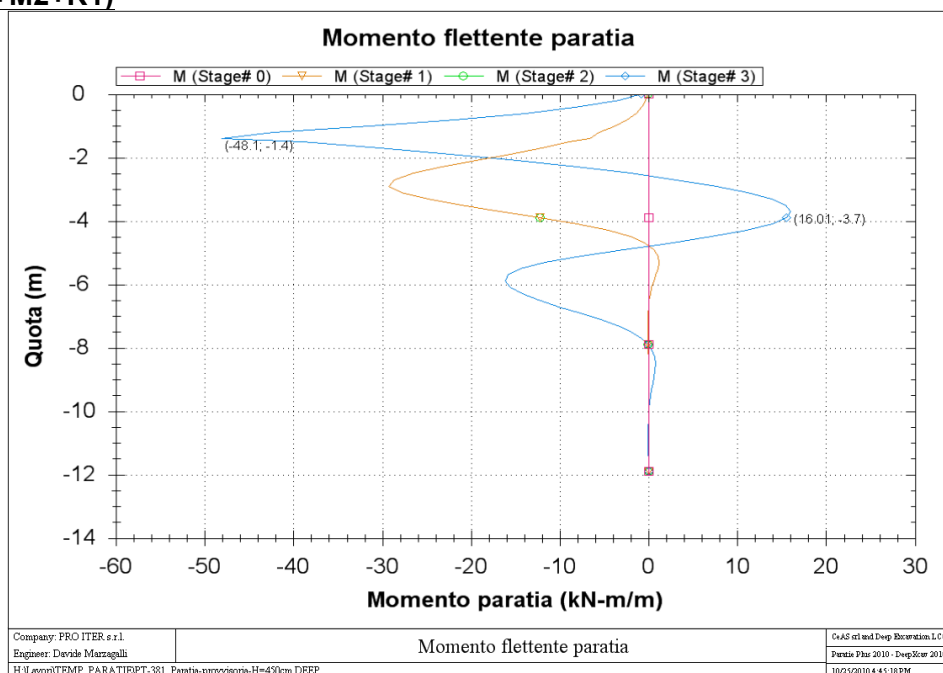
Di seguito vengono presentati i diagrammi dei momenti flettenti, dei tagli e delle azioni assiali nei contrasti per le due combinazioni di carico analizzate a Stato Limite Ultimo e le deformazioni a Stato Limite di Esercizio.

### 13.4.4.1 DIAGRAMMI DEL MOMENTO FLETTENTE

#### Comb1 (A1+M1+R1)

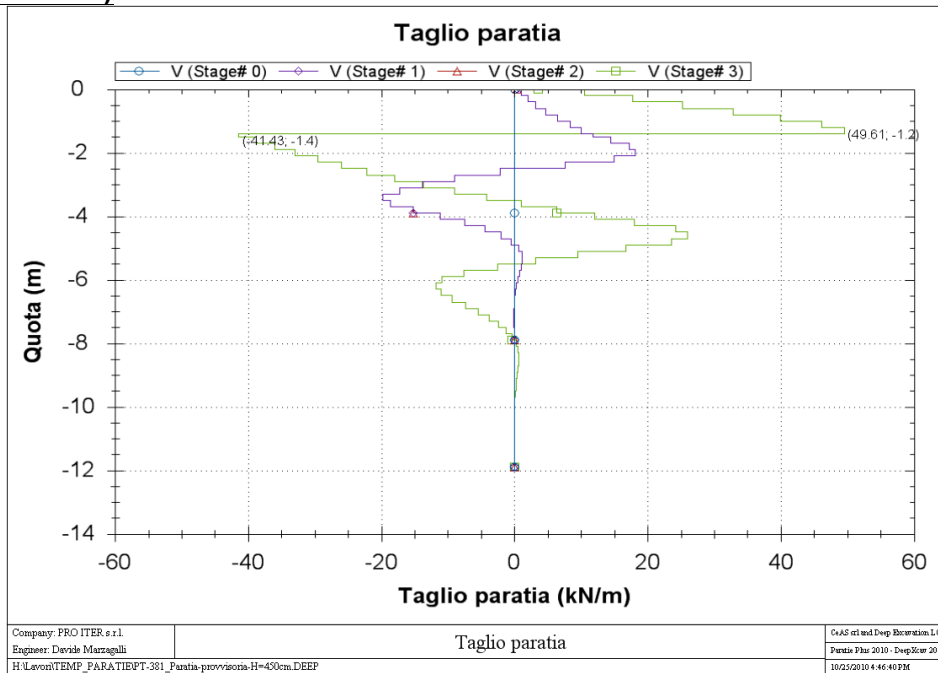


#### Comb2 (A2+M2+R1)

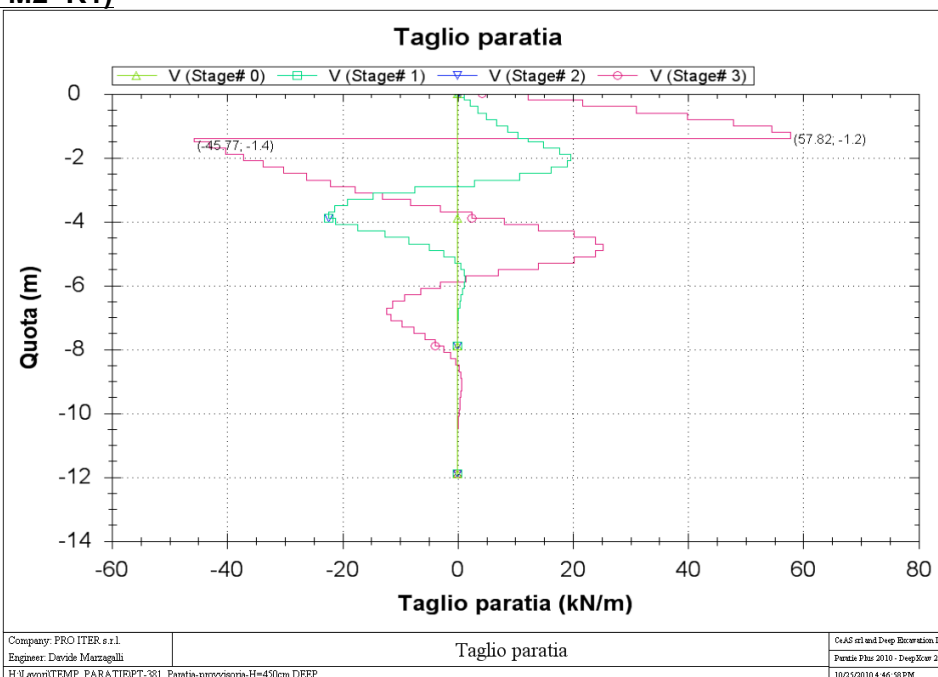




**13.4.4.2 DIAGRAMMI DEL TAGLIO**

**Comb1 (A1+M1+R1)**



**Comb2 (A2+M2+R1)**

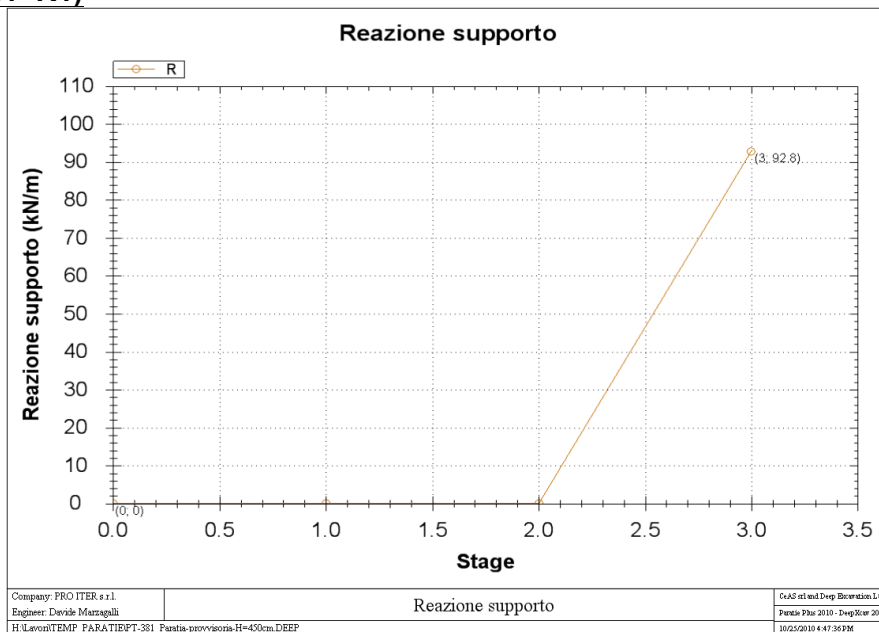


		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0525_F0.doc	<table border="1"> <tr> <td><b>Rev</b></td> <td><b>Data</b></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<b>Rev</b>	<b>Data</b>	F0	20/06/2011
<b>Rev</b>	<b>Data</b>						
F0	20/06/2011						

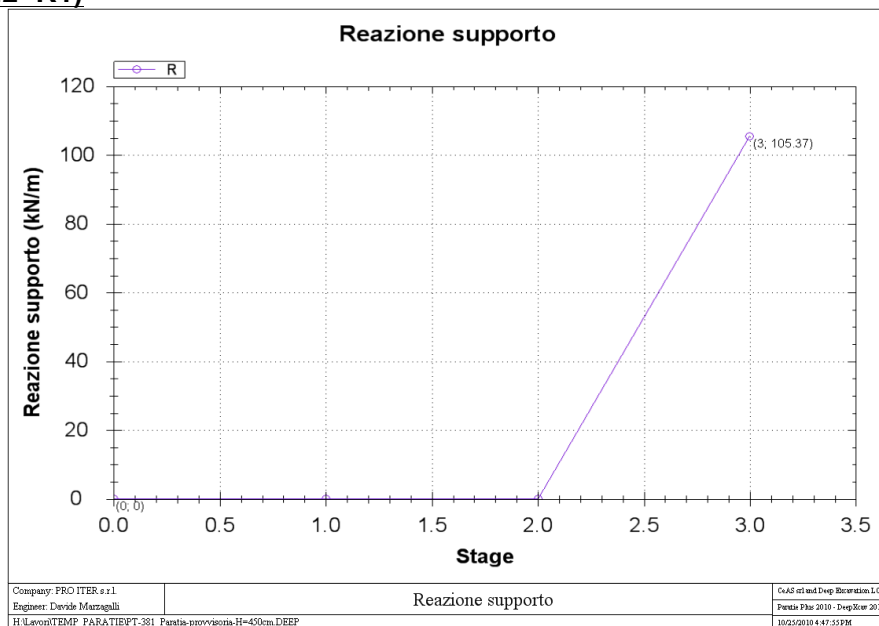
### 13.4.4.3 STORIA DI CARICO DEI CONTRASTI

Nel presente paragrafo si riporta la storia di carico dei contrasti.

#### Comb1 (A1+M1+R1)



#### Comb2 (A2+M2+R1)

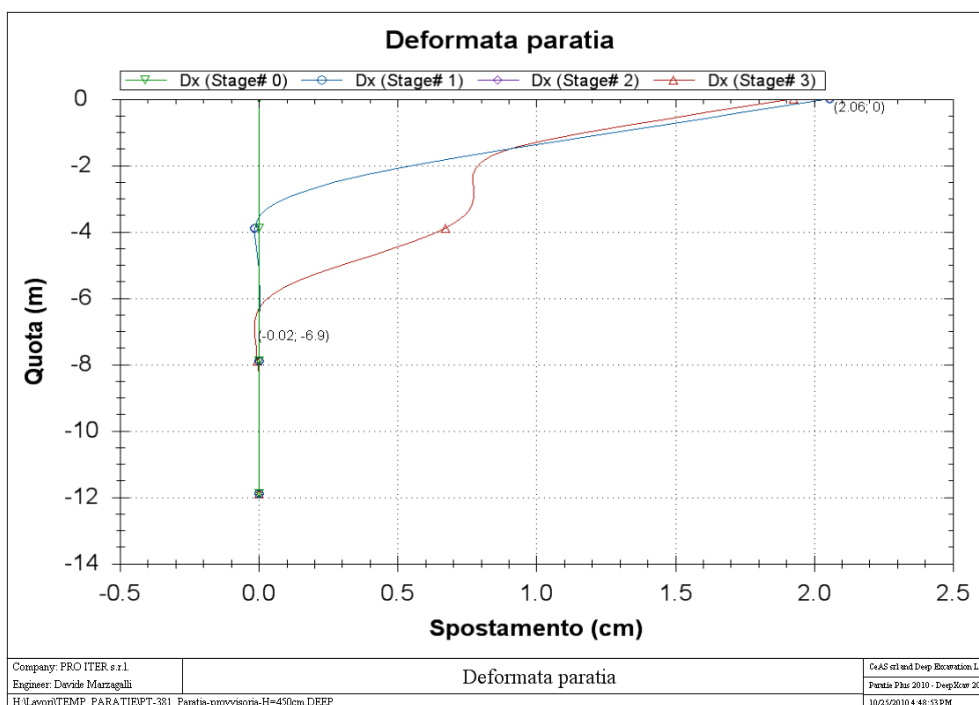





		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0525_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

#### 13.4.4.4 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 13.4.5 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).

Combinazione	$M_{Ed}$ [kNm/m]	$V_{Ed}$ [kN/m]	$M_{Ed-palo}$ [kNm]	$V_{Ed-palo}$ [kN]
<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:

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl} f_{yk}}{M_0}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_v f_{yk}}{\sqrt{3} M_0}$$

Considerando le caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione tubolare di acciaio del micropalo (costituita da un profilo cavo circolare commerciale tipo PM127 $\square$ 8 di acciaio S355), si ottiene:

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl} f_{yk}}{M_0} = \frac{113000 \cdot 355}{1.05} \cdot 10^{-6} = 38.20 \text{ kNm}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_v f_{yk}}{\sqrt{3} M_0} = \frac{1904 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1.05} \cdot 10^{-3} = 371.66 \text{ kN}$$

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  $V_{Ed} < 0.5 \cdot V_{Rd}$ ).

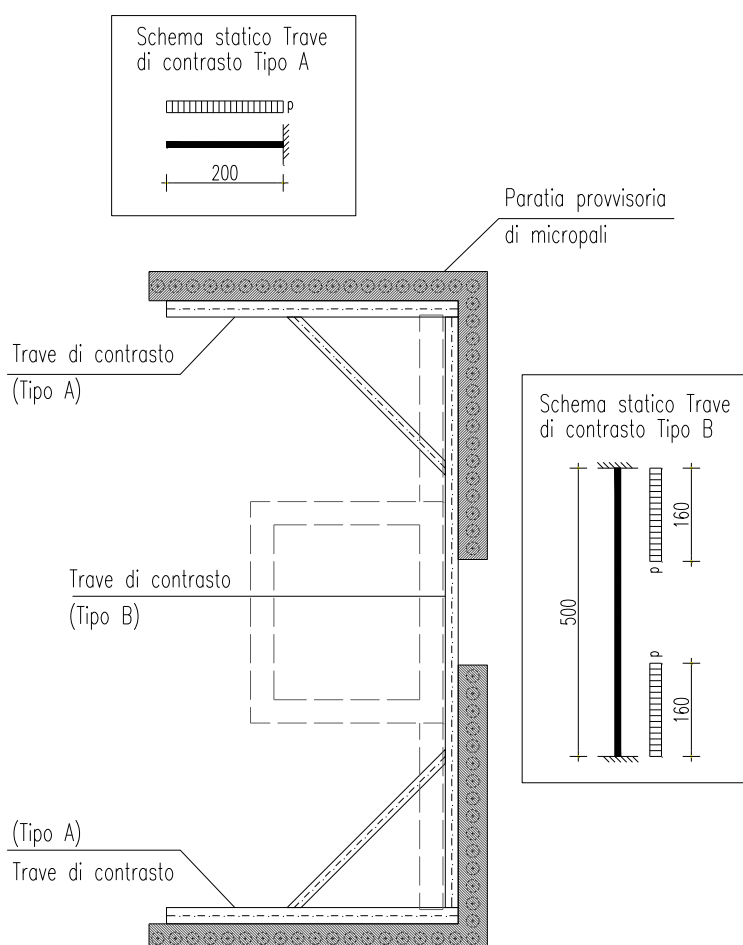
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 13.4.6 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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:

$$M_{Sdu} = \frac{p L^2}{2} = \frac{105.37 \cdot 2^2}{2} = 211 \text{ kNm}$$

$$V_{Sdu} = p L = 105.37 \cdot 2 = 211 \text{ kN}$$

Considerando le caratteristiche meccaniche del profilo HEB260 ( $W=1148\text{cm}^3$ ,  $A_T=26.0\text{cm}^2$ ), si ottiene:

$$\sigma_s = \frac{M_{Sdu}}{W} = \frac{211 \cdot 10^6}{1148 \cdot 10^3} = 183.57 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_s = \frac{V_{Sdu}}{A_T} = \frac{211 \cdot 10^3}{26.00 \cdot 10^2} = 81.05 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\frac{2}{3} \sigma_s^2 + \frac{2}{3} \tau_s^2} = \sqrt{\frac{2}{3} 183.57^2 + \frac{2}{3} 81.05^2} = 231.10 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} = 261.90 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

### **Verifiche trave Tipo B**

La sezione maggiormente sollecitata è quella d’incastro. Si ottiene pertanto:

$$M_{Sdu} = \frac{p a}{L} a L = a \frac{L}{2} \frac{a}{3} = \frac{105.37 \cdot 1.6}{5} \cdot 1.6 \cdot 5 \cdot 1.6 \cdot \frac{5}{2} \cdot \frac{1.6}{3} = 106 \text{ kNm}$$

$$V_{Sdu} = p a = 105.37 \cdot 1.6 = 169 \text{ kN}$$

Considerando le caratteristiche meccaniche del profilo HEB200 ( $W=569.6\text{cm}^3$ ,  $A_T=18.0\text{cm}^2$ ), si ottiene:

$$\sigma_s = \frac{M_{Sdu}}{W} = \frac{106 \cdot 10^6}{569.6 \cdot 10^3} = 186.27 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_s = \frac{V_{Sdu}}{A_T} = \frac{169 \cdot 10^3}{18.00 \cdot 10^2} = 93.66 \text{ N/mm}^2$$

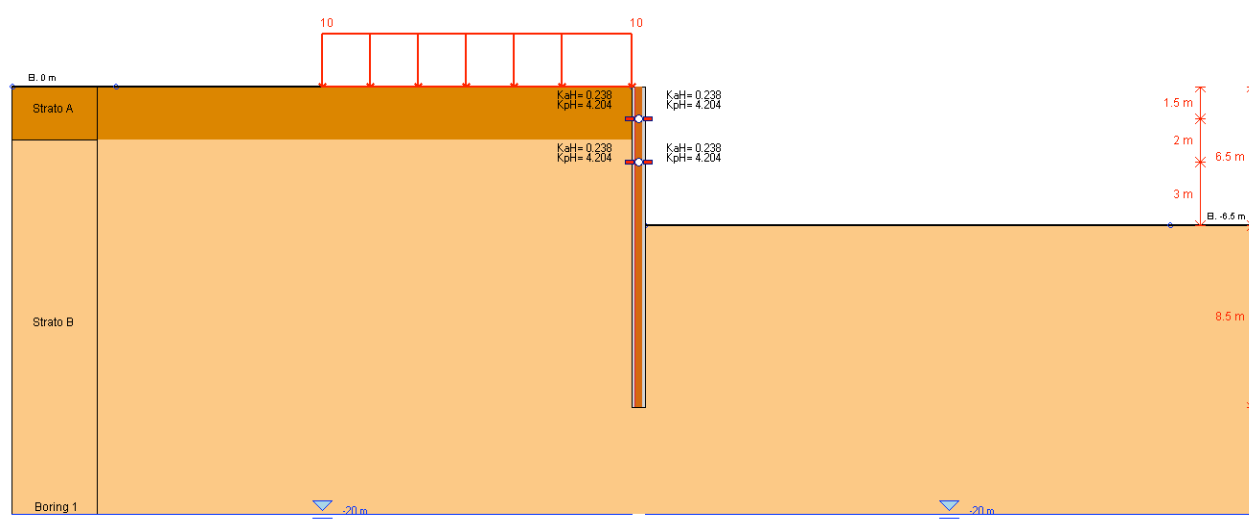
$$\sigma_{id} = \sqrt{\frac{2}{3} \sigma_s^2 + \frac{2}{3} \tau_s^2} = \sqrt{\frac{2}{3} 186.27^2 + \frac{2}{3} 93.66^2} = 247.01 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} = 261.90 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 13.5 PARATIA H=6.50M

Il tratto in oggetto della paratia viene realizzato mediante micropali  $\square$  220 mm di lunghezza 15 m e interasse 30 cm (armati con profili metallici PM127 $\square$ 8) e sostenuti da 2 ordini di puntelli (rispettivamente a quota -1.50 m e -3.50 m dalla testa della paratia) composti da profili commerciali in acciaio tipo HEB280 e HEB220.





**Modello di calcolo**

#### 13.5.1 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 -6.50 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>Quota testa paratia</b> [m]	<b>Quota fondo scavo</b> [m]	<b>Ordini di contrasti</b> [n°]
<b>Berlinese</b>	0.00	-6.50	2

I contrasti sono affidati a profili commerciali in acciaio tipo HEB280 e HEB220.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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: Scavo per posizionamento 2° ordine di contrasti**

Corrisponde alla fase di scavo a valle fino al raggiungimento di quota -4.00 m, al fine di poter mettere in opera il 2° ordine di contrasti (posti a quota -3.50 m).

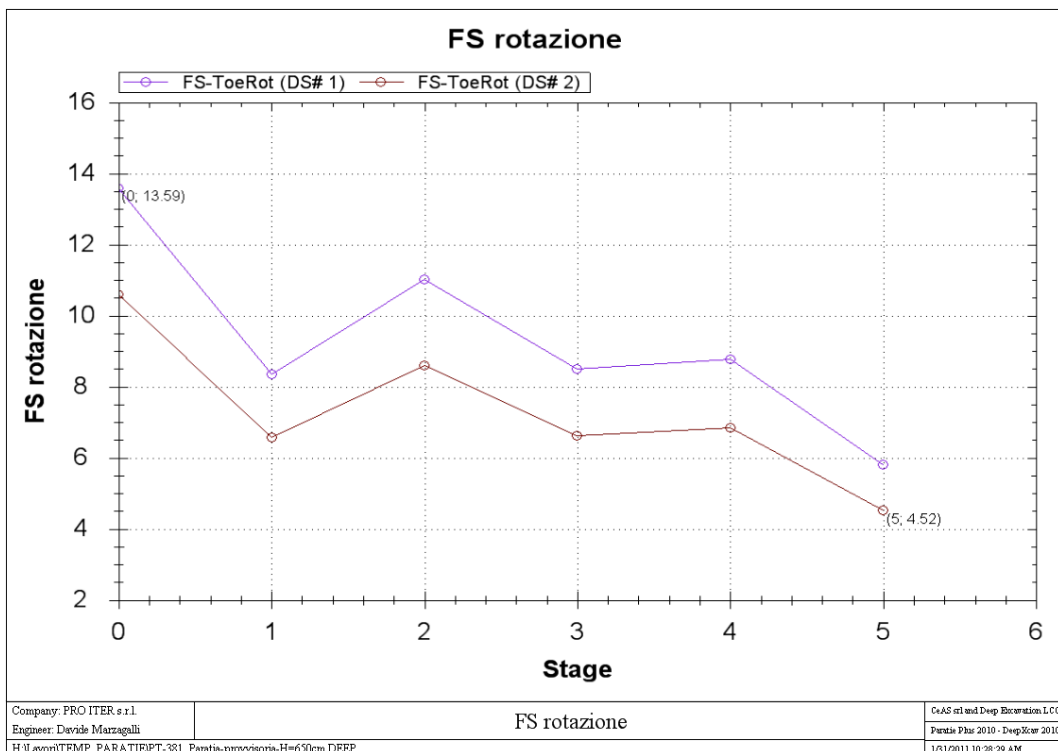
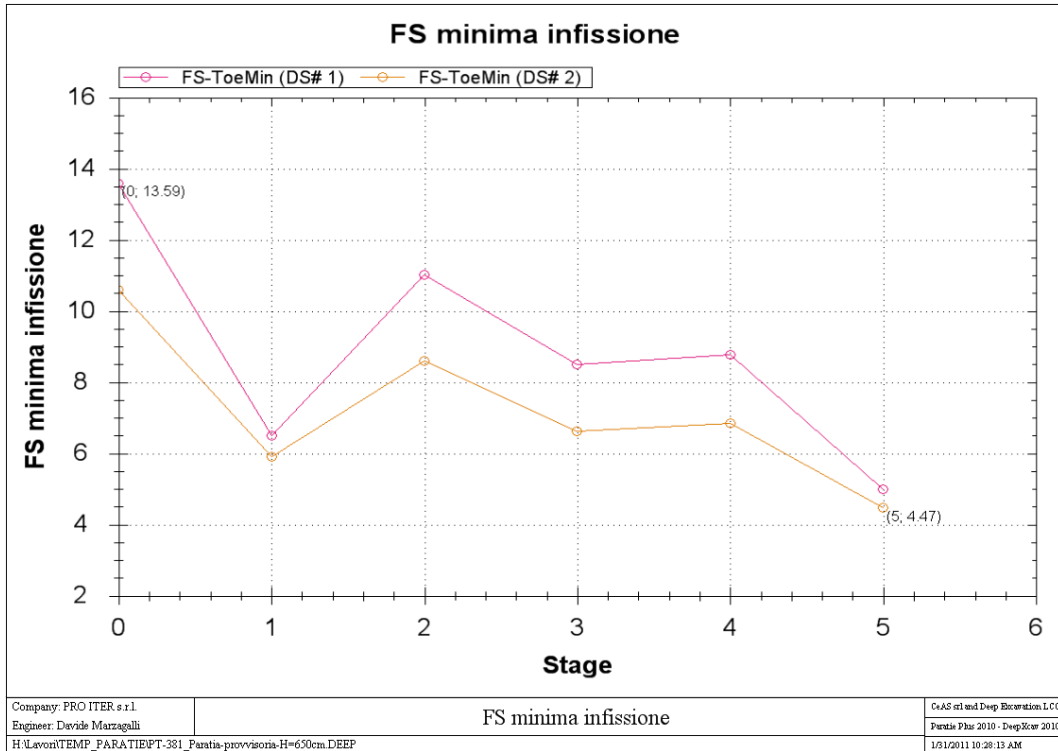
▣ **STEP 4: Messa in opera 2° ordine di contrasti**

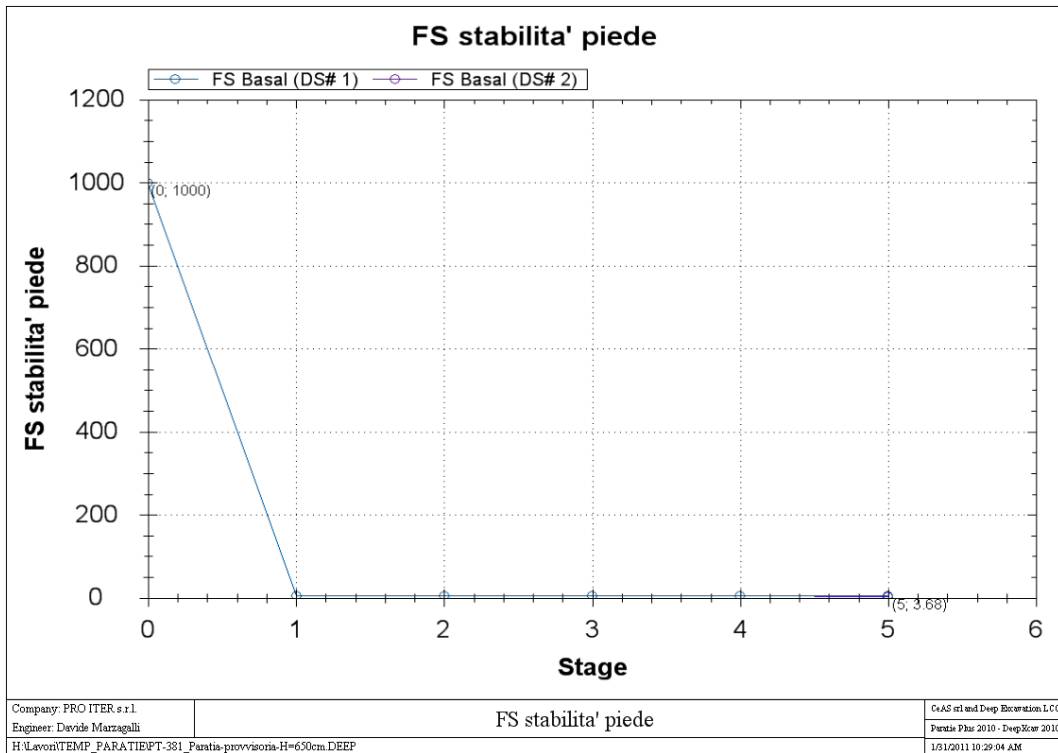
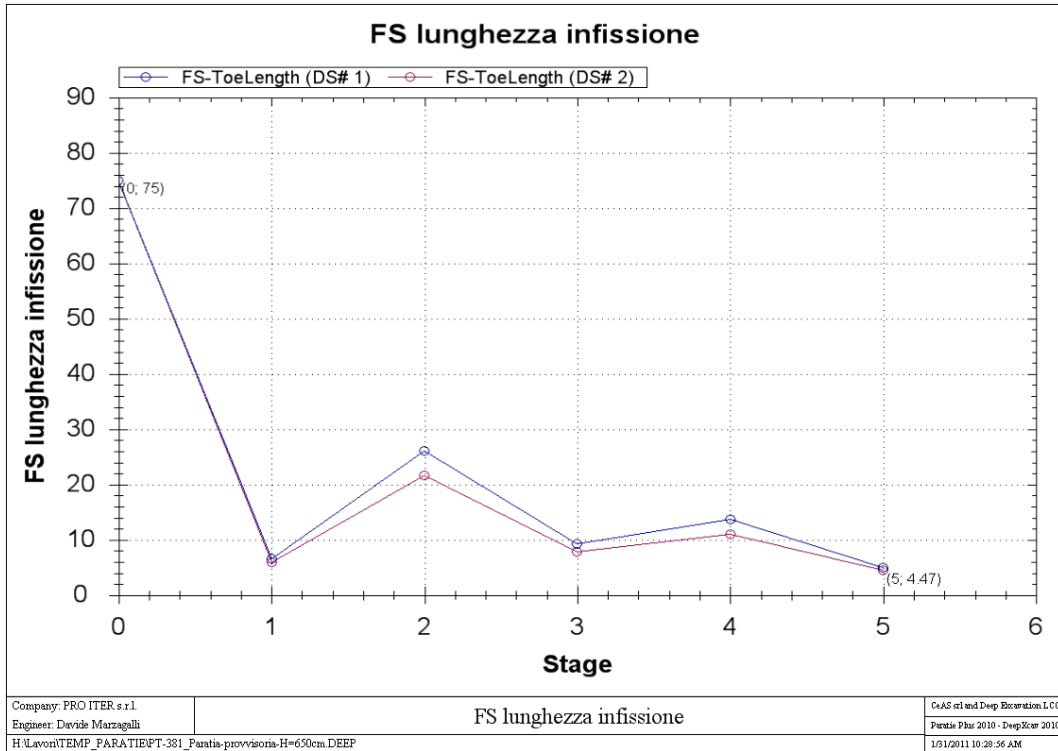
In tale fase viene considerato attivo il 2° ordine di contrasti (vincolo fisso).

▣ **STEP 5: Fondo scavo**

Corrisponde alla fase di scavo a valle fino al raggiungimento di quota -6.50 m (fondo scavo).

### 13.5.2 VERIFICHE GEOTECNICHE







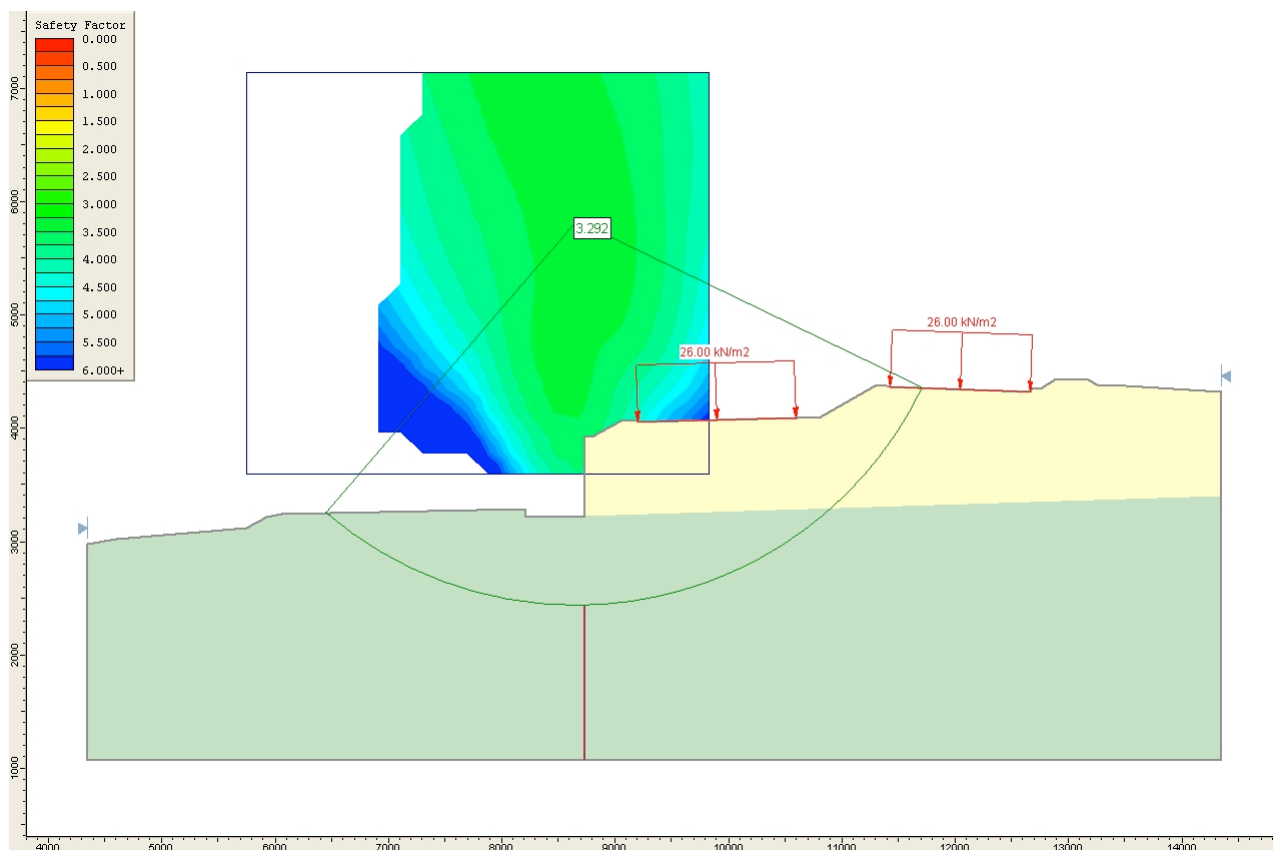
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

### 13.5.3 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:

$$\sigma_r \geq 1.1$$



*Analisi di stabilità: FS=3.292*

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.

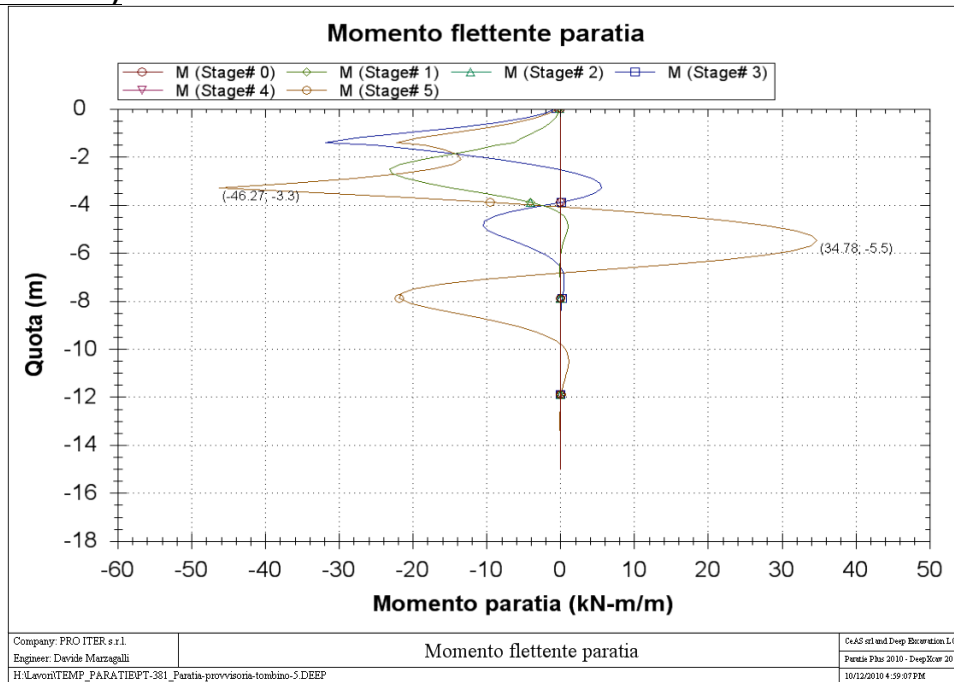
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 13.5.4 RISULTATI DELLE ANALISI

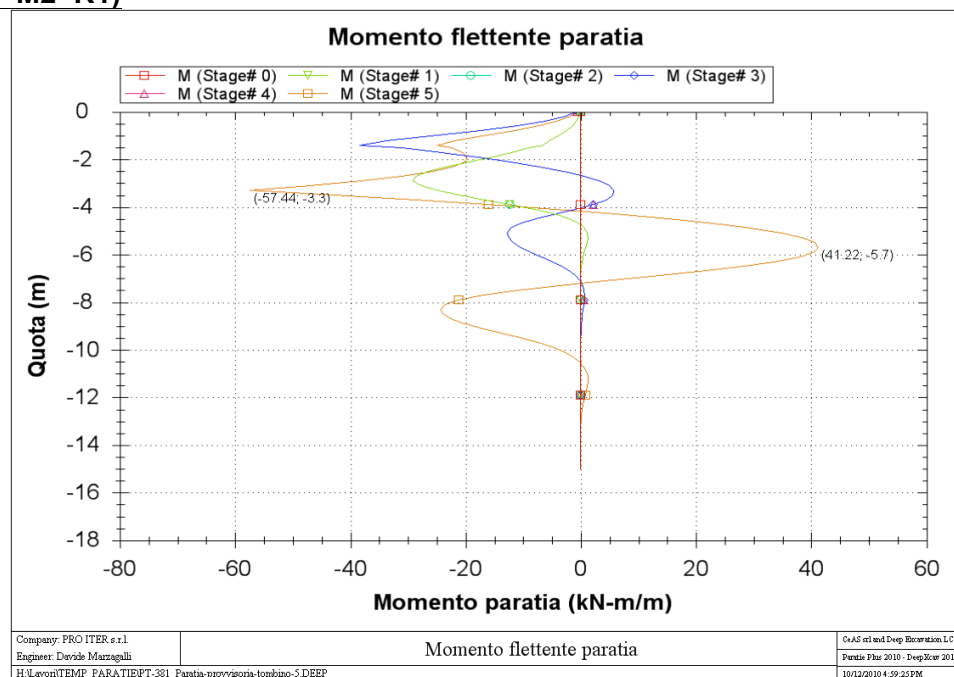
Di seguito vengono presentati i diagrammi dei momenti flettenti, dei tagli e delle azioni assiali nei contrasti per le due combinazioni di carico analizzate a Stato Limite Ultimo e le deformazioni a Stato Limite di Esercizio.

### 13.5.4.1 DIAGRAMMI DEL MOMENTO FLETTENTE

#### Comb1 (A1+M1+R1)

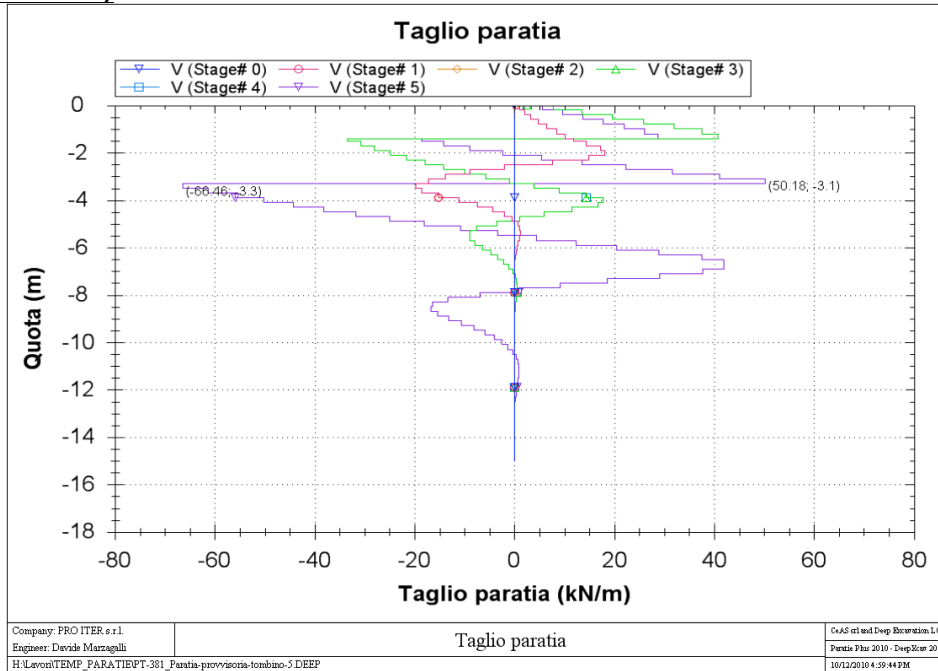


#### Comb2 (A2+M2+R1)

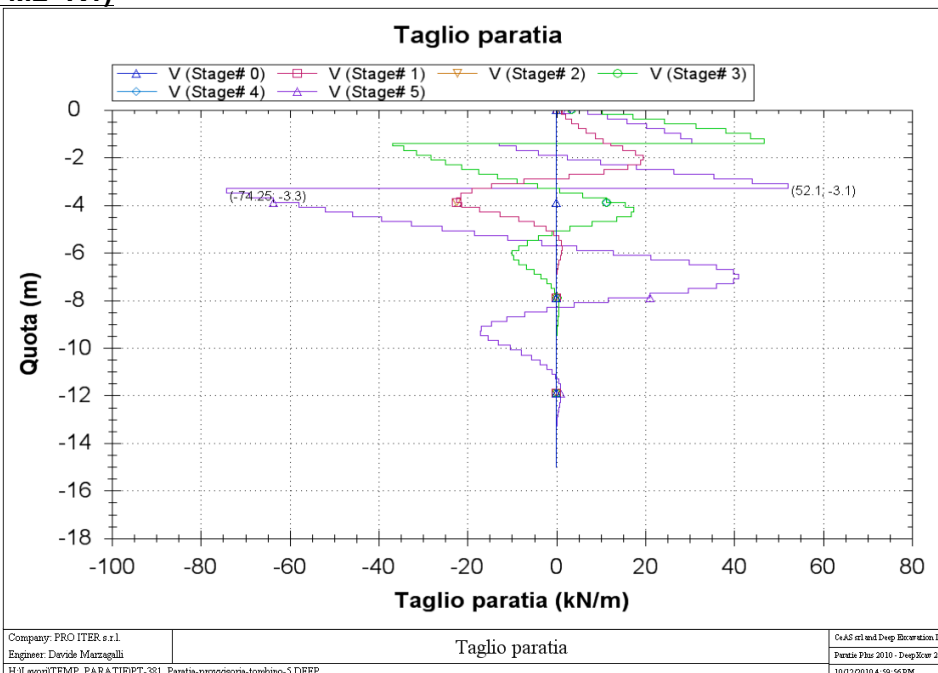




**13.5.4.2 DIAGRAMMI DEL TAGLIO**

**Comb1 (A1+M1+R1)**



**Comb2 (A2+M2+R1)**

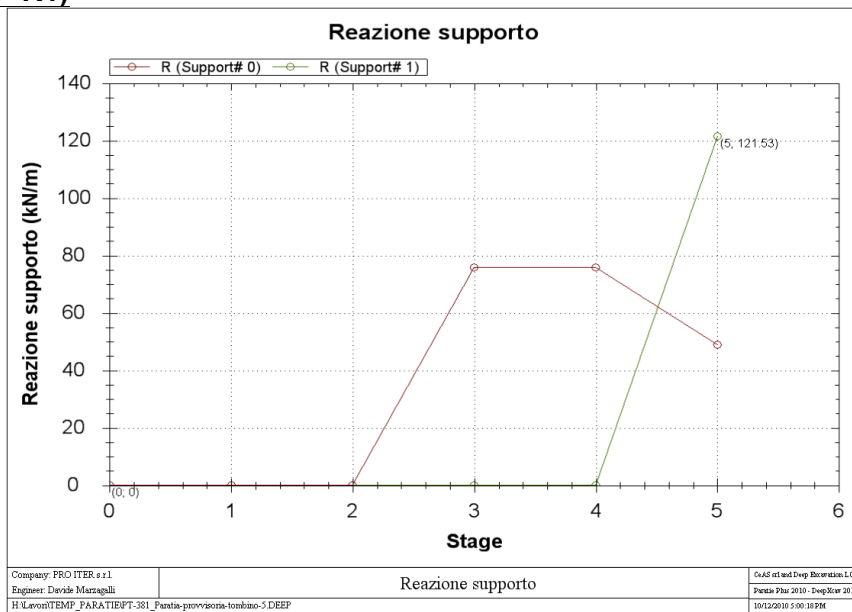


		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0525_F0.doc	<table border="1"> <tr> <td><b>Rev</b></td> <td><b>Data</b></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<b>Rev</b>	<b>Data</b>	F0	20/06/2011
<b>Rev</b>	<b>Data</b>						
F0	20/06/2011						

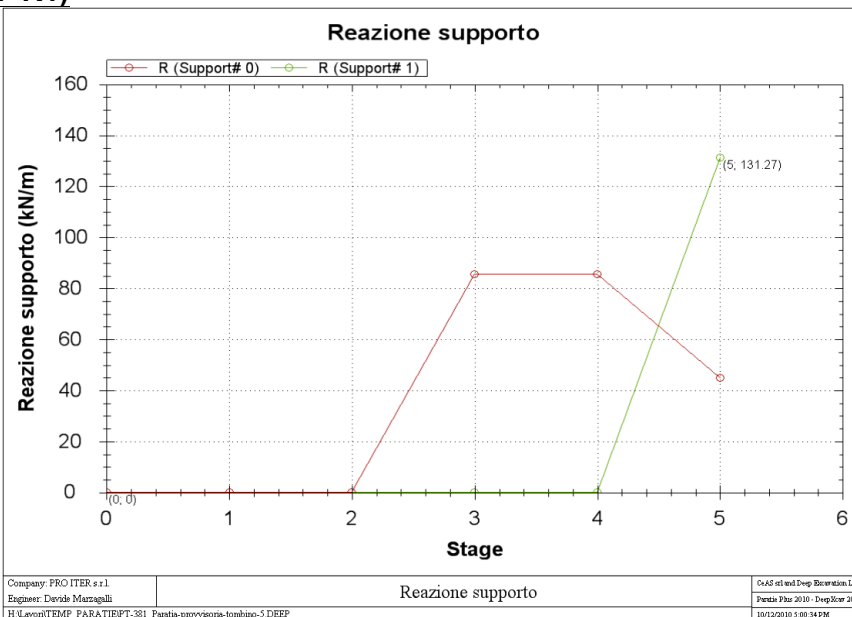
### 13.5.4.3 STORIA DI CARICO DEI CONTRASTI



Nel presente paragrafo si riporta la storia di carico dei contrasti.

#### Comb1 (A1+M1+R1)



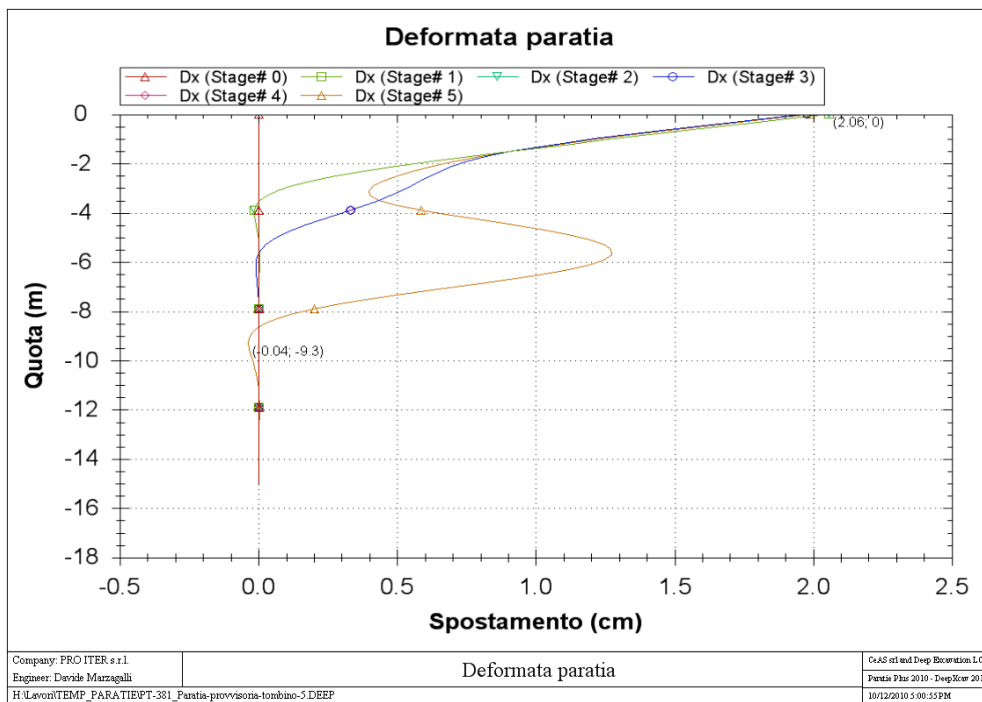
#### Comb2 (A2+M2+R1)





		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<b>Codice documento</b> CS0525_F0.doc	<b>Rev</b> F0	<b>Data</b> 20/06/2011

### 13.5.4.4 DIAGRAMMA DELLE DEFORMAZIONI

Di seguito si riportano i diagrammi delle deformazioni a Stato Limite di Esercizio.



Il valore massimo di spostamento pari a circa 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 13.5.5 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>	46.27	66.46	13.88	19.94
<b>Comb 2</b>	57.44	74.25	17.23	22.27

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:

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl} f_{yk}}{M_0}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_v f_{yk}}{\sqrt{3} M_0}$$

Considerando le caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione tubolare di acciaio del micropalo (costituita da un profilo cavo circolare commerciale tipo PM127 $\square$ 8 di acciaio S355), si ottiene:

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl} f_{yk}}{M_0} = \frac{113000 \cdot 355}{1.05} \cdot 10^{-6} = 38.20 \text{ kNm}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_v f_{yk}}{\sqrt{3} M_0} = \frac{1904 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1.05} \cdot 10^{-3} = 371.66 \text{ kN}$$

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  $V_{Ed} < 0.5 \cdot V_{Rd}$ ).

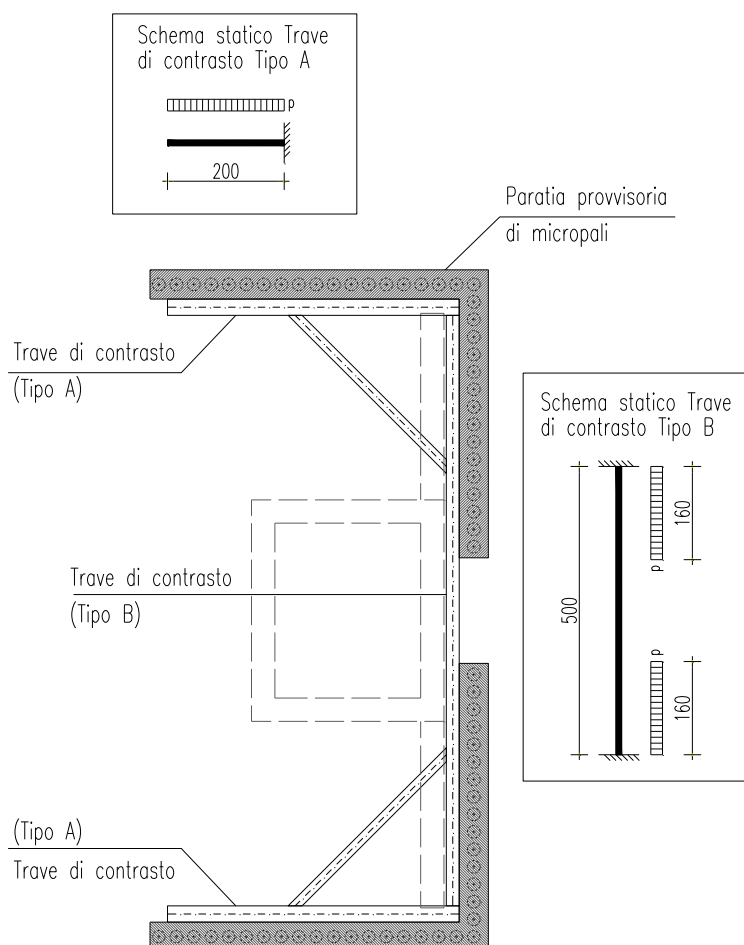
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 13.5.6 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	36.08	48.94	45.03
II	92.73	121.53	131.27

In questa fase si procede al dimensionamento dei contrasti maggiormente sollecitati (II° 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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 131.27 kN/m (valore a Stato Limite Ultimo).

Per la trave Tipo A si utilizza un profilo metallico commerciale tipo HEB280 (acciaio S275), mentre per la trave Tipo B un profilo HEB220 (acciaio S275).

### **Verifiche trave Tipo A**

La sezione maggiormente sollecitata è quella d’incastro. Si ottiene pertanto:

$$M_{Sdu} = \frac{p L^2}{2} = \frac{131.27 \cdot 2^2}{2} = 263 \text{ kNm}$$

$$V_{Sdu} = p L = 131.27 \cdot 2 = 263 \text{ kN}$$

Considerando le caratteristiche meccaniche del profilo HEB280 ( $W=1376\text{cm}^3$ ,  $A_T=29.4\text{cm}^2$ ), si ottiene:

$$\sigma = \frac{M_{Sdu}}{W} = \frac{263 \cdot 10^6}{1376 \cdot 10^3} = 190.80 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{V_{Sdu}}{A_T} = \frac{263 \cdot 10^3}{29.40 \cdot 10^2} = 89.30 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\frac{2}{3} \sigma^2 + \frac{2}{3} \tau^2} = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot 190.80^2 + \frac{2}{3} \cdot 89.30^2} = 245.62 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} = 261.90 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

### **Verifiche trave Tipo B**

La sezione maggiormente sollecitata è quella d’incastro. Si ottiene pertanto:

$$M_{Sdu} = \frac{p a}{L} a L = a \frac{L}{2} \frac{a}{3} = \frac{131.27 \cdot 1.6}{5} \cdot 1.6 \cdot 5 = 1.6 \cdot \frac{5}{2} \cdot \frac{1.6}{3} = 132 \text{ kNm}$$

$$V_{Sdu} = p a = 131.27 \cdot 1.6 = 210 \text{ kN}$$



Considerando le caratteristiche meccaniche del profilo HEB220 ( $W=736\text{cm}^3$ ,  $A_T=20.9\text{cm}^2$ ), si ottiene:

$$\sigma = \frac{M_{Sdu}}{W} = \frac{132 \cdot 10^6}{736 \cdot 10^3} = 179.59 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{V_{Sdu}}{A_T} = \frac{210 \cdot 10^3}{20.90 \cdot 10^2} = 100.49 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\frac{2}{3} \sigma^2 + \frac{2}{3} \tau^2} = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot 179.59^2 + \frac{2}{3} \cdot 100.49^2} = 250.10 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} = 261.90 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 14 TABULATI INPUT PARATIE

### 14.1 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 & DIMESIONS

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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{DH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{DH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\*  $Ka_{DH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{DH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

\*  $Kp_{UH} = Kp_{HBase} \times [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Kp_{UH} = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

\* 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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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

\*  $Ka_{UH} = Ka_{HBase} \times [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

\*  $Ka_{UH} = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*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 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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\* KaUH= KaHBase x [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

\* KaUH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238

\* 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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*\*\*\*\*

set country english

\*

\*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 14.2 PARATIA DA 6.50m

\*\*

\* 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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

\*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  $I_{xx}$ , \* with Steel Pipe, use pipe  $I_{xx}$  and concrete effective at: 25%

\*  $E_{wall} = 210000$  MPa, Stiffness  $I_{xx} = 557.491$  cm<sup>4</sup>

\*  $I_{equivalent} = E_{wall} \times I_{xx} \times ConvEI / (E_{standard} \times ConvEL \times Wall\ Spacing) \Rightarrow$

\*  $I_{equivalent} = 210000$  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  $I_{xx}/Length$

\* Wall thick =  $(12 \times I_{xx}/L)^{(1/3)} = (12 \times 2E-05)^{(1/3)} = 0.06064$  (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

\*8.1: ADD WALL LOADS & PRESCRIBED CONDITIONS FOR LEFT WALL

\*

\* END OF NODE ADDITION

\* Simplified parabolic surcharge modeling assumed by user.

\* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 0

\* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects  $m_{Elastic} = 1$

\* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 1

\* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects  $m_{Elastic} = 1$

\* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 2

\* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects  $m_{Elastic} = 1$

\* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 3

\* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects  $m_{Elastic} = 1$

\* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 4

\* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects  $m_{Elastic} = 1$

\* 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 5

\* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects  $m_{Elastic} = 1$

\* 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,  $x = -5$ ,  $q_x = 0$ ,  $q_z = 10$

\* 2nd point at Elev. 0,  $x = 0$ ,  $q_x = 0$ ,  $q_z = 10$

\* 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,  $x = -5$ ,  $q_x = 0$ ,  $q_z = 10$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

```

*          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

* 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

* 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

*****
* 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
* KaUH= KaHBase x [Rankine_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>
* KaUH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238
* 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
* END LAYER 1 Stage : 0
* LAYER 2 Stage 0
* KaUH= KaHBase x [Rankine_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>
* KaUH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238
* 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

```

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\* 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  
\* 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  
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

\* KaUH= KaHBase x [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

\* KaUH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238

\* 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

\* END LAYER 1 Stage : 1

\* LAYER 2 Stage 1

\* KaUH= KaHBase x [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>



\* KaUH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238

\* 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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\* 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  
\* 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

\*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 x [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

\* KaUH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238

\* 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

\* END LAYER 1 Stage : 2

\* LAYER 2 Stage 2

\* KaUH= KaHBase x [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

\* KaUH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238



\* 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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\* 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  
\* 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

\*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

\* KaUH= KaHBase x [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

\* KaUH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238

\* 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 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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

\* KaUH= KaHBase x [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

\* KaUH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238

\* 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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

\*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

\*END DATA FOR STAGE 4 NAME: 4\_Puntello

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*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

\* KaUH= KaHBase x [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine\_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

\* KaUH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238

\* 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 5

geom 0 -6.5

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 5 NAME: 5\_Scavo

\*\*\*\*\*

set country english

\*

\*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 15 TABULATI SLIDE

### 15.1 MURO DI SOSTEGNO - FASE STATICA

#### 15.1.1 INPUT

##### Document Name

File Name: pk1+573\_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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

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



1677.486	-9382.127
1677.486	-9423.547
1647.486	-9423.547
1647.486	-9493.547
2087.486	-9493.547
2087.486	-9423.547
1737.486	-9423.547
1737.486	-9379.322
1737.486	-9240.905
1737.486	-9182.240

Material Boundary

1735.380	-9379.246
1737.486	-9379.322
3880.004	-9456.707

External Boundary

3880.004	-8749.261
3742.590	-8749.261
3579.321	-8872.575
3544.130	-8872.575
3489.300	-8872.575
3269.702	-8885.588
2885.215	-8894.871
2500.400	-8911.633
2390.396	-8916.434
2390.396	-8906.434
2225.352	-8906.434
1737.486	-9182.240
1737.486	-9162.240
1677.486	-9162.240
1677.486	-9382.127
1358.364	-9395.457
1346.350	-9414.784
1171.191	-9418.508

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

1080.798	-9421.556
1044.832	-9480.857
4.848	-9480.857
4.848	-10508.975
3880.004	-10508.975
3880.004	-9456.707

Focus/Block Search Line

2086.193	-10505.448
2086.193	-9495.959

Search Grid

221.285	-9231.683
1932.023	-9231.683
1932.023	-7640.906
221.285	-7640.906

Distributed Load

3487.036	-8872.709
3269.702	-8885.588
2885.215	-8894.871
2500.400	-8911.633
2390.396	-8916.434

## 15.1.2 OUTPUT

### Raw Data for Minimum Circle Results

Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety
221.285	-9231.683	1883.540	-1000.00000
221.285	-9147.958	1897.100	-1000.00000
221.285	-9064.233	1914.228	-1000.00000
221.285	-8980.508	1934.832	-1000.00000
221.285	-8896.783	1958.799	-1000.00000
221.285	-8813.057	1986.010	-1000.00000
221.285	-8729.332	2016.333	-1000.00000
221.285	-8645.607	2049.630	-1000.00000
221.285	-8561.882	2085.757	-1000.00000
221.285	-8478.157	2124.571	-1000.00000
221.285	-8394.432	2165.928	-1000.00000
221.285	-8310.707	2209.685	-1000.00000
221.285	-8226.982	2255.701	-1000.00000
221.285	-8143.257	2303.842	-1000.00000
221.285	-8059.532	2353.977	-1000.00000
221.285	-7975.806	2405.982	-1000.00000
221.285	-7892.081	2459.737	-1000.00000
221.285	-7808.356	2515.132	-1000.00000
221.285	-7724.631	2572.059	-1000.00000
221.285	-7640.906	2630.419	-1000.00000
302.749	-9231.683	1802.919	-1000.00000
302.749	-9147.958	1817.080	-1000.00000
302.749	-9064.233	1834.956	-1000.00000
302.749	-8980.508	1856.439	-1000.00000
302.749	-8896.783	1881.406	-1000.00000
302.749	-8813.057	1909.720	-1000.00000
302.749	-8729.332	1941.234	-1000.00000
302.749	-8645.607	1975.797	-1000.00000
302.749	-8561.882	2013.250	-1000.00000
302.749	-8478.157	2053.435	-1000.00000
302.749	-8394.432	2096.196	-1000.00000
302.749	-8310.707	2141.377	-1000.00000
302.749	-8226.982	2188.830	-1000.00000
302.749	-8143.257	2238.410	-1000.00000

302.749	-8059.532	2289.978	-1000.00000
302.749	-7975.806	2343.403	-1000.00000
302.749	-7892.081	2398.562	-1000.00000
302.749	-7808.356	2455.337	-1000.00000
302.749	-7724.631	2513.618	-1000.00000
302.749	-7640.906	2573.305	-1000.00000
384.212	-9231.683	1722.376	-1000.00000
384.212	-9147.958	1737.194	-1000.00000
384.212	-9064.233	1755.883	-1000.00000
384.212	-8980.508	1778.322	-1000.00000
384.212	-8896.783	1804.370	-1000.00000
384.212	-8813.057	1833.874	-1000.00000
384.212	-8729.332	1866.670	-1000.00000
384.212	-8645.607	1902.587	-1000.00000
384.212	-8561.882	1941.453	-1000.00000
384.212	-8478.157	1983.094	-1000.00000
384.212	-8394.432	2027.338	-1000.00000
384.212	-8310.707	2074.021	-1000.00000
384.212	-8226.982	2122.980	-1000.00000
384.212	-8143.257	2174.061	-1000.00000
384.212	-8059.532	2227.120	-1000.00000
384.212	-7975.806	2282.017	-1000.00000
384.212	-7892.081	2338.624	-1000.00000
384.212	-7808.356	2396.819	-1000.00000
384.212	-7724.631	2456.490	-1000.00000
384.212	-7640.906	2517.531	-1000.00000
465.676	-9231.683	1641.925	-1000.00000
465.676	-9147.958	1657.462	-1000.00000
465.676	-9064.233	1677.040	-1000.00000
465.676	-8980.508	1700.519	-1000.00000
465.676	-8896.783	1727.741	-1000.00000
465.676	-8813.057	1758.531	-1000.00000
465.676	-8729.332	1792.705	-1000.00000
465.676	-8645.607	1830.075	-1000.00000
465.676	-8561.882	1870.448	-1000.00000
465.676	-8478.157	1913.634	-1000.00000
465.676	-8394.432	1959.448	-1000.00000
465.676	-8310.707	2007.710	-1000.00000
465.676	-8226.982	2058.247	-1000.00000
465.676	-8143.257	2110.896	-1000.00000
465.676	-8059.532	2165.502	-1000.00000
465.676	-7975.806	2221.923	-1000.00000
465.676	-7892.081	2280.022	-1000.00000
465.676	-7808.356	2339.675	-1000.00000
465.676	-7724.631	2400.766	-1000.00000
465.676	-7640.906	2463.189	-1000.00000
547.140	-9231.683	1561.578	-1000.00000
547.140	-9147.958	1577.907	-1000.00000
547.140	-9064.233	1598.460	-1000.00000
547.140	-8980.508	1623.076	-1000.00000
547.140	-8896.783	1651.574	-1000.00000
547.140	-8813.057	1683.758	-1000.00000
547.140	-8729.332	1719.419	-1000.00000
547.140	-8645.607	1758.347	-1000.00000
547.140	-8561.882	1800.329	-1000.00000
547.140	-8478.157	1845.158	-1000.00000
547.140	-8394.432	1892.630	-1000.00000
547.140	-8310.707	1942.552	-1000.00000
547.140	-8226.982	1994.740	-1000.00000
547.140	-8143.257	2049.022	-1000.00000
547.140	-8059.532	2105.234	-1000.00000
547.140	-7975.806	2163.227	-1000.00000
547.140	-7892.081	2222.861	-1000.00000
547.140	-7808.356	2284.007	-1000.00000
547.140	-7724.631	2346.548	-1000.00000
547.140	-7640.906	2410.375	-1000.00000
628.604	-9231.683	1481.354	-1000.00000

628.604	-9147.958	1498.557	-1000.00000
628.604	-9064.233	1520.183	-1000.00000
628.604	-8980.508	1546.046	-1000.00000
628.604	-8896.783	1575.938	-1000.00000
628.604	-8813.057	1609.634	-1000.00000
628.604	-8729.332	1646.901	-1000.00000
628.604	-8645.607	1687.503	-1000.00000
628.604	-8561.882	1731.204	-1000.00000
628.604	-8478.157	1777.776	-1000.00000
628.604	-8394.432	1827.000	-1000.00000
628.604	-8310.707	1878.667	-1000.00000
628.604	-8226.982	1932.582	-1000.00000
628.604	-8143.257	1988.560	-1000.00000
628.604	-8059.532	2046.434	-1000.00000
628.604	-7975.806	2106.047	-1000.00000
628.604	-7892.081	2167.254	-1000.00000
628.604	-7808.356	2229.926	-1000.00000
628.604	-7724.631	2293.942	-1000.00000
628.604	-7640.906	2359.193	-1000.00000
710.067	-9231.683	1401.272	-1000.00000
710.067	-9147.958	1419.446	-1000.00000
710.067	-9064.233	1442.259	-1000.00000
710.067	-8980.508	1469.494	-1000.00000
710.067	-8896.783	1500.911	-1000.00000
710.067	-8813.057	1536.254	-1000.00000
710.067	-8729.332	1575.258	-1000.00000
710.067	-8645.607	1617.659	-1000.00000
710.067	-8561.882	1663.196	-1000.00000
710.067	-8478.157	1711.620	-1000.00000
710.067	-8394.432	1762.693	-1000.00000
710.067	-8310.707	1816.190	-1000.00000
710.067	-8226.982	1871.905	-1000.00000
710.067	-8143.257	1929.644	-1000.00000
710.067	-8059.532	1989.233	-1000.00000
710.067	-7975.806	2050.509	-1000.00000
710.067	-7892.081	2113.326	-1000.00000
710.067	-7808.356	2177.551	-1000.00000
710.067	-7724.631	2243.062	-1000.00000
710.067	-7640.906	2309.750	-1000.00000
791.531	-9231.683	1321.360	-1000.00000
791.531	-9147.958	1340.617	-1000.00000
791.531	-9064.233	1364.748	-1000.00000
791.531	-8980.508	1393.499	-1000.00000
791.531	-8896.783	1426.591	-1000.00000
791.531	-8813.057	1463.730	-1000.00000
791.531	-8729.332	1504.615	-1000.00000
791.531	-8645.607	1548.951	-1000.00000
791.531	-8561.882	1596.449	-1000.00000
791.531	-8478.157	1646.837	-1000.00000
791.531	-8394.432	1699.857	-1000.00000
791.531	-8310.707	1755.270	-1000.00000
791.531	-8226.982	1812.858	-1000.00000
791.531	-8143.257	1872.419	-1000.00000
791.531	-8059.532	1933.772	-1000.00000
791.531	-7975.806	1996.751	-1000.00000
791.531	-7892.081	2061.207	-1000.00000
791.531	-7808.356	2127.006	-1000.00000
791.531	-7724.631	2194.027	-1000.00000
791.531	-7640.906	2262.161	-1000.00000
872.995	-9231.683	1241.649	-1000.00000
872.995	-9147.958	1262.123	-1000.00000
872.995	-9064.233	1287.726	-1000.00000
872.995	-8980.508	1318.158	-1000.00000
872.995	-8896.783	1353.094	-1000.00000
872.995	-8813.057	1392.194	-1000.00000
872.995	-8729.332	1435.119	-1000.00000
872.995	-8645.607	1481.536	-1000.00000



872.995	-8561.882	1531.127	-1000.00000
872.995	-8478.157	1583.595	-1000.00000
872.995	-8394.432	1638.662	-1000.00000
872.995	-8310.707	1696.076	-1000.00000
872.995	-8226.982	1755.607	-1000.00000
872.995	-8143.257	1817.046	-1000.00000
872.995	-8059.532	1880.206	-1000.00000
872.995	-7975.806	1944.920	-1000.00000
872.995	-7892.081	2011.038	-1000.00000
872.995	-7808.356	2078.426	-1000.00000
872.995	-7724.631	2146.964	-1000.00000
872.995	-7640.906	2216.545	-1000.00000
954.458	-9231.683	1162.181	-1000.00000
954.458	-9147.958	1184.031	-1000.00000
954.458	-9064.233	1211.285	-1000.00000
954.458	-8980.508	1243.589	-1000.00000
954.458	-8896.783	1280.561	-1000.00000
954.458	-8813.057	1321.809	-1000.00000
954.458	-8729.332	1366.946	-1000.00000
954.458	-8645.607	1415.600	-1000.00000
954.458	-8561.882	1467.421	-1000.00000
954.458	-8478.157	1522.086	-1000.00000
954.458	-8394.432	1579.299	-1000.00000
954.458	-8310.707	1638.794	-1000.00000
954.458	-8226.982	1700.332	-1000.00000
954.458	-8143.257	1763.697	-1000.00000
954.458	-8059.532	1828.701	-1000.00000
954.458	-7975.806	1895.175	-1000.00000
954.458	-7892.081	1962.969	-1000.00000
954.458	-7808.356	2031.952	-1000.00000
954.458	-7724.631	2102.005	-1000.00000
954.458	-7640.906	2173.027	-1000.00000
1035.922	-9231.683	1083.010	-1000.00000
1035.922	-9147.958	1106.424	-1000.00000
1035.922	-9064.233	1135.543	-1000.00000
1035.922	-8980.508	1169.940	-1000.00000
1035.922	-8896.783	1209.166	-1000.00000
1035.922	-8813.057	1252.767	-1000.00000
1035.922	-8729.332	1300.302	-1000.00000
1035.922	-8645.607	1351.358	-1000.00000
1035.922	-8561.882	1405.549	-1000.00000
1035.922	-8478.157	1462.529	-1000.00000
1035.922	-8394.432	1521.983	-1000.00000
1035.922	-8310.707	1583.633	-1000.00000
1035.922	-8226.982	1647.232	-1000.00000
1035.922	-8143.257	1712.563	-1000.00000
1035.922	-8059.532	1779.436	-1000.00000
1035.922	-7975.806	1847.683	-1000.00000
1035.922	-7892.081	1917.158	-1000.00000
1035.922	-7808.356	1987.731	-1000.00000
1035.922	-7724.631	2059.289	-1000.00000
1035.922	-7640.906	2131.734	-1000.00000
1117.386	-9231.683	1004.206	-112.00000
1117.386	-9147.958	1029.414	6.09760
1117.386	-9064.233	1060.649	5.46207
1117.386	-8980.508	1097.396	4.95022
1117.386	-8896.783	1139.123	4.54061
1117.386	-8813.057	1185.303	4.02457
1117.386	-8729.332	1235.437	3.71588
1117.386	-8645.607	1289.064	3.46991
1117.386	-8561.882	1345.767	3.25578
1117.386	-8478.157	1405.172	3.10015
1117.386	-8394.432	1466.953	2.97274
1117.386	-8310.707	1530.820	2.86785
1117.386	-8226.982	1596.525	2.77821
1117.386	-8143.257	1663.849	2.70713
1117.386	-8059.532	1732.603	2.64830

1117.386	-7975.806	1802.624	2.59971
1117.386	-7892.081	1873.769	2.55971
1117.386	-7808.356	1945.917	2.52563
1117.386	-7724.631	2018.958	2.49940
1117.386	-7640.906	2092.800	2.47843
1198.850	-9231.683	925.862	-112.00000
1198.850	-9147.958	953.144	5.32396
1198.850	-9064.233	986.796	4.75688
1198.850	-8980.508	1026.192	4.30678
1198.850	-8896.783	1070.697	3.83524
1198.850	-8813.057	1119.702	3.50230
1198.850	-8729.332	1172.645	3.24410
1198.850	-8645.607	1229.015	3.02570
1198.850	-8561.882	1288.363	2.87145
1198.850	-8478.157	1350.296	2.74835
1198.850	-8394.432	1414.476	2.64779
1198.850	-8310.707	1480.609	2.56894
1198.850	-8226.982	1548.445	2.50549
1198.850	-8143.257	1617.771	2.45454
1198.850	-8059.532	1688.403	2.41386
1198.850	-7975.806	1760.183	2.38200
1198.850	-7892.081	1832.977	2.35723
1198.850	-7808.356	1906.668	2.33841
1198.850	-7724.631	1981.157	2.32460
1198.850	-7640.906	2056.356	2.31634
1280.313	-9231.683	848.106	5.27399
1280.313	-9147.958	877.808	4.63866
1280.313	-9064.233	914.237	4.13702
1280.313	-8980.508	956.626	3.75025
1280.313	-8896.783	1004.219	3.33987
1280.313	-8813.057	1056.313	3.06172
1280.313	-8729.332	1112.277	2.83150
1280.313	-8645.607	1171.555	2.67494
1280.313	-8561.882	1233.670	2.55576
1280.313	-8478.157	1298.216	2.45849
1280.313	-8394.432	1364.846	2.38742
1280.313	-8310.707	1433.271	2.33237
1280.313	-8226.982	1503.245	2.28773
1280.313	-8143.257	1574.562	2.25621
1280.313	-8059.532	1647.048	2.23297
1280.313	-7975.806	1720.554	2.21657
1280.313	-7892.081	1794.956	2.20582
1280.313	-7808.356	1870.146	2.19877
1280.313	-7724.631	1946.033	2.19690
1280.313	-7640.906	2022.539	2.19832
1361.777	-9231.683	771.117	4.62526
1361.777	-9147.958	803.669	4.05293
1361.777	-9064.233	843.307	3.61328
1361.777	-8980.508	889.083	3.20029
1361.777	-8896.783	940.102	2.92808
1361.777	-8813.057	995.557	2.67502
1361.777	-8729.332	1054.749	2.51150
1361.777	-8645.607	1117.084	2.38790
1361.777	-8561.882	1182.065	2.30027
1361.777	-8478.157	1249.280	2.23519
1361.777	-8394.432	1318.386	2.18755
1361.777	-8310.707	1389.101	2.15314
1361.777	-8226.982	1461.192	2.12911
1361.777	-8143.257	1534.465	2.11337
1361.777	-8059.532	1608.758	2.10542
1361.777	-7975.806	1683.937	2.10203
1361.777	-7892.081	1759.887	2.10301
1361.777	-7808.356	1836.514	2.10762
1361.777	-7724.631	1913.735	2.11523
1361.777	-7640.906	1991.482	2.12622
1443.241	-9231.683	695.147	4.09568
1443.241	-9147.958	731.090	3.57911

1443.241	-9064.233	774.452	3.19315
1443.241	-8980.508	824.062	2.83312
1443.241	-8896.783	878.863	2.58194
1443.241	-8813.057	937.946	2.40194
1443.241	-8729.332	1000.552	2.27086
1443.241	-8645.607	1066.061	2.18514
1443.241	-8561.882	1133.970	2.12484
1443.241	-8478.157	1203.873	2.08217
1443.241	-8394.432	1275.441	2.05527
1443.241	-8310.707	1348.411	2.03899
1443.241	-8226.982	1422.565	2.03081
1443.241	-8143.257	1497.729	2.02962
1443.241	-8059.532	1573.757	2.03354
1443.241	-7975.806	1650.531	2.04063
1443.241	-7892.081	1727.950	2.05221
1443.241	-7808.356	1805.932	2.06641
1443.241	-7724.631	1884.407	2.08277
1443.241	-7640.906	1963.316	2.10092
1524.704	-9231.683	620.574	3.73119
1524.704	-9147.958	660.587	3.25121
1524.704	-9064.233	708.278	2.84725
1524.704	-8980.508	762.207	2.58510
1524.704	-8896.783	821.147	2.37092
1524.704	-8813.057	884.095	2.21755
1524.704	-8729.332	950.256	2.12639
1524.704	-8645.607	1019.003	2.06440
1524.704	-8561.882	1089.848	2.02686
1524.704	-8478.157	1162.407	2.00318
1524.704	-8394.432	1236.379	1.99316
1524.704	-8310.707	1311.523	1.99160
1524.704	-8226.982	1387.650	1.99649
1524.704	-8143.257	1464.607	2.00493
1524.704	-8059.532	1542.269	2.01902
1524.704	-7975.806	1620.535	2.03609
1524.704	-7892.081	1699.322	2.05548
1524.704	-7808.356	1778.559	2.07679
1524.704	-7724.631	1858.191	2.09928
1524.704	-7640.906	1938.167	2.12303
1606.168	-9231.683	547.965	3.51723
1606.168	-9147.958	592.899	3.06085
1606.168	-9064.233	645.610	2.68298
1606.168	-8980.508	704.354	2.42750
1606.168	-8896.783	767.748	2.25720
1606.168	-8813.057	834.733	2.14355
1606.168	-8729.332	904.511	2.07237
1606.168	-8645.607	976.485	2.03327
1606.168	-8561.882	1050.202	2.01026
1606.168	-8478.157	1125.320	2.00334
1606.168	-8394.432	1201.577	2.00519
1606.168	-8310.707	1278.768	2.01384
1606.168	-8226.982	1356.734	2.02754
1606.168	-8143.257	1435.350	2.04503
1606.168	-8059.532	1514.513	2.06686
1606.168	-7975.806	1594.142	2.08976
1606.168	-7892.081	1674.171	2.11437
1606.168	-7808.356	1754.545	2.14037
1606.168	-7724.631	1835.219	2.16740
1606.168	-7640.906	1916.154	2.19585
1687.632	-9231.683	478.219	3.14953
1687.632	-9147.958	529.109	2.71139
1687.632	-9064.233	587.570	2.43673
1687.632	-8980.508	651.568	2.24148
1687.632	-8896.783	719.628	2.11533
1687.632	-8813.057	790.700	2.04021
1687.632	-8729.332	864.042	2.00543
1687.632	-8645.607	939.122	1.98915
1687.632	-8561.882	1015.555	1.99035

ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0525\_F0.doc



Rev  
F0

Data  
20/06/2011

1687.632	-8478.157	1093.056	2.00152
1687.632	-8394.432	1171.415	2.01907
1687.632	-8310.707	1250.470	2.04138
1687.632	-8226.982	1330.096	2.06576
1687.632	-8143.257	1410.197	2.09382
1687.632	-8059.532	1490.696	2.12362
1687.632	-7975.806	1571.533	2.15444
1687.632	-7892.081	1652.657	2.18648
1687.632	-7808.356	1734.029	2.22022
1687.632	-7724.631	1815.614	2.25286
1687.632	-7640.906	1897.386	2.28564
1769.096	-9231.683	412.787	3.03922
1769.096	-9147.958	470.803	2.61755
1769.096	-9064.233	535.667	2.35621
1769.096	-8980.508	605.179	2.19290
1769.096	-8896.783	677.911	2.09927
1769.096	-8813.057	752.931	2.04504
1769.096	-8729.332	829.619	2.02609
1769.096	-8645.607	907.551	2.02350
1769.096	-8561.882	986.433	2.03552
1769.096	-8478.157	1066.054	2.05514
1769.096	-8394.432	1146.261	2.07960
1769.096	-8310.707	1226.937	2.10778
1769.096	-8226.982	1307.996	2.13832
1769.096	-8143.257	1389.372	2.17077
1769.096	-8059.532	1471.012	2.20558
1769.096	-7975.806	1552.873	2.24051
1769.096	-7892.081	1634.924	2.27599
1769.096	-7808.356	1717.136	2.31175
1769.096	-7724.631	1799.487	2.34767
1769.096	-7640.906	1881.960	2.38361
1850.559	-9231.683	354.070	3.29719
1850.559	-9147.958	420.272	2.72793
1850.559	-9064.233	491.845	2.44305
1850.559	-8980.508	566.757	2.28828
1850.559	-8896.783	643.845	2.20572
1850.559	-8813.057	722.411	2.16203
1850.559	-8729.332	802.023	2.14770
1850.559	-8645.607	882.395	2.15293
1850.559	-8561.882	963.340	2.16893
1850.559	-8478.157	1044.722	2.19234
1850.559	-8394.432	1126.448	2.21917
1850.559	-8310.707	1208.448	2.24733
1850.559	-8226.982	1290.669	2.27814
1850.559	-8143.257	1373.072	2.31102
1850.559	-8059.532	1455.626	2.34510
1850.559	-7975.806	1538.307	2.38001
1850.559	-7892.081	1621.095	2.41544
1850.559	-7808.356	1703.974	2.44997
1850.559	-7724.631	1786.932	2.48610
1850.559	-7640.906	1869.959	2.52230
1932.023	-9231.683	403.668	3.98801
1932.023	-9147.958	479.182	3.37004
1932.023	-9064.233	458.428	2.94942
1932.023	-8980.508	538.014	2.68142
1932.023	-8896.783	618.693	2.53291
1932.023	-8813.057	700.088	2.44917
1932.023	-8729.332	781.975	2.41121
1932.023	-8645.607	864.215	2.39918
1932.023	-8561.882	946.715	2.40190
1932.023	-8478.157	1029.412	2.41549
1932.023	-8394.432	1112.264	2.43574
1932.023	-8310.707	1195.237	2.46111
1932.023	-8226.982	1278.308	2.48968
1932.023	-8143.257	1361.460	2.52062
1932.023	-8059.532	1444.677	2.55319
1932.023	-7975.806	1527.951	2.58680

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1932.023	-7892.081	1611.271	2.62296
1932.023	-7808.356	1694.630	2.65715
1932.023	-7724.631	1778.025	2.69113
1932.023	-7640.906	1861.449	2.72456

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 15.2 MURO DI SOSTEGNO - FASE SISMICA

### 15.2.1 INPUT

#### Document Name

File Name: pk1+573\_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: 26 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. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

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



1677.486 -9382.127  
1677.486 -9423.547  
1647.486 -9423.547  
1647.486 -9493.547  
2087.486 -9493.547  
2087.486 -9423.547  
1737.486 -9423.547  
1737.486 -9379.322  
1737.486 -9240.905  
1737.486 -9182.240

Material Boundary

1735.380 -9379.246  
1737.486 -9379.322  
3880.004 -9456.707

External Boundary

3880.004 -8749.261  
3742.590 -8749.261  
3579.321 -8872.575  
3544.130 -8872.575  
3489.300 -8872.575  
3269.702 -8885.588  
2885.215 -8894.871  
2500.400 -8911.633  
2390.396 -8916.434  
2390.396 -8906.434  
2225.352 -8906.434  
1737.486 -9182.240  
1737.486 -9162.240  
1677.486 -9162.240  
1677.486 -9382.127  
1358.364 -9395.457  
1346.350 -9414.784  
1171.191 -9418.508  
1080.798 -9421.556  
1044.832 -9480.857

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_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						

4.848        -9480.857  
4.848        -10508.975  
3880.004    -10508.975  
3880.004    -9456.707

Focus/Block Search Line

2086.193    -10505.448  
2086.193    -9495.959

Search Grid

221.285     -9231.683  
1932.023    -9231.683  
1932.023    -7640.906  
221.285     -7640.906

Distributed Load

3487.036    -8872.709  
3269.702    -8885.588  
2885.215    -8894.871  
2500.400    -8911.633  
2390.396    -8916.434

## 15.2.2 OUTPUT

**Raw Data for Minimum Circle Results**

Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety
221.285	-9231.683	1883.540	-1000.00000
221.285	-9147.958	1897.100	-1000.00000
221.285	-9064.233	1914.228	-1000.00000
221.285	-8980.508	1934.832	-1000.00000
221.285	-8896.783	1958.799	-1000.00000
221.285	-8813.057	1986.010	-1000.00000
221.285	-8729.332	2016.333	-1000.00000
221.285	-8645.607	2049.630	-1000.00000
221.285	-8561.882	2085.757	-1000.00000
221.285	-8478.157	2124.571	-1000.00000
221.285	-8394.432	2165.928	-1000.00000
221.285	-8310.707	2209.685	-1000.00000
221.285	-8226.982	2255.701	-1000.00000
221.285	-8143.257	2303.842	-1000.00000
221.285	-8059.532	2353.977	-1000.00000
221.285	-7975.806	2405.982	-1000.00000
221.285	-7892.081	2459.737	-1000.00000
221.285	-7808.356	2515.132	-1000.00000
221.285	-7724.631	2572.059	-1000.00000
221.285	-7640.906	2630.419	-1000.00000
302.749	-9231.683	1802.919	-1000.00000
302.749	-9147.958	1817.080	-1000.00000
302.749	-9064.233	1834.956	-1000.00000
302.749	-8980.508	1856.439	-1000.00000
302.749	-8896.783	1881.406	-1000.00000
302.749	-8813.057	1909.720	-1000.00000
302.749	-8729.332	1941.234	-1000.00000
302.749	-8645.607	1975.797	-1000.00000
302.749	-8561.882	2013.250	-1000.00000
302.749	-8478.157	2053.435	-1000.00000
302.749	-8394.432	2096.196	-1000.00000
302.749	-8310.707	2141.377	-1000.00000
302.749	-8226.982	2188.830	-1000.00000
302.749	-8143.257	2238.410	-1000.00000
302.749	-8059.532	2289.978	-1000.00000
302.749	-7975.806	2343.403	-1000.00000



302.749	-7892.081	2398.562	-1000.00000
302.749	-7808.356	2455.337	-1000.00000
302.749	-7724.631	2513.618	-1000.00000
302.749	-7640.906	2573.305	-1000.00000
384.212	-9231.683	1722.376	-1000.00000
384.212	-9147.958	1737.194	-1000.00000
384.212	-9064.233	1755.883	-1000.00000
384.212	-8980.508	1778.322	-1000.00000
384.212	-8896.783	1804.370	-1000.00000
384.212	-8813.057	1833.874	-1000.00000
384.212	-8729.332	1866.670	-1000.00000
384.212	-8645.607	1902.587	-1000.00000
384.212	-8561.882	1941.453	-1000.00000
384.212	-8478.157	1983.094	-1000.00000
384.212	-8394.432	2027.338	-1000.00000
384.212	-8310.707	2074.021	-1000.00000
384.212	-8226.982	2122.980	-1000.00000
384.212	-8143.257	2174.061	-1000.00000
384.212	-8059.532	2227.120	-1000.00000
384.212	-7975.806	2282.017	-1000.00000
384.212	-7892.081	2338.624	-1000.00000
384.212	-7808.356	2396.819	-1000.00000
384.212	-7724.631	2456.490	-1000.00000
384.212	-7640.906	2517.531	-1000.00000
465.676	-9231.683	1641.925	-1000.00000
465.676	-9147.958	1657.462	-1000.00000
465.676	-9064.233	1677.040	-1000.00000
465.676	-8980.508	1700.519	-1000.00000
465.676	-8896.783	1727.741	-1000.00000
465.676	-8813.057	1758.531	-1000.00000
465.676	-8729.332	1792.705	-1000.00000
465.676	-8645.607	1830.075	-1000.00000
465.676	-8561.882	1870.448	-1000.00000
465.676	-8478.157	1913.634	-1000.00000
465.676	-8394.432	1959.448	-1000.00000
465.676	-8310.707	2007.710	-1000.00000
465.676	-8226.982	2058.247	-1000.00000
465.676	-8143.257	2110.896	-1000.00000
465.676	-8059.532	2165.502	-1000.00000
465.676	-7975.806	2221.923	-1000.00000
465.676	-7892.081	2280.022	-1000.00000
465.676	-7808.356	2339.675	-1000.00000
465.676	-7724.631	2400.766	-1000.00000
465.676	-7640.906	2463.189	-1000.00000
547.140	-9231.683	1561.578	-1000.00000
547.140	-9147.958	1577.907	-1000.00000
547.140	-9064.233	1598.460	-1000.00000
547.140	-8980.508	1623.076	-1000.00000
547.140	-8896.783	1651.574	-1000.00000
547.140	-8813.057	1683.758	-1000.00000
547.140	-8729.332	1719.419	-1000.00000
547.140	-8645.607	1758.347	-1000.00000
547.140	-8561.882	1800.329	-1000.00000
547.140	-8478.157	1845.158	-1000.00000
547.140	-8394.432	1892.630	-1000.00000
547.140	-8310.707	1942.552	-1000.00000
547.140	-8226.982	1994.740	-1000.00000
547.140	-8143.257	2049.022	-1000.00000
547.140	-8059.532	2105.234	-1000.00000
547.140	-7975.806	2163.227	-1000.00000
547.140	-7892.081	2222.861	-1000.00000
547.140	-7808.356	2284.007	-1000.00000
547.140	-7724.631	2346.548	-1000.00000
547.140	-7640.906	2410.375	-1000.00000
628.604	-9231.683	1481.354	-1000.00000
628.604	-9147.958	1498.557	-1000.00000
628.604	-9064.233	1520.183	-1000.00000



628.604	-8980.508	1546.046	-1000.00000
628.604	-8896.783	1575.938	-1000.00000
628.604	-8813.057	1609.634	-1000.00000
628.604	-8729.332	1646.901	-1000.00000
628.604	-8645.607	1687.503	-1000.00000
628.604	-8561.882	1731.204	-1000.00000
628.604	-8478.157	1777.776	-1000.00000
628.604	-8394.432	1827.000	-1000.00000
628.604	-8310.707	1878.667	-1000.00000
628.604	-8226.982	1932.582	-1000.00000
628.604	-8143.257	1988.560	-1000.00000
628.604	-8059.532	2046.434	-1000.00000
628.604	-7975.806	2106.047	-1000.00000
628.604	-7892.081	2167.254	-1000.00000
628.604	-7808.356	2229.926	-1000.00000
628.604	-7724.631	2293.942	-1000.00000
628.604	-7640.906	2359.193	-1000.00000
710.067	-9231.683	1401.272	-1000.00000
710.067	-9147.958	1419.446	-1000.00000
710.067	-9064.233	1442.259	-1000.00000
710.067	-8980.508	1469.494	-1000.00000
710.067	-8896.783	1500.911	-1000.00000
710.067	-8813.057	1536.254	-1000.00000
710.067	-8729.332	1575.258	-1000.00000
710.067	-8645.607	1617.659	-1000.00000
710.067	-8561.882	1663.196	-1000.00000
710.067	-8478.157	1711.620	-1000.00000
710.067	-8394.432	1762.693	-1000.00000
710.067	-8310.707	1816.190	-1000.00000
710.067	-8226.982	1871.905	-1000.00000
710.067	-8143.257	1929.644	-1000.00000
710.067	-8059.532	1989.233	-1000.00000
710.067	-7975.806	2050.509	-1000.00000
710.067	-7892.081	2113.326	-1000.00000
710.067	-7808.356	2177.551	-1000.00000
710.067	-7724.631	2243.062	-1000.00000
710.067	-7640.906	2309.750	-1000.00000
791.531	-9231.683	1321.360	-1000.00000
791.531	-9147.958	1340.617	-1000.00000
791.531	-9064.233	1364.748	-1000.00000
791.531	-8980.508	1393.499	-1000.00000
791.531	-8896.783	1426.591	-1000.00000
791.531	-8813.057	1463.730	-1000.00000
791.531	-8729.332	1504.615	-1000.00000
791.531	-8645.607	1548.951	-1000.00000
791.531	-8561.882	1596.449	-1000.00000
791.531	-8478.157	1646.837	-1000.00000
791.531	-8394.432	1699.857	-1000.00000
791.531	-8310.707	1755.270	-1000.00000
791.531	-8226.982	1812.858	-1000.00000
791.531	-8143.257	1872.419	-1000.00000
791.531	-8059.532	1933.772	-1000.00000
791.531	-7975.806	1996.751	-1000.00000
791.531	-7892.081	2061.207	-1000.00000
791.531	-7808.356	2127.006	-1000.00000
791.531	-7724.631	2194.027	-1000.00000
791.531	-7640.906	2262.161	-1000.00000
872.995	-9231.683	1241.649	-1000.00000
872.995	-9147.958	1262.123	-1000.00000
872.995	-9064.233	1287.726	-1000.00000
872.995	-8980.508	1318.158	-1000.00000
872.995	-8896.783	1353.094	-1000.00000
872.995	-8813.057	1392.194	-1000.00000
872.995	-8729.332	1435.119	-1000.00000
872.995	-8645.607	1481.536	-1000.00000
872.995	-8561.882	1531.127	-1000.00000
872.995	-8478.157	1583.595	-1000.00000

872.995	-8394.432	1638.662	-1000.00000
872.995	-8310.707	1696.076	-1000.00000
872.995	-8226.982	1755.607	-1000.00000
872.995	-8143.257	1817.046	-1000.00000
872.995	-8059.532	1880.206	-1000.00000
872.995	-7975.806	1944.920	-1000.00000
872.995	-7892.081	2011.038	-1000.00000
872.995	-7808.356	2078.426	-1000.00000
872.995	-7724.631	2146.964	-1000.00000
872.995	-7640.906	2216.545	-1000.00000
954.458	-9231.683	1162.181	-1000.00000
954.458	-9147.958	1184.031	-1000.00000
954.458	-9064.233	1211.285	-1000.00000
954.458	-8980.508	1243.589	-1000.00000
954.458	-8896.783	1280.561	-1000.00000
954.458	-8813.057	1321.809	-1000.00000
954.458	-8729.332	1366.946	-1000.00000
954.458	-8645.607	1415.600	-1000.00000
954.458	-8561.882	1467.421	-1000.00000
954.458	-8478.157	1522.086	-1000.00000
954.458	-8394.432	1579.299	-1000.00000
954.458	-8310.707	1638.794	-1000.00000
954.458	-8226.982	1700.332	-1000.00000
954.458	-8143.257	1763.697	-1000.00000
954.458	-8059.532	1828.701	-1000.00000
954.458	-7975.806	1895.175	-1000.00000
954.458	-7892.081	1962.969	-1000.00000
954.458	-7808.356	2031.952	-1000.00000
954.458	-7724.631	2102.005	-1000.00000
954.458	-7640.906	2173.027	-1000.00000
1035.922	-9231.683	1083.010	-1000.00000
1035.922	-9147.958	1106.424	-1000.00000
1035.922	-9064.233	1135.543	-1000.00000
1035.922	-8980.508	1169.940	-1000.00000
1035.922	-8896.783	1209.166	-1000.00000
1035.922	-8813.057	1252.767	-1000.00000
1035.922	-8729.332	1300.302	-1000.00000
1035.922	-8645.607	1351.358	-1000.00000
1035.922	-8561.882	1405.549	-1000.00000
1035.922	-8478.157	1462.529	-1000.00000
1035.922	-8394.432	1521.983	-1000.00000
1035.922	-8310.707	1583.633	-1000.00000
1035.922	-8226.982	1647.232	-1000.00000
1035.922	-8143.257	1712.563	-1000.00000
1035.922	-8059.532	1779.436	-1000.00000
1035.922	-7975.806	1847.683	-1000.00000
1035.922	-7892.081	1917.158	-1000.00000
1035.922	-7808.356	1987.731	-1000.00000
1035.922	-7724.631	2059.289	-1000.00000
1035.922	-7640.906	2131.734	-1000.00000
1117.386	-9231.683	1004.206	4.36880
1117.386	-9147.958	1029.414	3.89882
1117.386	-9064.233	1060.649	3.51610
1117.386	-8980.508	1097.396	3.20670
1117.386	-8896.783	1139.123	2.95659
1117.386	-8813.057	1185.303	2.67511
1117.386	-8729.332	1235.437	2.48941
1117.386	-8645.607	1289.064	2.33830
1117.386	-8561.882	1345.767	2.20731
1117.386	-8478.157	1405.172	2.10746
1117.386	-8394.432	1466.953	2.02456
1117.386	-8310.707	1530.820	1.95568
1117.386	-8226.982	1596.525	1.89641
1117.386	-8143.257	1663.849	1.84795
1117.386	-8059.532	1732.603	1.80712
1117.386	-7975.806	1802.624	1.77270
1117.386	-7892.081	1873.769	1.74368



1117.386	-7808.356	1945.917	1.71864
1117.386	-7724.631	2018.958	1.69827
1117.386	-7640.906	2092.800	1.68124
1198.850	-9231.683	925.862	4.01126
1198.850	-9147.958	953.144	3.55769
1198.850	-9064.233	986.796	3.19519
1198.850	-8980.508	1026.192	2.90643
1198.850	-8896.783	1070.697	2.62406
1198.850	-8813.057	1119.702	2.41568
1198.850	-8729.332	1172.645	2.25030
1198.850	-8645.607	1229.015	2.11057
1198.850	-8561.882	1288.363	2.00693
1198.850	-8478.157	1350.296	1.92259
1198.850	-8394.432	1414.476	1.85307
1198.850	-8310.707	1480.609	1.79692
1198.850	-8226.982	1548.445	1.75076
1198.850	-8143.257	1617.771	1.71276
1198.850	-8059.532	1688.403	1.68163
1198.850	-7975.806	1760.183	1.65613
1198.850	-7892.081	1832.977	1.63531
1198.850	-7808.356	1906.668	1.61842
1198.850	-7724.631	1981.157	1.60485
1198.850	-7640.906	2056.356	1.59489
1280.313	-9231.683	848.106	3.66519
1280.313	-9147.958	877.808	3.23075
1280.313	-9064.233	914.237	2.89068
1280.313	-8980.508	956.626	2.62727
1280.313	-8896.783	1004.219	2.36625
1280.313	-8813.057	1056.313	2.18130
1280.313	-8729.332	1112.277	2.02838
1280.313	-8645.607	1171.555	1.91827
1280.313	-8561.882	1233.670	1.83224
1280.313	-8478.157	1298.216	1.76154
1280.313	-8394.432	1364.846	1.70753
1280.313	-8310.707	1433.271	1.66441
1280.313	-8226.982	1503.245	1.62877
1280.313	-8143.257	1574.562	1.60169
1280.313	-8059.532	1647.048	1.58030
1280.313	-7975.806	1720.554	1.56362
1280.313	-7892.081	1794.956	1.55084
1280.313	-7808.356	1870.146	1.54079
1280.313	-7724.631	1946.033	1.53409
1280.313	-7640.906	2022.539	1.52964
1361.777	-9231.683	771.117	3.34572
1361.777	-9147.958	803.669	2.93105
1361.777	-9064.233	843.307	2.61495
1361.777	-8980.508	889.083	2.33301
1361.777	-8896.783	940.102	2.13834
1361.777	-8813.057	995.557	1.96424
1361.777	-8729.332	1054.749	1.84474
1361.777	-8645.607	1117.084	1.75236
1361.777	-8561.882	1182.065	1.68382
1361.777	-8478.157	1249.280	1.63107
1361.777	-8394.432	1318.386	1.59082
1361.777	-8310.707	1389.101	1.55977
1361.777	-8226.982	1461.192	1.53613
1361.777	-8143.257	1534.465	1.51842
1361.777	-8059.532	1608.758	1.50624
1361.777	-7975.806	1683.937	1.49732
1361.777	-7892.081	1759.887	1.49152
1361.777	-7808.356	1836.514	1.48830
1361.777	-7724.631	1913.735	1.48721
1361.777	-7640.906	1991.482	1.48844
1443.241	-9231.683	695.147	3.07090
1443.241	-9147.958	731.090	2.67506
1443.241	-9064.233	774.452	2.38177
1443.241	-8980.508	824.062	2.12302

1443.241	-8896.783	878.863	1.93782
1443.241	-8813.057	937.946	1.80203
1443.241	-8729.332	1000.552	1.70066
1443.241	-8645.607	1066.061	1.62990
1443.241	-8561.882	1133.970	1.57759
1443.241	-8478.157	1203.873	1.53854
1443.241	-8394.432	1275.441	1.51070
1443.241	-8310.707	1348.411	1.49073
1443.241	-8226.982	1422.565	1.47690
1443.241	-8143.257	1497.729	1.46808
1443.241	-8059.532	1573.757	1.46303
1443.241	-7975.806	1650.531	1.46050
1443.241	-7892.081	1727.950	1.46106
1443.241	-7808.356	1805.932	1.46355
1443.241	-7724.631	1884.407	1.46759
1443.241	-7640.906	1963.316	1.47292
1524.704	-9231.683	620.574	2.88437
1524.704	-9147.958	660.587	2.49643
1524.704	-9064.233	708.278	2.18584
1524.704	-8980.508	762.207	1.97802
1524.704	-8896.783	821.147	1.81146
1524.704	-8813.057	884.095	1.69049
1524.704	-8729.332	950.256	1.61195
1524.704	-8645.607	1019.003	1.55566
1524.704	-8561.882	1089.848	1.51724
1524.704	-8478.157	1162.407	1.48972
1524.704	-8394.432	1236.379	1.47225
1524.704	-8310.707	1311.523	1.46129
1524.704	-8226.982	1387.650	1.45528
1524.704	-8143.257	1464.607	1.45227
1524.704	-8059.532	1542.269	1.45326
1524.704	-7975.806	1620.535	1.45654
1524.704	-7892.081	1699.322	1.46158
1524.704	-7808.356	1778.559	1.46810
1524.704	-7724.631	1858.191	1.47549
1524.704	-7640.906	1938.167	1.48381
1606.168	-9231.683	547.965	2.80565
1606.168	-9147.958	592.899	2.41008
1606.168	-9064.233	645.610	2.10225
1606.168	-8980.508	704.354	1.89182
1606.168	-8896.783	767.748	1.74796
1606.168	-8813.057	834.733	1.64830
1606.168	-8729.332	904.511	1.58105
1606.168	-8645.607	976.485	1.53785
1606.168	-8561.882	1050.202	1.50787
1606.168	-8478.157	1125.320	1.49009
1606.168	-8394.432	1201.577	1.47948
1606.168	-8310.707	1278.768	1.47424
1606.168	-8226.982	1356.734	1.47307
1606.168	-8143.257	1435.350	1.47496
1606.168	-8059.532	1514.513	1.48012
1606.168	-7975.806	1594.142	1.48630
1606.168	-7892.081	1674.171	1.49386
1606.168	-7808.356	1754.545	1.50250
1606.168	-7724.631	1835.219	1.51196
1606.168	-7640.906	1916.154	1.52244
1687.632	-9231.683	478.219	2.60733
1687.632	-9147.958	529.109	2.20559
1687.632	-9064.233	587.570	1.95446
1687.632	-8980.508	651.568	1.77786
1687.632	-8896.783	719.628	1.65986
1687.632	-8813.057	790.700	1.58402
1687.632	-8729.332	864.042	1.53929
1687.632	-8645.607	939.122	1.51042
1687.632	-8561.882	1015.555	1.49533
1687.632	-8478.157	1093.056	1.48865
1687.632	-8394.432	1171.415	1.48727

1687.632	-8310.707	1250.470	1.48993
1687.632	-8226.982	1330.096	1.49474
1687.632	-8143.257	1410.197	1.50239
1687.632	-8059.532	1490.696	1.51157
1687.632	-7975.806	1571.533	1.52172
1687.632	-7892.081	1652.657	1.53289
1687.632	-7808.356	1734.029	1.54532
1687.632	-7724.631	1815.614	1.55724
1687.632	-7640.906	1897.386	1.56938
1769.096	-9231.683	412.787	2.60336
1769.096	-9147.958	470.803	2.17856
1769.096	-9064.233	535.667	1.92072
1769.096	-8980.508	605.179	1.75681
1769.096	-8896.783	677.911	1.65559
1769.096	-8813.057	752.931	1.59059
1769.096	-8729.332	829.619	1.55437
1769.096	-8645.607	907.551	1.53290
1769.096	-8561.882	986.433	1.52355
1769.096	-8478.157	1066.054	1.52100
1769.096	-8394.432	1146.261	1.52303
1769.096	-8310.707	1226.937	1.52837
1769.096	-8226.982	1307.996	1.53598
1769.096	-8143.257	1389.372	1.54539
1769.096	-8059.532	1471.012	1.55672
1769.096	-7975.806	1552.873	1.56844
1769.096	-7892.081	1634.924	1.58075
1769.096	-7808.356	1717.136	1.59345
1769.096	-7724.631	1799.487	1.60641
1769.096	-7640.906	1881.960	1.61953
1850.559	-9231.683	354.070	2.91881
1850.559	-9147.958	420.272	2.30986
1850.559	-9064.233	491.845	2.00690
1850.559	-8980.508	566.757	1.83555
1850.559	-8896.783	643.845	1.73420
1850.559	-8813.057	722.411	1.67123
1850.559	-8729.332	802.023	1.63475
1850.559	-8645.607	882.395	1.61533
1850.559	-8561.882	963.340	1.60611
1850.559	-8478.157	1044.722	1.60370
1850.559	-8394.432	1126.448	1.60512
1850.559	-8310.707	1208.448	1.60872
1850.559	-8226.982	1290.669	1.61489
1850.559	-8143.257	1373.072	1.62306
1850.559	-8059.532	1455.626	1.63253
1850.559	-7975.806	1538.307	1.64293
1850.559	-7892.081	1621.095	1.65400
1850.559	-7808.356	1703.974	1.66490
1850.559	-7724.631	1786.932	1.67689
1850.559	-7640.906	1869.959	1.68912
1932.023	-9231.683	501.379	3.41981
1932.023	-9147.958	479.182	2.80645
1932.023	-9064.233	458.428	2.40505
1932.023	-8980.508	538.014	2.12531
1932.023	-8896.783	618.693	1.96435
1932.023	-8813.057	700.088	1.86585
1932.023	-8729.332	781.975	1.80733
1932.023	-8645.607	864.215	1.77219
1932.023	-8561.882	946.715	1.75057
1932.023	-8478.157	1029.412	1.73872
1932.023	-8394.432	1112.264	1.73321
1932.023	-8310.707	1195.237	1.73241
1932.023	-8226.982	1278.308	1.73481
1932.023	-8143.257	1361.460	1.73958
1932.023	-8059.532	1444.677	1.74607
1932.023	-7975.806	1527.951	1.75378
1932.023	-7892.081	1611.271	1.76347
1932.023	-7808.356	1694.630	1.77244

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1932.023	-7724.631	1778.025	1.78168
1932.023	-7640.906	1861.449	1.79097

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CS0525_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 15.3 PARATIA PROVVISORIA

### 15.3.1 INPUT

#### Document Name

File Name: pk1+573\_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



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

8734.748	3228.759
14345.574	3403.279

##### External Boundary

14345.574	4316.616
13508.093	4374.218
13272.844	4372.361
13173.672	4426.746
12893.718	4431.535
12753.370	4347.044
12677.167	4347.044
12662.167	4320.066
11422.148	4365.068
11402.148	4375.068
11292.148	4375.068
10802.421	4095.224
10604.157	4095.224
10600.465	4088.584
9199.907	4052.996
9199.907	4062.996
9049.907	4062.996
8797.939	3919.014
8734.748	3919.014
8734.748	3228.759
8734.748	3218.225
8211.547	3218.225
8210.133	3288.953
6054.257	3245.835
5926.485	3219.143
5746.112	3119.143
4602.438	3020.144
4345.574	2978.696
4345.574	1072.822
12345.574	1072.822
13345.574	1072.822
14345.574	1072.822
14345.574	3403.279

##### Focus/Block Search Line

8727.544	1082.423
8727.544	2433.506

##### Search Grid

5745.222	3593.718
9822.562	3593.718

9822.562 7136.861  
5745.222 7136.861

Distributed Load

10593.707 4088.412  
9199.907 4052.996

Distributed Load

12662.167 4320.066  
11427.516 4364.873

### 15.3.2 OUTPUT

Raw Data for Minimum Circle Results

Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety
5745.222	3593.718	3200.053	-1000.00000
5745.222	3780.199	3272.282	-1000.00000
5745.222	3966.681	3353.337	-1000.00000
5745.222	4153.162	3442.595	-1000.00000
5745.222	4339.643	3539.436	-1000.00000
5745.222	4526.124	3643.254	-1000.00000
5745.222	4712.606	3753.470	-1000.00000
5745.222	4899.087	3869.539	-1000.00000
5745.222	5085.568	3990.950	-1000.00000
5745.222	5272.049	4117.229	-1000.00000
5745.222	5458.530	4247.943	-1000.00000
5745.222	5645.012	4382.695	-1000.00000
5745.222	5831.493	4521.124	-1000.00000
5745.222	6017.974	4662.902	-1000.00000
5745.222	6204.455	4807.734	-1000.00000
5745.222	6390.936	4955.351	-1000.00000
5745.222	6577.418	5105.512	-1000.00000
5745.222	6763.899	5257.999	-1000.00000
5745.222	6950.380	5412.615	-1000.00000
5745.222	7136.861	5569.183	-1000.00000
5939.381	3593.718	3019.925	-1000.00000
5939.381	3780.199	3096.359	-1000.00000
5939.381	3966.681	3181.898	-1000.00000
5939.381	4153.162	3275.831	-1000.00000
5939.381	4339.643	3377.456	-1000.00000
5939.381	4526.124	3486.102	-1000.00000
5939.381	4712.606	3601.132	-1000.00000
5939.381	4899.087	3721.954	-1000.00000
5939.381	5085.568	3848.024	-1000.00000
5939.381	5272.049	3978.842	-1000.00000
5939.381	5458.530	4113.955	-1000.00000
5939.381	5645.012	4252.955	-1000.00000
5939.381	5831.493	4395.471	-1000.00000
5939.381	6017.974	4541.175	-1000.00000
5939.381	6204.455	4689.767	-1000.00000
5939.381	6390.936	4840.982	-1000.00000
5939.381	6577.418	4994.583	-1000.00000
5939.381	6763.899	5150.355	-1000.00000
5939.381	6950.380	5308.108	-1000.00000
5939.381	7136.861	5467.669	-1000.00000
6133.540	3593.718	2841.645	-1000.00000
6133.540	3780.199	2922.745	-1000.00000
6133.540	3966.681	3013.218	-1000.00000
6133.540	4153.162	3112.246	-1000.00000
6133.540	4339.643	3219.040	-1000.00000
6133.540	4526.124	3332.853	-1000.00000
6133.540	4712.606	3452.992	-1000.00000
6133.540	4899.087	3578.819	-1000.00000
6133.540	5085.568	3709.756	-1000.00000

6133.540	5272.049	3845.281	-1000.00000
6133.540	5458.530	3984.925	-1000.00000
6133.540	5645.012	4128.272	-1000.00000
6133.540	5831.493	4274.947	-1000.00000
6133.540	6017.974	4424.621	-1000.00000
6133.540	6204.455	4576.999	-1000.00000
6133.540	6390.936	4731.819	-1000.00000
6133.540	6577.418	4888.851	-1000.00000
6133.540	6763.899	5047.887	-1000.00000
6133.540	6950.380	5208.744	-1000.00000
6133.540	7136.861	5371.258	-1000.00000
6327.699	3593.718	2665.586	-1000.00000
6327.699	3780.199	2751.879	-1000.00000
6327.699	3966.681	2847.785	-1000.00000
6327.699	4153.162	2952.367	-1000.00000
6327.699	4339.643	3064.737	-1000.00000
6327.699	4526.124	3184.071	-1000.00000
6327.699	4712.606	3309.615	-1000.00000
6327.699	4899.087	3440.690	-1000.00000
6327.699	5085.568	3576.687	-1000.00000
6327.699	5272.049	3717.067	-1000.00000
6327.699	5458.530	3861.351	-1000.00000
6327.699	5645.012	4009.118	-1000.00000
6327.699	5831.493	4159.997	-1000.00000
6327.699	6017.974	4313.661	-1000.00000
6327.699	6204.455	4469.823	-1000.00000
6327.699	6390.936	4628.230	-1000.00000
6327.699	6577.418	4788.660	-1000.00000
6327.699	6763.899	4950.915	-1000.00000
6327.699	6950.380	5114.823	-1000.00000
6327.699	7136.861	5280.228	-1000.00000
6521.858	3593.718	2492.216	-1000.00000
6521.858	3780.199	2584.305	-1000.00000
6521.858	3966.681	2686.201	-1000.00000
6521.858	4153.162	2796.832	-1000.00000
6521.858	4339.643	2915.203	-1000.00000
6521.858	4526.124	3040.412	-1000.00000
6521.858	4712.606	3171.647	-1000.00000
6521.858	4899.087	3308.193	-1000.00000
6521.858	5085.568	3449.418	-1000.00000
6521.858	5272.049	3594.771	-1000.00000
6521.858	5458.530	3743.771	-1000.00000
6521.858	5645.012	3896.001	-1000.00000
6521.858	5831.493	4051.094	-1000.00000
6521.858	6017.974	4208.737	-1000.00000
6521.858	6204.455	4368.651	-1000.00000
6521.858	6390.936	4530.597	-1000.00000
6521.858	6577.418	4694.364	-1000.00000
6521.858	6763.899	4859.769	-1000.00000
6521.858	6950.380	5026.649	-1000.00000
6521.858	7136.861	5194.863	-1000.00000
6716.017	3593.718	2322.140	-112.00000
6716.017	3780.199	2420.707	-1000.00000
6716.017	3966.681	2529.203	-1000.00000
6716.017	4153.162	2646.405	-1000.00000
6716.017	4339.643	2771.209	-1000.00000
6716.017	4526.124	2902.635	-1000.00000
6716.017	4712.606	3039.825	-1000.00000
6716.017	4899.087	3182.032	-1000.00000
6716.017	5085.568	3328.614	-1000.00000
6716.017	5272.049	3479.018	-1000.00000
6716.017	5458.530	3632.770	-1000.00000
6716.017	5645.012	3789.460	-1000.00000
6716.017	5831.493	3948.741	-1000.00000
6716.017	6017.974	4110.311	-1000.00000
6716.017	6204.455	4273.909	-1000.00000
6716.017	6390.936	4439.313	-1000.00000

ADEGUAMENTO TOMBINO PK. 1+573 (ASSE C)  
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento  
CS0525\_F0.doc

Rev	Data
F0	20/06/2011

6716.017	6577.418	4606.327	-1000.00000
6716.017	6763.899	4774.782	-1000.00000
6716.017	6950.380	4944.532	-1000.00000
6716.017	7136.861	5115.447	-1000.00000
6910.176	3593.718	2156.135	-112.00000
6910.176	3780.199	2261.948	-112.00000
6910.176	3966.681	2646.089	8.37472
6910.176	4153.162	2724.201	7.60235
6910.176	4339.643	2811.993	6.93309
6910.176	4526.124	2908.664	6.39026
6910.176	4712.606	2914.982	5.84155
6910.176	4899.087	3062.991	5.48255
6910.176	5085.568	3215.005	5.19794
6910.176	5272.049	3370.483	-1000.00000
6910.176	5458.530	3528.966	-1000.00000
6910.176	5645.012	3690.067	-1000.00000
6910.176	5831.493	3853.458	-1000.00000
6910.176	6017.974	4018.860	-1000.00000
6910.176	6204.455	4186.035	-1000.00000
6910.176	6390.936	4354.777	-1000.00000
6910.176	6577.418	4524.912	-1000.00000
6910.176	6763.899	4696.289	-1000.00000
6910.176	6950.380	4868.776	-1000.00000
6910.176	7136.861	5042.259	-1000.00000
7104.335	3593.718	1995.219	-112.00000
7104.335	3780.199	2109.121	-112.00000
7104.335	3966.681	2643.006	7.72720
7104.335	4153.162	2628.745	7.04770
7104.335	4339.643	2645.344	6.41894
7104.335	4526.124	2648.369	5.89344
7104.335	4712.606	2798.053	5.38120
7104.335	4899.087	2951.931	5.06814
7104.335	5085.568	3109.380	4.83580
7104.335	5272.049	3269.883	4.65267
7104.335	5458.530	3433.013	4.50618
7104.335	5645.012	3598.413	4.38732
7104.335	5831.493	3765.783	4.29033
7104.335	6017.974	3934.872	4.20897
7104.335	6204.455	4105.468	4.14459
7104.335	6390.936	4277.390	4.09706
7104.335	6577.418	4450.485	4.05850
7104.335	6763.899	4624.620	-1000.00000
7104.335	6950.380	4799.683	-1000.00000
7104.335	7136.861	4975.576	-1000.00000
7298.494	3593.718	1840.727	-112.00000
7298.494	3780.199	2060.474	8.54617
7298.494	3966.681	2454.708	7.20073
7298.494	4153.162	2401.373	6.53171
7298.494	4339.643	2382.340	5.90607
7298.494	4526.124	2534.016	5.30508
7298.494	4712.606	2690.070	4.96657
7298.494	4899.087	2849.785	4.71070
7298.494	5085.568	3012.577	4.51416
7298.494	5272.049	3177.973	4.36069
7298.494	5458.530	3345.588	4.24733
7298.494	5645.012	3515.104	4.14729
7298.494	5831.493	3686.258	4.07930
7298.494	6017.974	3858.834	4.02515
7298.494	6204.455	4032.647	3.98172
7298.494	6390.936	4207.546	3.94782
7298.494	6577.418	4383.399	3.91015
7298.494	6763.899	4560.097	3.86251
7298.494	6950.380	4737.546	3.80718
7298.494	7136.861	4915.662	3.74961
7492.653	3593.718	1694.417	-112.00000
7492.653	3780.199	2169.110	7.43811
7492.653	3966.681	2202.419	6.67147

7492.653	4153.162	2228.908	6.01486
7492.653	4339.643	2271.192	5.29364
7492.653	4526.124	2429.816	4.89033
7492.653	4712.606	2592.152	4.60011
7492.653	4899.087	2757.543	4.39689
7492.653	5085.568	2925.473	4.24382
7492.653	5272.049	3095.526	4.12676
7492.653	5458.530	3267.374	4.03042
7492.653	5645.012	3440.745	3.96297
7492.653	5831.493	3615.421	3.91033
7492.653	6017.974	3791.223	3.87152
7492.653	6204.455	3967.999	3.84467
7492.653	6390.936	4145.626	3.80888
7492.653	6577.418	4323.998	3.75634
7492.653	6763.899	4503.028	3.70189
7492.653	6950.380	4682.639	3.65119
7492.653	7136.861	4862.768	3.61180
7686.812	3593.718	1558.594	-112.00000
7686.812	3780.199	1701.971	6.85922
7686.812	3966.681	1853.037	6.01779
7686.812	4153.162	2010.060	5.41892
7686.812	4339.643	2171.746	4.84352
7686.812	4526.124	2337.130	4.53953
7686.812	4712.606	2505.478	4.31285
7686.812	4899.087	2676.231	4.14318
7686.812	5085.568	2848.957	4.01243
7686.812	5272.049	3023.318	3.92749
7686.812	5458.530	3199.046	3.86750
7686.812	5645.012	3375.928	3.82252
7686.812	5831.493	3553.792	3.78995
7686.812	6017.974	3732.497	3.76096
7686.812	6204.455	3911.928	3.71979
7686.812	6390.936	4091.990	3.66794
7686.812	6577.418	4272.602	3.61073
7686.812	6763.899	4453.698	3.56352
7686.812	6950.380	4635.221	3.52778
7686.812	7136.861	4817.123	3.50387
7880.971	3593.718	1436.238	6.54648
7880.971	3780.199	1590.682	5.59163
7880.971	3966.681	1751.374	5.05258
7880.971	4153.162	1916.743	4.55660
7880.971	4339.643	2085.676	4.28611
7880.971	4526.124	2257.374	4.12023
7880.971	4712.606	2431.251	4.00302
7880.971	4899.087	2606.871	3.91738
7880.971	5085.568	2783.904	3.84253
7880.971	5272.049	2962.096	3.79220
7880.971	5458.530	3141.251	3.75360
7880.971	5645.012	3321.213	3.72886
7880.971	5831.493	3501.857	3.69896
7880.971	6017.974	3683.083	3.64825
7880.971	6204.455	3864.809	3.59430
7880.971	6390.936	4046.967	3.53991
7880.971	6577.418	4229.503	3.49940
7880.971	6763.899	4412.368	3.46993
7880.971	6950.380	4595.524	3.44907
7880.971	7136.861	4778.937	3.43515
8075.130	3593.718	1331.066	5.25682
8075.130	3780.199	1496.405	4.67332
8075.130	3966.681	1666.214	4.34363
8075.130	4153.162	1839.256	4.01196
8075.130	4339.643	2014.697	3.84651
8075.130	4526.124	2191.962	3.75183
8075.130	4712.606	2370.641	3.69500
8075.130	4899.087	2550.438	3.65161
8075.130	5085.568	2731.131	3.64142
8075.130	5272.049	2912.554	3.63988

8075.130	5458.530	3094.579	3.64296
8075.130	5645.012	3277.105	3.62739
8075.130	5831.493	3460.052	3.59013
8075.130	6017.974	3643.358	3.53611
8075.130	6204.455	3826.971	3.48632
8075.130	6390.936	4010.848	3.45301
8075.130	6577.418	4194.955	3.42863
8075.130	6763.899	4379.264	3.41260
8075.130	6950.380	4563.748	3.40358
8075.130	7136.861	4748.389	3.40020
8269.289	3593.718	1247.434	4.40001
8269.289	3780.199	1422.526	4.05631
8269.289	3966.681	1600.195	3.87202
8269.289	4153.162	1779.667	3.65399
8269.289	4339.643	1960.448	3.56492
8269.289	4526.124	2142.207	3.51798
8269.289	4712.606	2324.714	3.48318
8269.289	4899.087	2507.805	3.48442
8269.289	5085.568	2691.362	3.49636
8269.289	5272.049	2875.296	3.51126
8269.289	5458.530	3059.538	3.50529
8269.289	5645.012	3244.036	3.47583
8269.289	5831.493	3428.748	3.44079
8269.289	6017.974	3613.642	3.41561
8269.289	6204.455	3798.692	3.40065
8269.289	6390.936	3983.875	3.39164
8269.289	6577.418	4169.173	3.38682
8269.289	6763.899	4354.573	3.38577
8269.289	6950.380	4540.061	3.38955
8269.289	7136.861	4725.627	3.39693
8463.448	3593.718	1189.891	3.90952
8463.448	3780.199	1372.345	3.71789
8463.448	3966.681	1555.755	3.62371
8463.448	4153.162	1739.817	3.47616
8463.448	4339.643	1924.346	3.42569
8463.448	4526.124	2109.218	3.40749
8463.448	4712.606	2294.350	3.39762
8463.448	4899.087	2479.685	3.41526
8463.448	5085.568	2665.179	3.42754
8463.448	5272.049	2850.803	3.41646
8463.448	5458.530	3036.531	3.37880
8463.448	5645.012	3222.347	3.34746
8463.448	5831.493	3408.235	3.33187
8463.448	6017.974	3594.184	3.32698
8463.448	6204.455	3780.186	3.33070
8463.448	6390.936	3966.233	3.34106
8463.448	6577.418	4152.319	3.35553
8463.448	6763.899	4338.439	3.37277
8463.448	6950.380	4524.589	3.39214
8463.448	7136.861	4710.764	3.41217
8657.608	3593.718	1162.319	3.75746
8657.608	3780.199	1348.509	3.62900
8657.608	3966.681	1534.769	3.57475
8657.608	4153.162	1721.078	3.45397
8657.608	4339.643	1907.420	3.41954
8657.608	4526.124	2093.787	3.41285
8657.608	4712.606	2280.173	3.41553
8657.608	4899.087	2466.573	3.41374
8657.608	5085.568	2652.984	3.38862
8657.608	5272.049	2839.405	3.33821
8657.608	5458.530	3025.833	3.30807
8657.608	5645.012	3212.267	3.29418
8657.608	5831.493	3398.707	3.29200
8657.608	6017.974	3585.151	3.29857
8657.608	6204.455	3771.598	3.31180
8657.608	6390.936	3958.049	3.33055
8657.608	6577.418	4144.502	3.35337

8657.608	6763.899	4330.958	3.37941
8657.608	6950.380	4517.416	3.40809
8657.608	7136.861	4703.876	3.43868
8851.767	3593.718	1166.844	3.92210
8851.767	3780.199	1352.411	3.78162
8851.767	3966.681	1538.199	3.71623
8851.767	4153.162	1724.137	3.59601
8851.767	4339.643	1910.181	3.55494
8851.767	4526.124	2096.303	3.52132
8851.767	4712.606	2282.483	3.48966
8851.767	4899.087	2468.709	3.43676
8851.767	5085.568	2654.970	3.37596
8851.767	5272.049	2841.261	3.33861
8851.767	5458.530	3027.574	3.31360
8851.767	5645.012	3213.908	3.30910
8851.767	5831.493	3400.257	3.31478
8851.767	6017.974	3586.620	3.32796
8851.767	6204.455	3772.995	3.34679
8851.767	6390.936	3959.380	3.37032
8851.767	6577.418	4145.774	3.39737
8851.767	6763.899	4332.175	3.42713
8851.767	6950.380	4518.582	3.45915
8851.767	7136.861	4704.996	3.49293
9045.926	3593.718	1203.105	4.40075
9045.926	3780.199	1383.818	4.17811
9045.926	3966.681	1565.884	4.06238
9045.926	4153.162	1748.881	3.88992
9045.926	4339.643	1932.544	3.81230
9045.926	4526.124	2116.700	3.68674
9045.926	4712.606	2301.231	3.58053
9045.926	4899.087	2486.053	3.49153
9045.926	5085.568	2671.105	3.43729
9045.926	5272.049	2856.343	3.40731
9045.926	5458.530	3041.733	3.39430
9045.926	5645.012	3227.249	3.38729
9045.926	5831.493	3412.870	3.39602
9045.926	6017.974	3598.580	3.41166
9045.926	6204.455	3784.366	3.43256
9045.926	6390.936	3970.217	3.45849
9045.926	6577.418	4156.125	3.48781
9045.926	6763.899	4342.082	3.51961
9045.926	6950.380	4528.082	3.55014
9045.926	7136.861	4714.119	3.57329
9240.085	3593.718	1268.382	5.20633
9240.085	3780.199	1440.931	4.83044
9240.085	3966.681	1616.578	4.59694
9240.085	4153.162	1794.413	4.31004
9240.085	4339.643	1973.844	4.10845
9240.085	4526.124	2154.472	3.90225
9240.085	4712.606	2336.021	3.72061
9240.085	4899.087	2518.291	3.63123
9240.085	5085.568	2701.136	3.57806
9240.085	5272.049	2884.446	3.54831
9240.085	5458.530	3068.138	3.53515
9240.085	5645.012	3252.148	3.53435
9240.085	5831.493	3436.425	3.54267
9240.085	6017.974	3620.927	3.55199
9240.085	6204.455	3805.622	3.57347
9240.085	6390.936	3990.483	3.59900
9240.085	6577.418	4175.489	3.62304
9240.085	6763.899	4360.620	3.63780
9240.085	6950.380	4545.861	3.65025
9240.085	7136.861	4731.200	3.66581
9434.244	3593.718	1358.499	6.36124
9434.244	3780.199	1520.858	5.69360
9434.244	3966.681	1688.209	5.19398
9434.244	4153.162	1859.205	4.80397



9434.244	4339.643	2032.925	4.38154
9434.244	4526.124	2208.728	4.13851
9434.244	4712.606	2386.152	3.95450
9434.244	4899.087	2564.862	3.85668
9434.244	5085.568	2744.606	3.79658
9434.244	5272.049	2925.193	3.76032
9434.244	5458.530	3106.477	3.74142
9434.244	5645.012	3288.342	3.73539
9434.244	5831.493	3470.698	3.73840
9434.244	6017.974	3653.469	3.74918
9434.244	6204.455	3836.598	3.75671
9434.244	6390.936	4020.035	3.75752
9434.244	6577.418	4203.740	3.75986
9434.244	6763.899	4387.679	3.76705
9434.244	6950.380	4571.825	3.77981
9434.244	7136.861	4756.152	3.80154
9628.403	3593.718	1468.891	-112.00000
9628.403	3780.199	1865.023	6.32558
9628.403	3966.681	1778.250	5.67942
9628.403	4153.162	1941.331	5.19970
9628.403	4339.643	2108.295	4.75181
9628.403	4526.124	2278.289	4.48562
9628.403	4712.606	2450.682	4.31034
9628.403	4899.087	2625.002	4.16833
9628.403	5085.568	2800.890	4.09293
9628.403	5272.049	2978.066	4.04352
9628.403	5458.530	3156.315	4.01302
9628.403	5645.012	3335.464	3.99553
9628.403	5831.493	3515.375	3.98009
9628.403	6017.974	3695.938	3.95622
9628.403	6204.455	3877.062	3.93916
9628.403	6390.936	4058.671	3.93077
9628.403	6577.418	4240.702	3.93320
9628.403	6763.899	4423.104	3.94636
9628.403	6950.380	4605.834	3.96305
9628.403	7136.861	4788.852	3.98215
9822.562	3593.718	1595.355	-112.00000
9822.562	3780.199	1970.867	6.90746
9822.562	3966.681	2004.169	6.24777
9822.562	4153.162	2038.696	5.73009
9822.562	4339.643	2198.278	5.24252
9822.562	4526.124	2361.804	4.94311
9822.562	4712.606	2528.510	4.73523
9822.562	4899.087	2697.806	4.58864
9822.562	5085.568	2869.233	4.48387
9822.562	5272.049	3042.432	4.39634
9822.562	5458.530	3217.117	4.33306
9822.562	5645.012	3393.057	4.26719
9822.562	5831.493	3570.068	4.22127
9822.562	6017.974	3747.997	4.18949
9822.562	6204.455	3926.720	4.17555
9822.562	6390.936	4106.132	4.17298
9822.562	6577.418	4286.149	4.17604
9822.562	6763.899	4466.696	4.18345
9822.562	6950.380	4647.711	4.19553
9822.562	7136.861	4829.143	4.21188