

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

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

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

<p><i>Unità Funzionale</i></p> <p><i>Tipo di sistema</i></p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i></p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i></p> <p><i>Titolo del documento</i></p>	<p>COLLEGAMENTI CALABRIA</p> <p>INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI</p> <p>ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE</p> <p>GENERALE</p> <p>ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) - RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>CS0537_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 5	F 0
--------	-------------	---	-----	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_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
5.2.1 DETERMINAZIONE DEL VALORE DELLA COSTANTE DI SOTTOFONDO.....	54
5.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITÀ.....	59
5.3.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....	59
5.3.2 PARAMETRI SISMICI DI BASE.....	60
5.3.3 STATI LIMITE DI RIFERIMENTO	60
5.3.4 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	60
5.3.4.1 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	61
5.3.4.2 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	62
5.3.5 PARAMETRI PER LE VERIFICHE DI STABILITÀ DEL PENDIO.....	62
6 METODO DI CALCOLO A FESSURAZIONE.....	63
6.1 VALUTAZIONE DELLA DISTANZA MEDIA TRA LE FESSURE	64
6.2 VALUTAZIONE DELLA DEFORMAZIONE MEDIA DELLE BARRE DI ARMATURE	65
6.3 VALUTAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE (VALORE MEDIO E VALORE DI CALCOLO).....	66
6.4 DESCRIZIONE DELL'INPUT E DELL'OUTPUT DEL PROGRAMMA DI CALCOLO	67

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

7	FASI COSTRUTTIVE	69
7.1	REALIZZAZIONE DEL PROLUNGAMENTO A MONTE.....	69
7.2	REALIZZAZIONE DEL PROLUNGAMENTO A VALLE	69
8	ANALISI MANUFATTO D'IMBOCCO	71
8.1	ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE	71
8.1.1	SCHEMA STATICO	71
8.1.2	ANALISI DEI CARICHI.....	72
8.1.3	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	73
8.2	VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO	74
8.3	VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE.....	76
8.3.1	COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI	76
8.3.2	COMBINAZIONI FREQUENTI	78
8.4	VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO.....	80
8.4.1	FLESSIONE	80
8.4.2	TAGLIO	82
9	ANALISI POZZETTO DI CADUTA	84
9.1	ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE	84
9.1.1	SCHEMA STATICO	84
9.1.2	ANALISI DEI CARICHI.....	85
9.1.3	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	86
9.2	VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO	87
9.3	VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE.....	89
9.3.1	COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI	89
9.3.2	COMBINAZIONI FREQUENTI	91
9.4	VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO.....	93
9.4.1	FLESSIONE	93
9.4.2	TAGLIO	95
9.5	ANALISI SOLETTA SUPERIORE	97
9.5.1	ANALISI DEI CARICHI.....	97
9.5.2	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	98
9.6	VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO	100
9.7	VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE.....	102
9.7.1	COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI	102

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9.7.2	COMBINAZIONI FREQUENTI	104
9.8	VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO.....	106
9.8.1	FLESSIONE	106
9.8.2	TAGLIO	108
10	ANALISI TORRINO.....	110
10.1	ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE	110
10.1.1	SCHEMA STATICO	110
10.1.2	ANALISI DEI CARICHI.....	111
10.1.3	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	112
10.2	VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO	113
10.3	VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE.....	115
10.4	VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO.....	115
10.4.1	FLESSIONE	115
10.4.2	TAGLIO	117
11	ANALISI MURO DI SOSTEGNO	119
11.1	ANALISI DEI CARICHI.....	119
11.1.1	PESO PROPRIO.....	119
11.1.2	SPINTA DELLE TERRE.....	119
11.1.3	SOVRACCARICO PERMANENTE	120
11.2	COMBINAZIONI DI CARICO.....	120
11.3	VERIFICHE GEOTECNICHE	121
11.3.1	SOLLECITAZIONI A LIVELLO INTRADOSSO FONDAZIONE	121
11.3.2	VERIFICHE A RIBALTAMENTO.....	122
11.3.3	VERIFICHE A SCIVOLAMENTO	122
11.3.4	VERIFICHE DI CAPACITÀ PORTANTE DELLA FONDAZIONE	123
11.3.5	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE MURO-TERRENO	127
11.4	VERIFICHE DELL'ELEVAZIONE	129
11.4.1	RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI DI VERIFICA	129
11.4.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	130
11.4.3	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE	131
11.4.4	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE	132
11.4.5	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO	134
11.5	VERIFICHE DELLA FONDAZIONE	135

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

11.5.1	RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI DI VERIFICA MENSOLA SNELLA	136
11.5.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	137
11.5.3	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE	138
11.5.4	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE	139
11.5.5	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO	141
11.6	VERIFICA MENSOLA TOZZA	143
12	ANALISI DELLE PARATIE PROVVISORIE.....	144
12.1	CARATTERISTICHE DI CALCOLO	144
12.2	STRATIGRAFIA DI PROGETTO.....	146
12.3	PARAMETRI DI SPINTA.....	146
12.4	PARATIA H=4.50m	148
12.4.1	GEOMETRIA E FASI DI REALIZZAZIONE	148
12.4.2	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	150
12.4.3	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE PARATIA-TERRENO	152
12.4.4	RISULTATI DELLE ANALISI.....	152
12.4.4.1	DIAGRAMMI DEL MOMENTO FLETTENTE	153
12.4.4.2	DIAGRAMMI DEL TAGLIO	154
12.4.4.3	STORIA DI CARICO DEI CONTRASTI	155
12.4.4.4	DIAGRAMMA DELLE DEFORMAZIONI.....	156
12.4.5	VERIFICHE DEI MICROPALI	157
12.4.6	VERIFICHE DEI CONTRASTI	158
12.5	PARATIA H=6.50m	160
12.5.1	GEOMETRIA E FASI DI REALIZZAZIONE	160
12.5.2	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	162
12.5.3	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE PARATIA-TERRENO	164
12.5.4	RISULTATI DELLE ANALISI.....	165
12.5.4.1	DIAGRAMMI DEL MOMENTO FLETTENTE	166
12.5.4.2	DIAGRAMMI DEL TAGLIO	167
12.5.4.3	STORIA DI CARICO DEI CONTRASTI	168
12.5.4.4	DIAGRAMMA DELLE DEFORMAZIONI.....	169
12.5.5	VERIFICHE DEI MICROPALI	170
12.5.6	VERIFICHE DEI CONTRASTI	171
13	TABULATI INPUT PARATIE.....	173

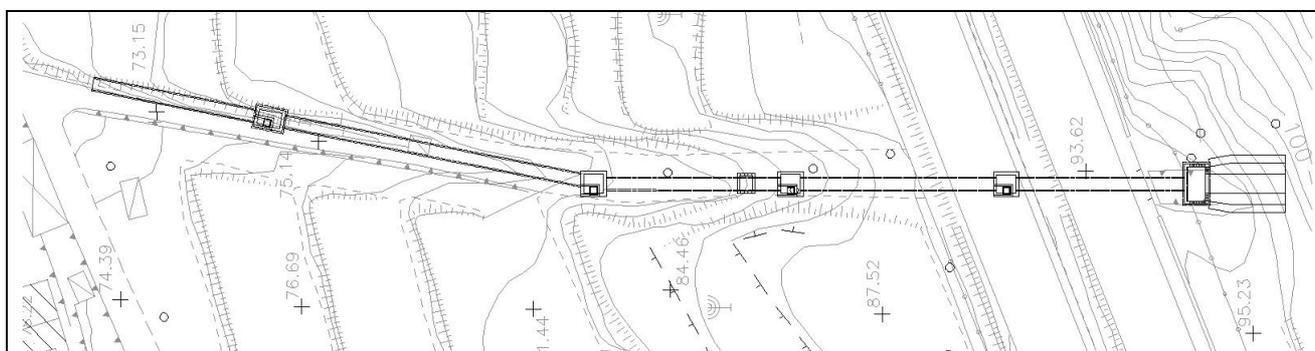
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc		<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13.1	PARATIA DA 4.50m	173
13.2	PARATIA DA 6.50m	190
14	TABULATI SLIDE	198
14.1	MURO DI SOSTEGNO - FASE STATICA.....	198
14.1.1	INPUT	198
14.1.2	OUTPUT.....	200
14.2	MURO DI SOSTEGNO - FASE SISMICA	208
14.2.1	INPUT	208
14.2.2	OUTPUT.....	210
14.3	PARATIA PROVVISORIA	218
14.3.1	INPUT	218
14.3.2	OUTPUT.....	220

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PREMESSA

La presente relazione di calcolo riporta e commenta i dati ed i risultati relativi all'opera "Adeguamento tombino pk 1+805.39 (Asse C)", opera inquadrata nel Progetto Definitivo del Ponte sullo Stretto di Messina per l'adeguamento dell'autostrada esistente A3 "Salerno-Reggio Calabria".

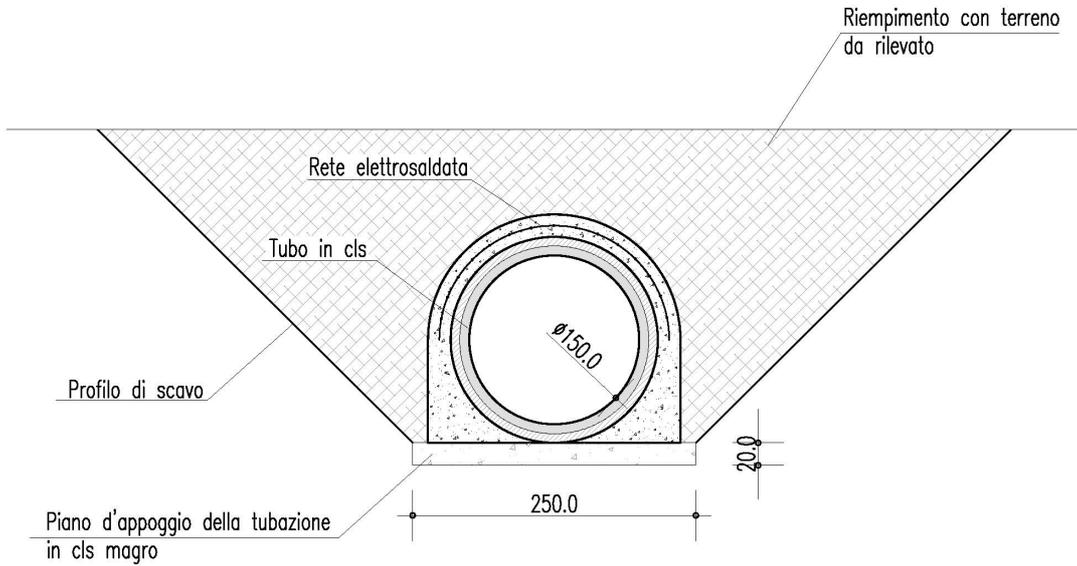


Stralcio planimetrico dell'opera

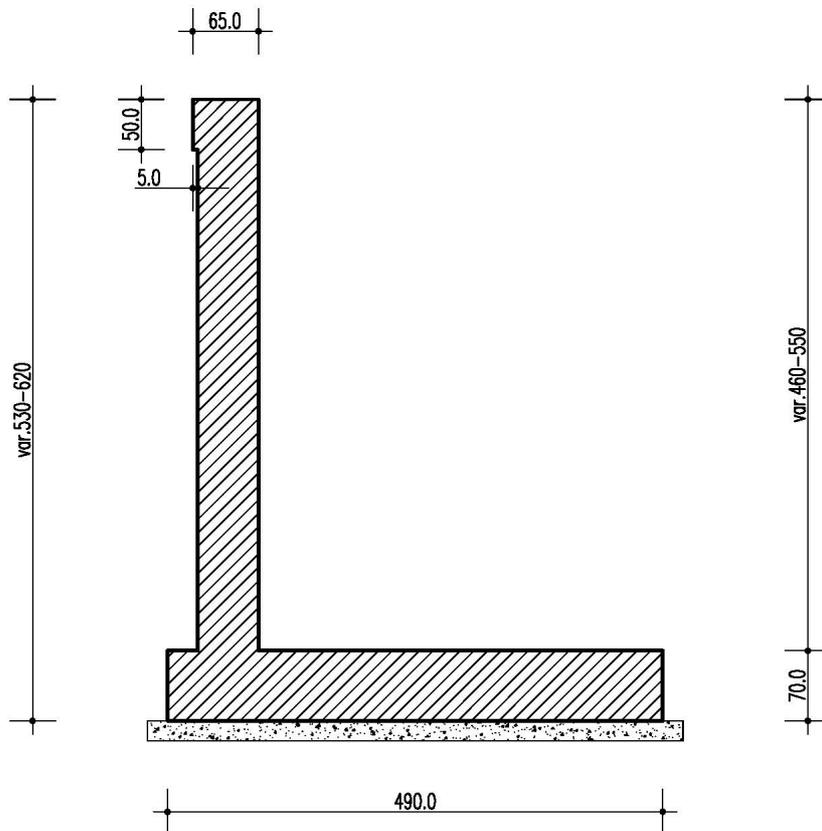
Si tratta di una struttura costituita dall'insieme di moduli circolari in cemento vibrocompresso armato di diametro interno pari a 1500 mm.

A valle dell'opera vi è un muro in c.a. per il sostegno del rilevato della Rampa F, con altezza variabile che in corrispondenza del tombino risulta pari a 4.50 m, ciabatta di fondazione di lunghezza pari a 4.90 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. L'altezza di calcolo del muro è stata presa pari a 5.50 m .

Nell'illustrazione seguente si riporta la sezione trasversale del tombino e del muro:



Sezione trasversale tombino



Sezione trasversale muro

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		Codice documento CS0537_F0.doc	Rev F0	Data 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_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 pluritirate ad elementi finiti in campo non lineare.

▣ **SLIDE release 5.0**

Prodotto da Rocscience Inc.

Programma per l'analisi di stabilità di pendii.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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.)	$\alpha_c = 0.45 f_{ck}$	$= 14.94 \text{ N/mm}^2$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

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

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

Caratteristiche del calcestruzzo:

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

Resistenze di calcolo a SLU:

Coeff. parziale di sicurezza	$\alpha_c = -$	$= 1.50$	-
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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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

Caratteristiche del calcestruzzo:

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

Resistenze di calcolo a SLU:

Coeff. parziale di sicurezza	$\alpha_c = -$	$= 1.50$	-
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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 ³
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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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 ²
Tensione caratt. di rottura (t ₄₀ mm)	f _{tk}	= -	= 430.00 N/mm ²
Tensione caratt. di snervamento (t ₄₀ mm)	f _{yk}	= -	= 275.00 N/mm ²

Resistenze di calcolo a SLU:

Coeff. parziale di sicurezza	γ _s	= -	= 1.05 -
Resistenza di calcolo	f _{yd}	= f _{yk} /γ _s	= 261.90 N/mm ²

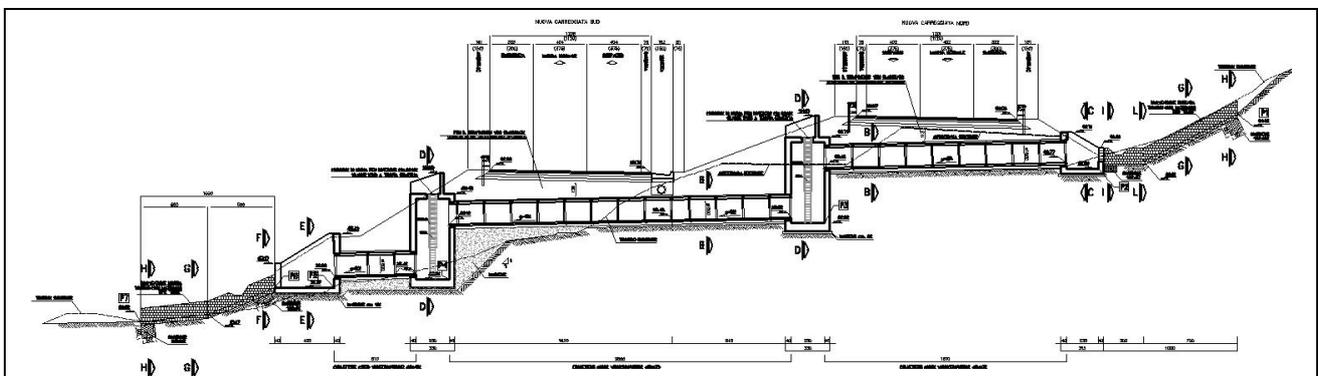
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA E DEL LUOGO

L'opera in progetto consiste nell'adeguamento di un esistente tombino idraulico circolare $\varnothing 1500\text{mm}$ 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+805.39), mentre il prolungamento a monte con la progressiva dell'asse Rampa A in progetto (km 2+419.82).

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 fosso rivestito con materassi tipo "Reno";
- b) Un tombino circolare $\varnothing 1500\text{mm}$ 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 $\varnothing 1500\text{mm}$ composto da elementi prefabbricati che sottopassa la carreggiata dell'Autostrada A3 direzione Reggio Calabria;
- e) Un pozzetto di caduta in c.a. gettato in opera, in fregio alla carreggiata dell'Autostrada A3 direzione Reggio Calabria;
- f) Un tombino circolare $\varnothing 1500\text{mm}$ composto da elementi prefabbricati che garantisce la continuità idraulica tra il pozzetto di caduta (e) ed il manufatto di sbocco;
- g) Un manufatto di sbocco in c.a. gettato in opera in fregio alla carreggiata dell'Autostrada A3 direzione Reggio Calabria, in continuità con un fosso rivestito con materassi tipo "Reno".



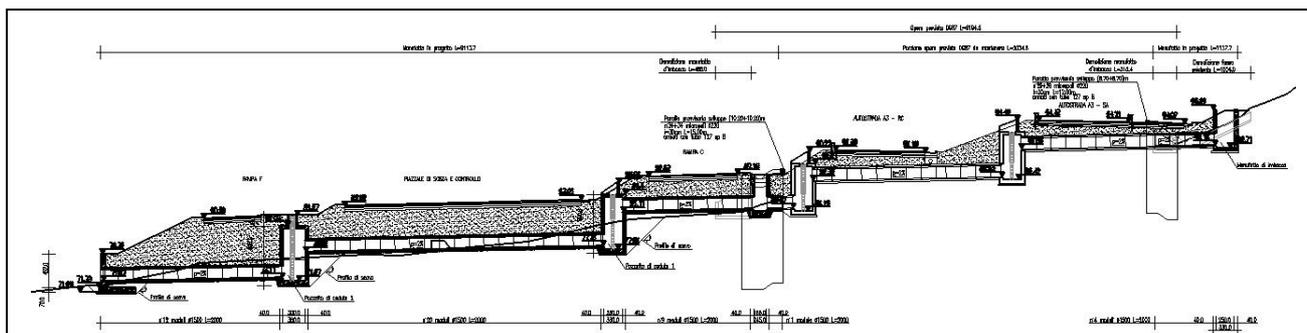
Profilo - Stato di fatto

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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 consentire gli accessi per l'ispezione periodica dell'opera.



Profilo - Nuove opere in progetto

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

5.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

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

- Demolizione del manufatto d'imbocco (a) e del fosso rivestito;
- Posa in opera del prolungamento del tombino circolare per colmare la distanza tra la posizione del tombino circolare esistente e la posizione del nuovo manufatto d'imbocco: il tombino viene realizzato con 4 elementi prefabbricati circolari $\square 1500\text{mm}$ ($L=2.00\text{m/cad}$) e posato in opera con una pendenza longitudinale del 2% (conformemente all'esistente); la tenuta idraulica del tombino è affidata alle guarnizioni già presenti negli elementi prefabbricati, mentre l'impermeabilizzazione esterna viene realizzata con una camicia di cls gettato in opera con annegata all'interno una rete elettrosaldata per prevenire le fessurazioni da ritiro;
- 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 $250 \square 450\text{cm}$.

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 17.40m: si compone di 29+29 micropali $\square 220\text{mm}$ (interasse=30cm, lunghezza=12m) solidarizzati in testa da un cordolo in c.a. gettato in opera.

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

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

- Demolizione del manufatto di sbocco (g) e realizzazione di un pozzetto di caduta in c.a. gettato in opera di dimensioni interne in pianta $350 \square 250\text{cm}$, modellato in testa per consentire lo scolo delle acque provenienti dalle canalette;
- Posa in opera del prolungamento del tombino circolare per colmare la distanza tra la posizione del tombino circolare esistente e la posizione del nuovo pozzetto: il tombino viene realizzato con 1 elemento prefabbricato circolare $\square 1500\text{mm}$ ($L=2.00\text{m}$) e posato in opera con una pendenza longitudinale del 2% (conformemente all'esistente);

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- ▣ Posa in opera del nuovo tratto del tombino per garantire la continuità idraulica sotto la Rampa C in progetto: il tombino viene realizzato con 9 elementi prefabbricati circolari $\varnothing 1500\text{mm}$ ($L=2.00\text{m/cad}$) e posato in opera con una pendenza longitudinale del 2%;
- ▣ Realizzazione di un pozzetto di caduta in c.a. gettato in opera di dimensioni interne in pianta $250\varnothing 250\text{cm}$, ubicato tra la carreggiata della Rampa C ed il piazzale di sosta e controllo;
- ▣ Posa in opera del nuovo tratto del tombino per garantire la continuità idraulica sotto il piazzale di sosta e controllo in progetto: il tombino viene realizzato con 20 elementi prefabbricati circolari $\varnothing 1500\text{mm}$ ($L=2.00\text{m/cad}$) 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 $300\varnothing 200\text{cm}$, ubicato tra il piazzale di sosta e controllo e la carreggiata della Rampa F;
- ▣ Posa in opera del nuovo tratto del tombino per garantire la continuità idraulica sotto la Rampa F in progetto: il tombino viene realizzato con 12 elementi prefabbricati circolari $\varnothing 1500\text{mm}$ ($L=2.00\text{m/cad}$) e posato in opera con una pendenza longitudinale del 2%;
- ▣ Realizzazione di un muro in c.a. per il sostegno del rilevato della Rampa F: la sezione trasversale del muro si compone di un'elevazione di dimensioni $450\varnothing 60\text{cm}$ e di una ciabatta di fondazione di dimensioni $490\varnothing 70\text{cm}$.

Per procedere all'esecuzione delle opere descritte sarà necessario realizzare attorno al manufatto di sbocco (g) da demolire una paratia provvisoria in micropali, per garantire il sostegno del rilevato dell'Autostrada esistente. In pianta la paratia presenta una forma "a C" ed uno sviluppo complessivo pari a 20.40m: si compone di 34+34 micropali $\varnothing 220\text{mm}$ (interasse=30cm, lunghezza=15m) 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).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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 delle 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 ρ_s è risultato pari a circa 26 kN/m³;

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 $C_{sg}=0.95$.
- ▣ ρ_d : si può stimare un valore medio di ρ_d pari a circa 19 -21 KN/m³

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_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_0 ed E_0 una stima è data quindi da:

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

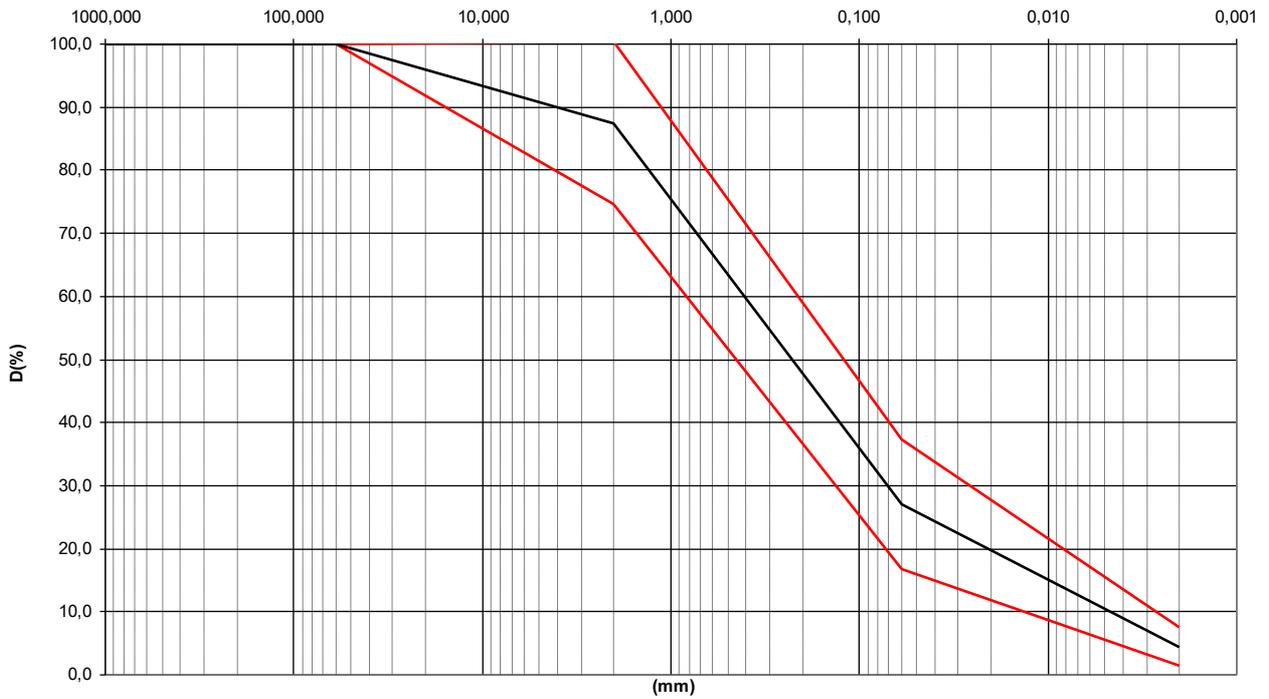
$$E_0 = 48 z^{0.85}$$

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

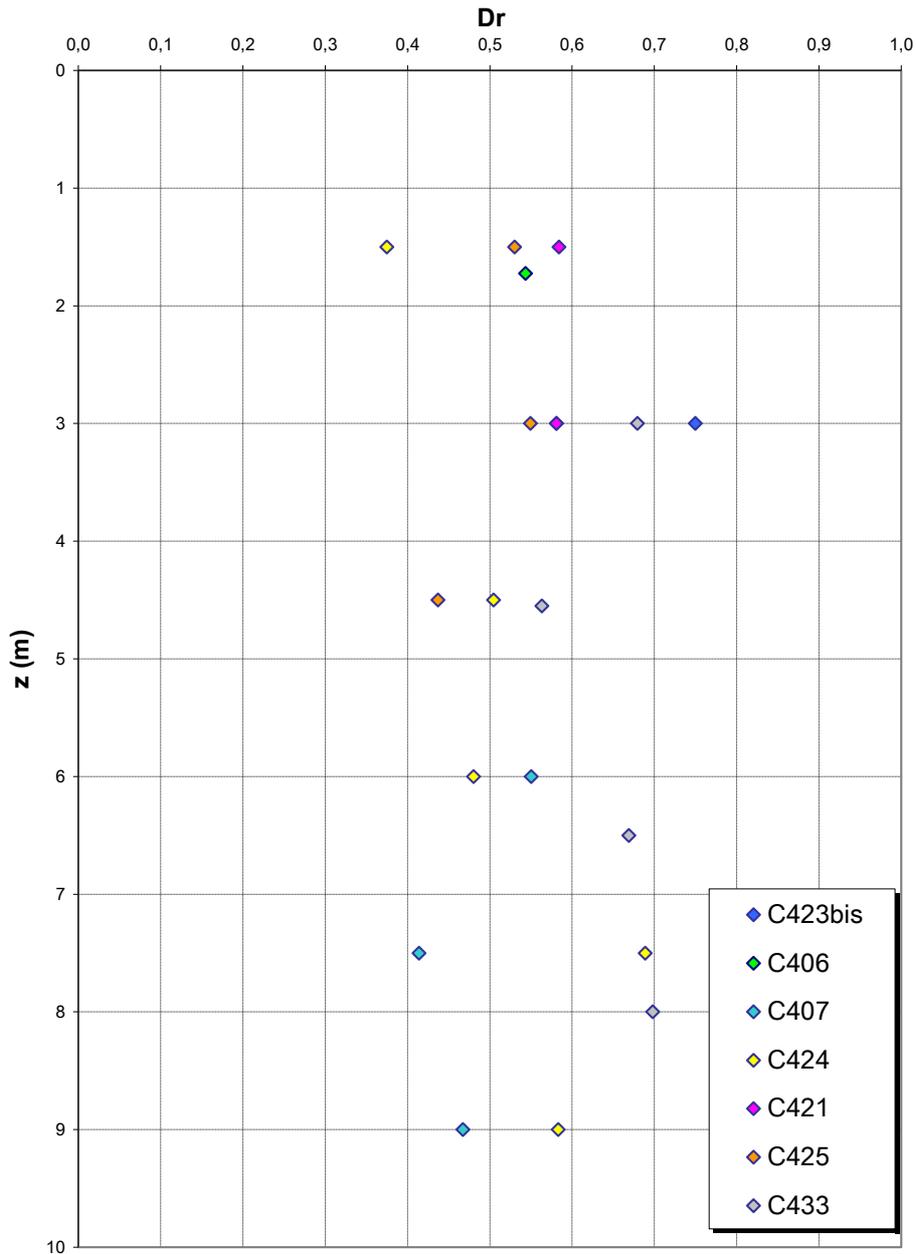
$$E = (6 \div 16) z^{0.85}$$

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

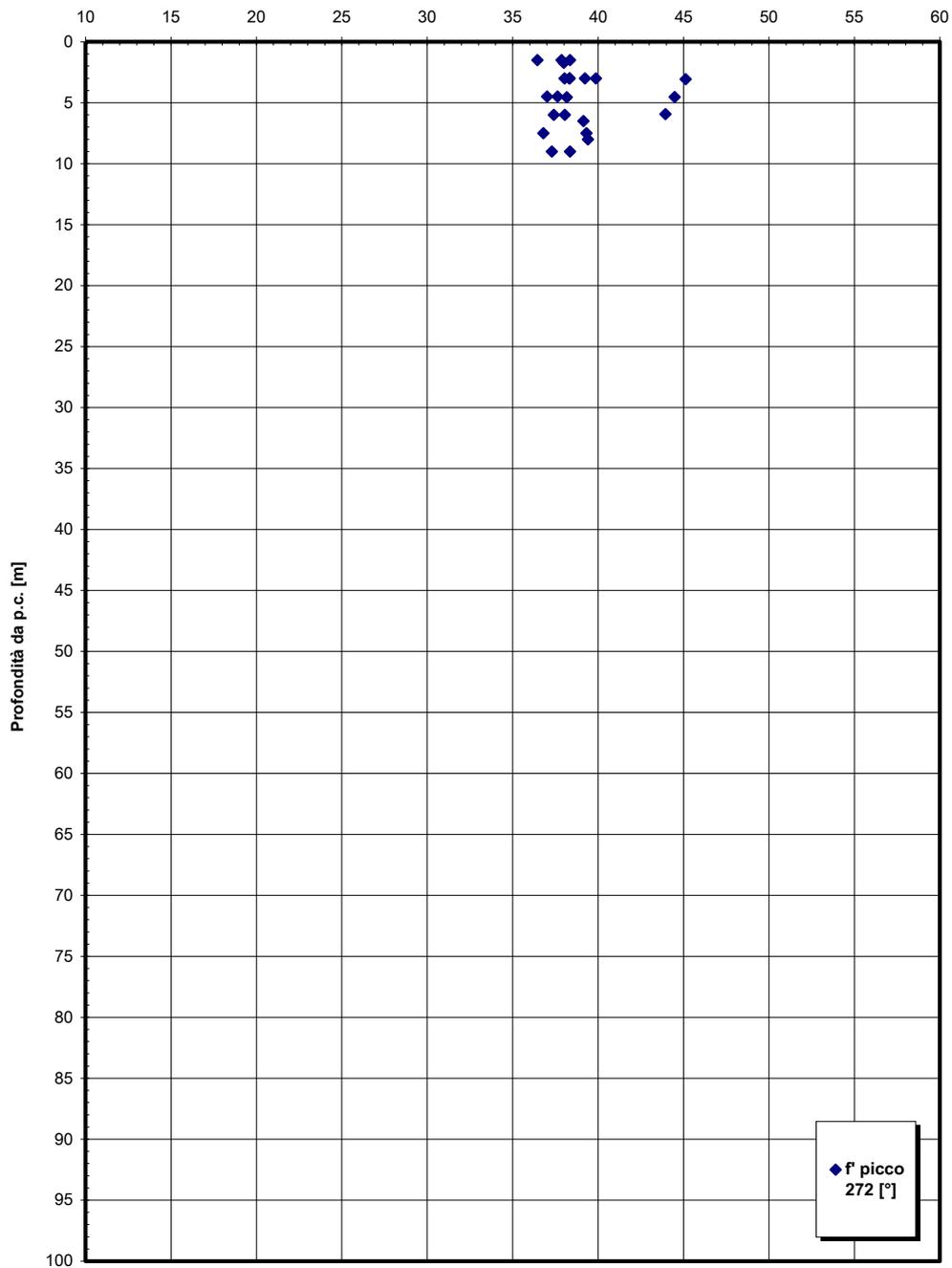
Depositi di versante

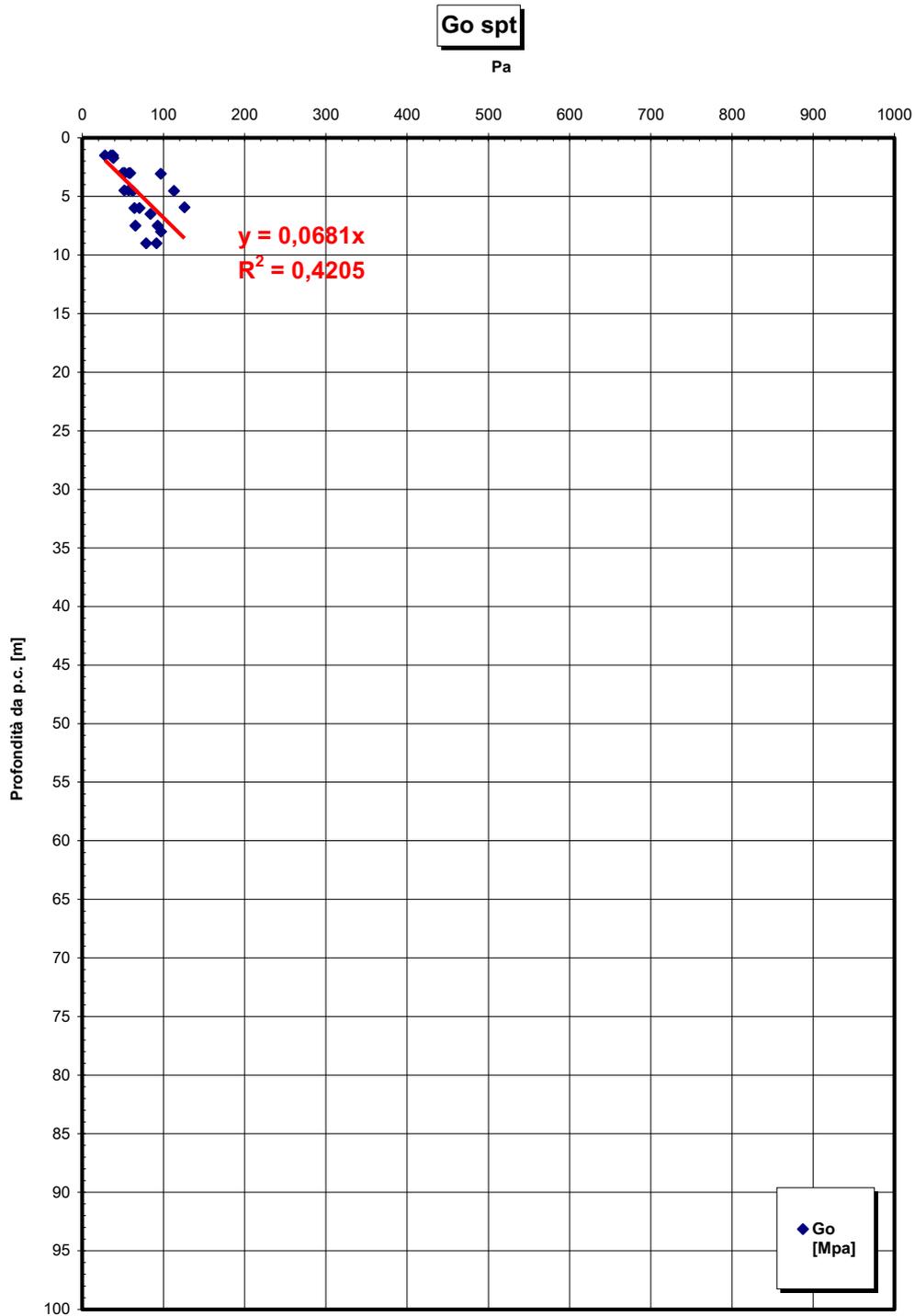


Dr Skempton (1986)
Componente sabbiosa prevalente
DEPOSITI DI VERSANTE

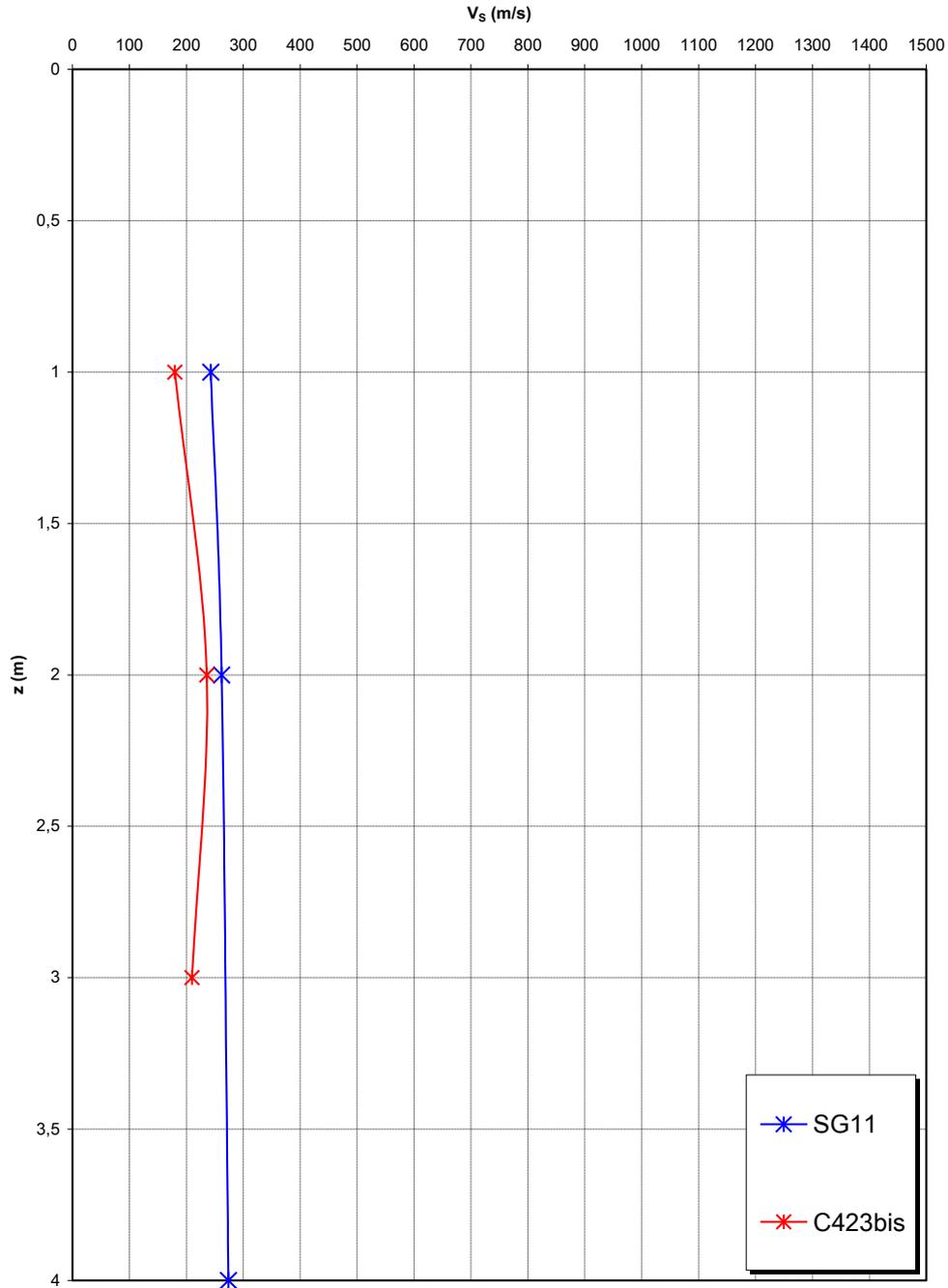


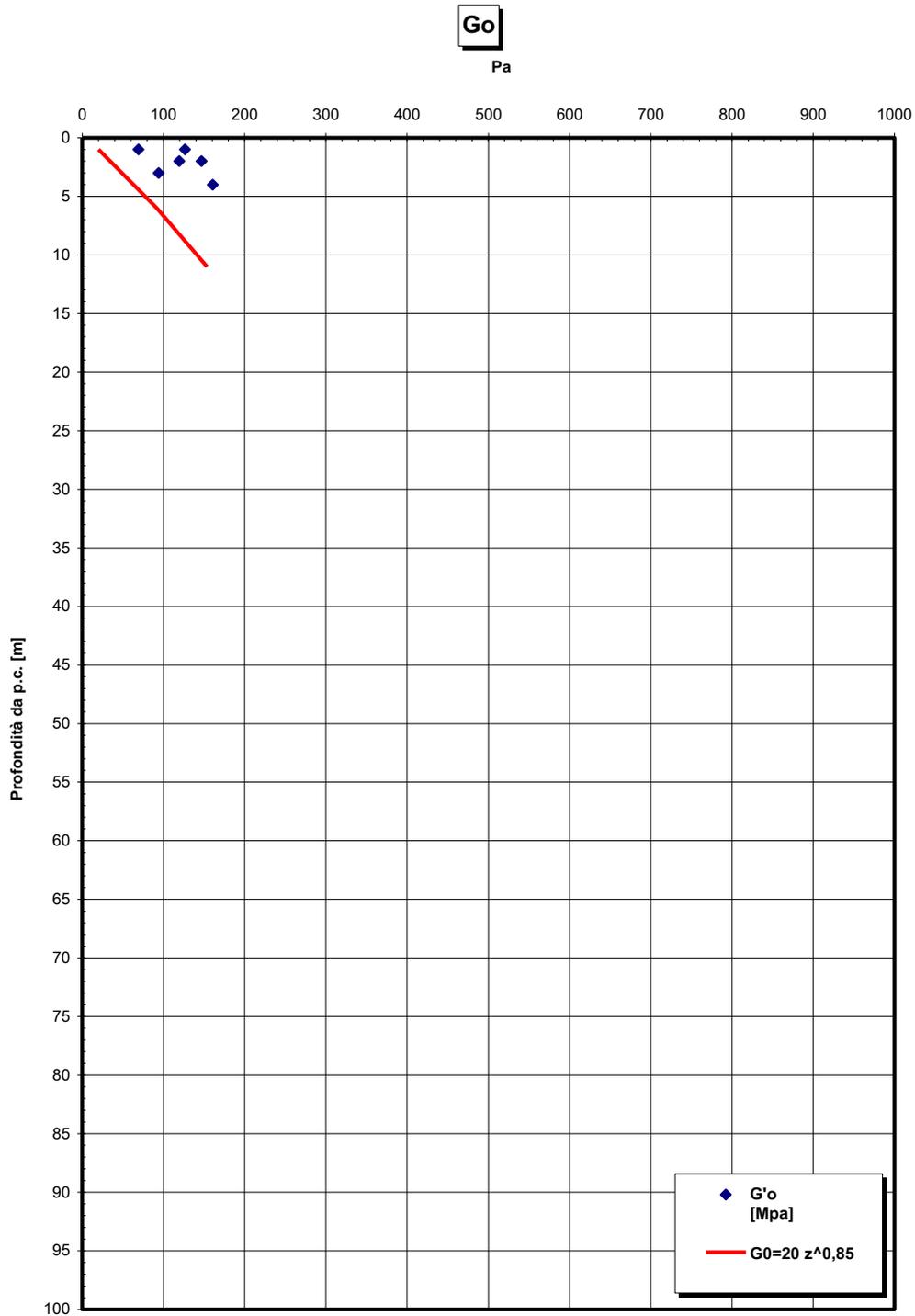
' picco



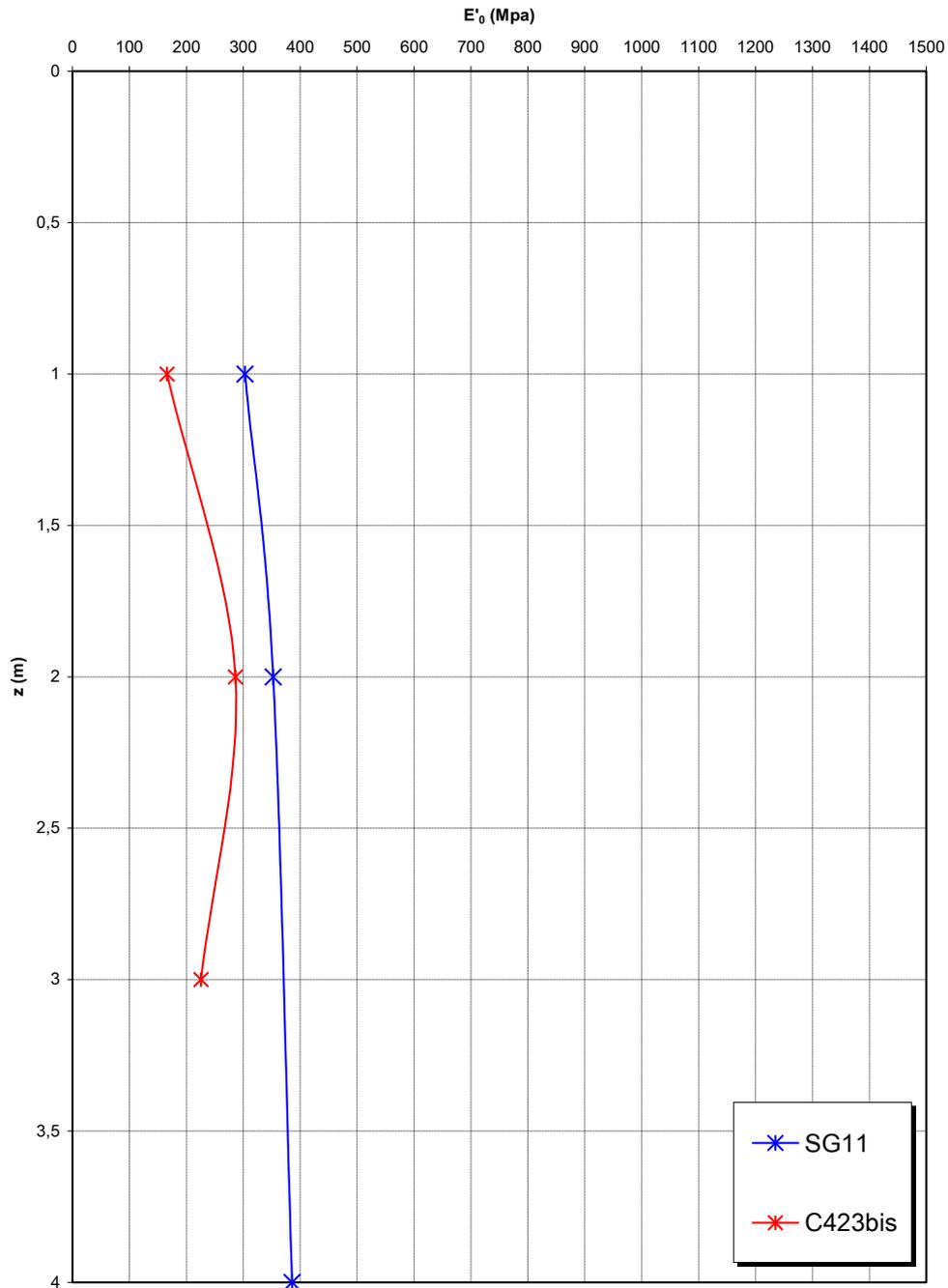


**Prove sismiche
DEPOSITI DI VERSANTE**





**Prove sismiche
DEPOSITI DI VERSANTE**



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Depositi terrazzati marini

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

Con riferimento al fuso medio si ha:

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

Il peso di volume dei grani ρ_s è risultato pari a circa 26.5 kN/m³.

Da letteratura si hanno a disposizione i valori di ρ_{dmax} e ρ_{dmin} pari rispettivamente a 18.8 e 15.7 kN/m³

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.
- ▣ **ρ_d :** in base ai valori di e_o da ρ_s si può stimare ρ , riportato nel grafico.
- ▣ **K_0 :** si considera la relazione di Jaky.

Dr(%) Prevalente sabbiosa	Dr(%) Sabbie e ghiaie	$\rho_d(KN/m3)$	K_0
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°.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

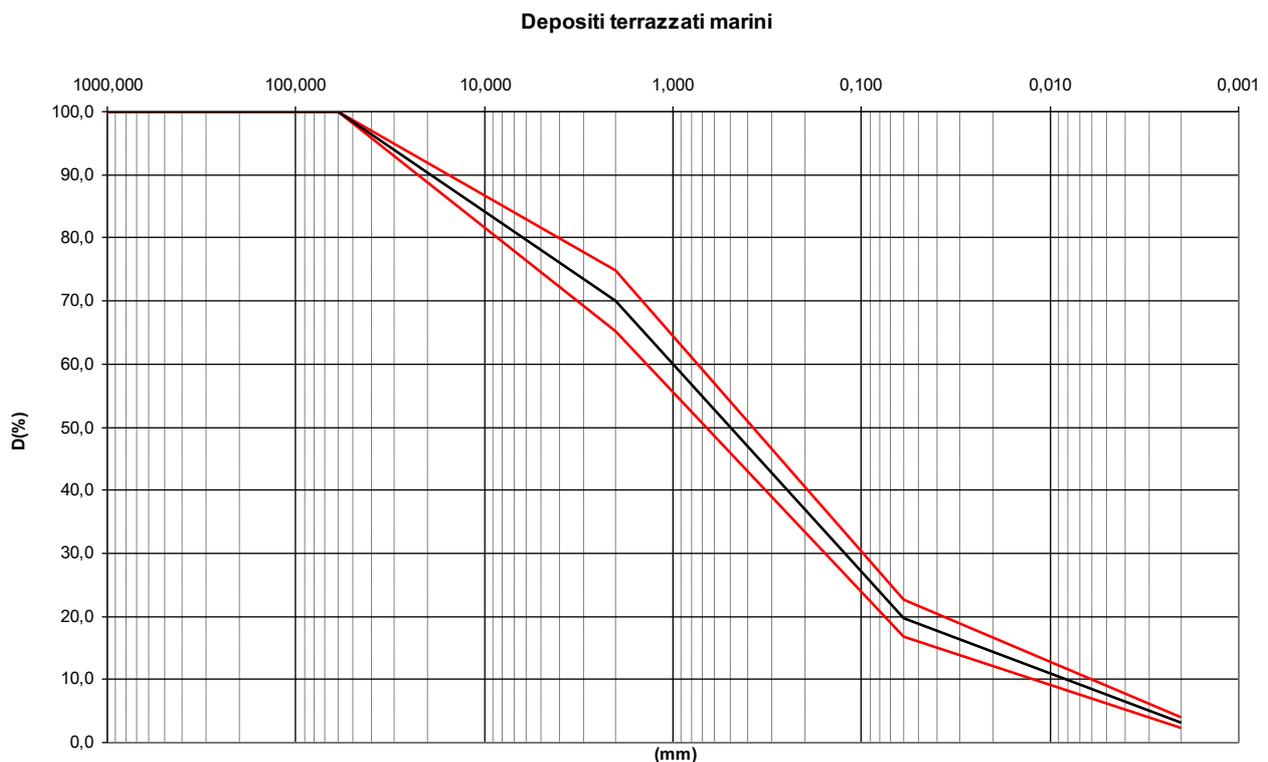
Dalle prove di laboratorio su campioni rimaneggiati si ottiene per l'angolo di attrito un valore di $30^\circ - 35^\circ$.

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

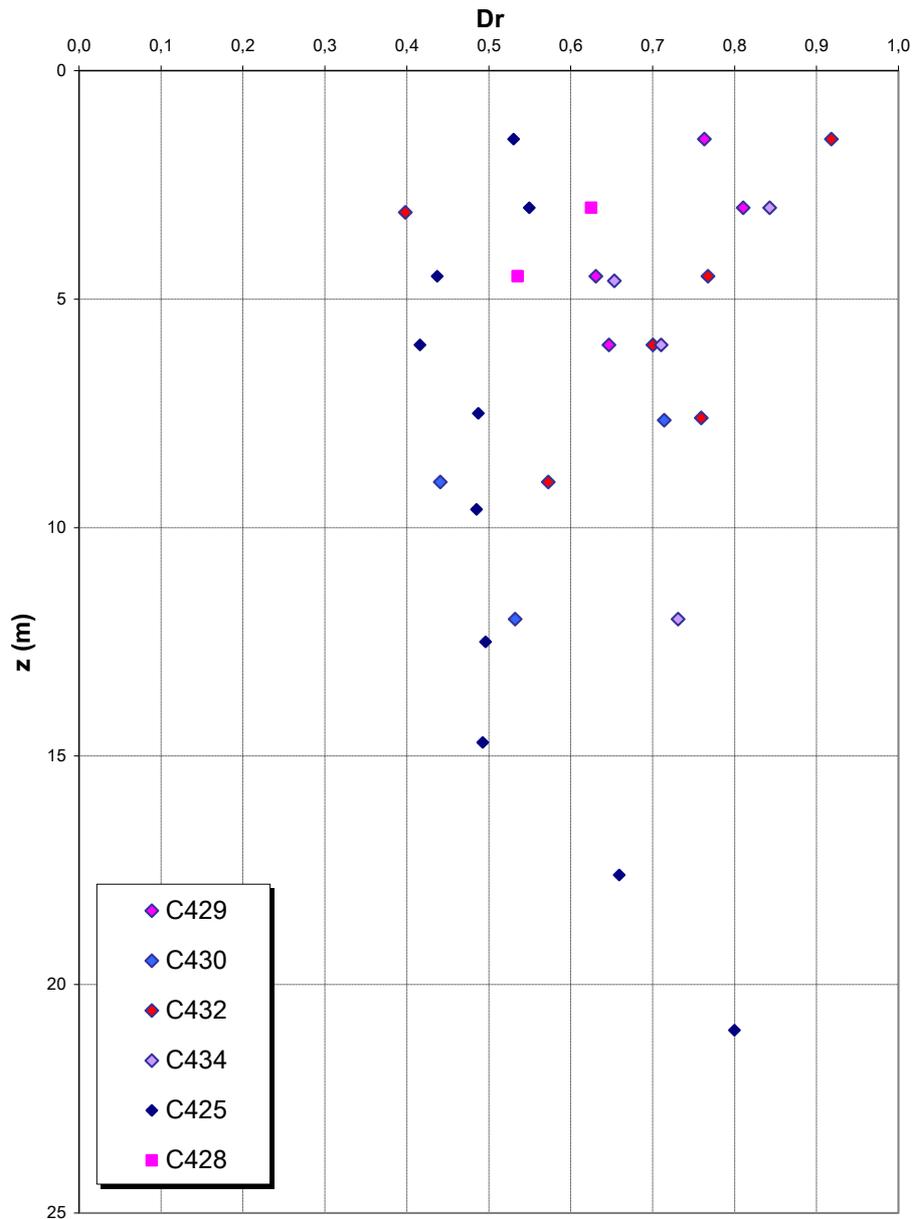
z(m)	G0(MPa)	E0(MPa)	E'(MPa)
0-10	100-250	240-600	32-80 / 80-200

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

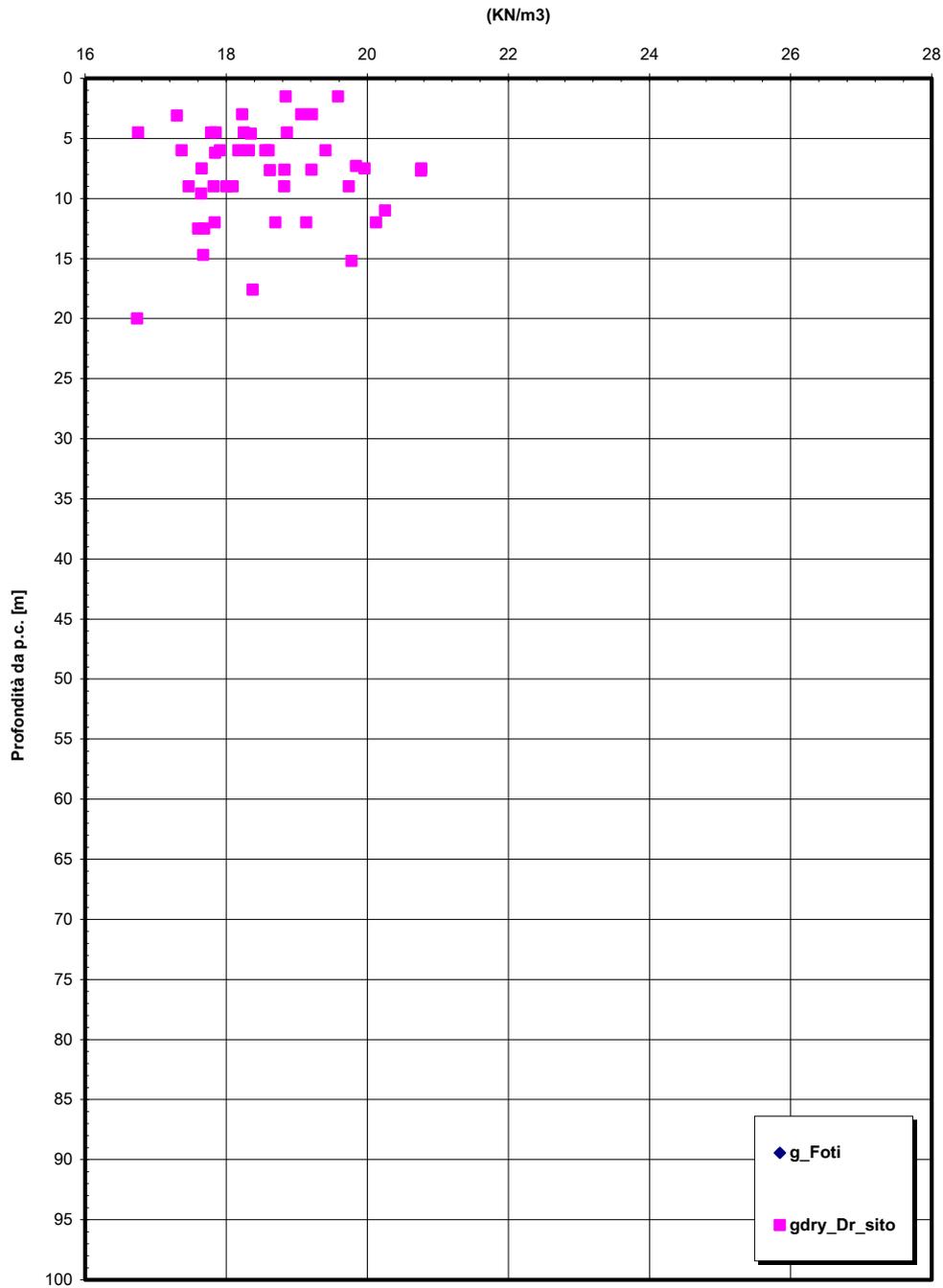
La prova pressiometrica (SN8) ha fornito un valore (primo carico) di E' di 120MPa a circa 18m di profondità.



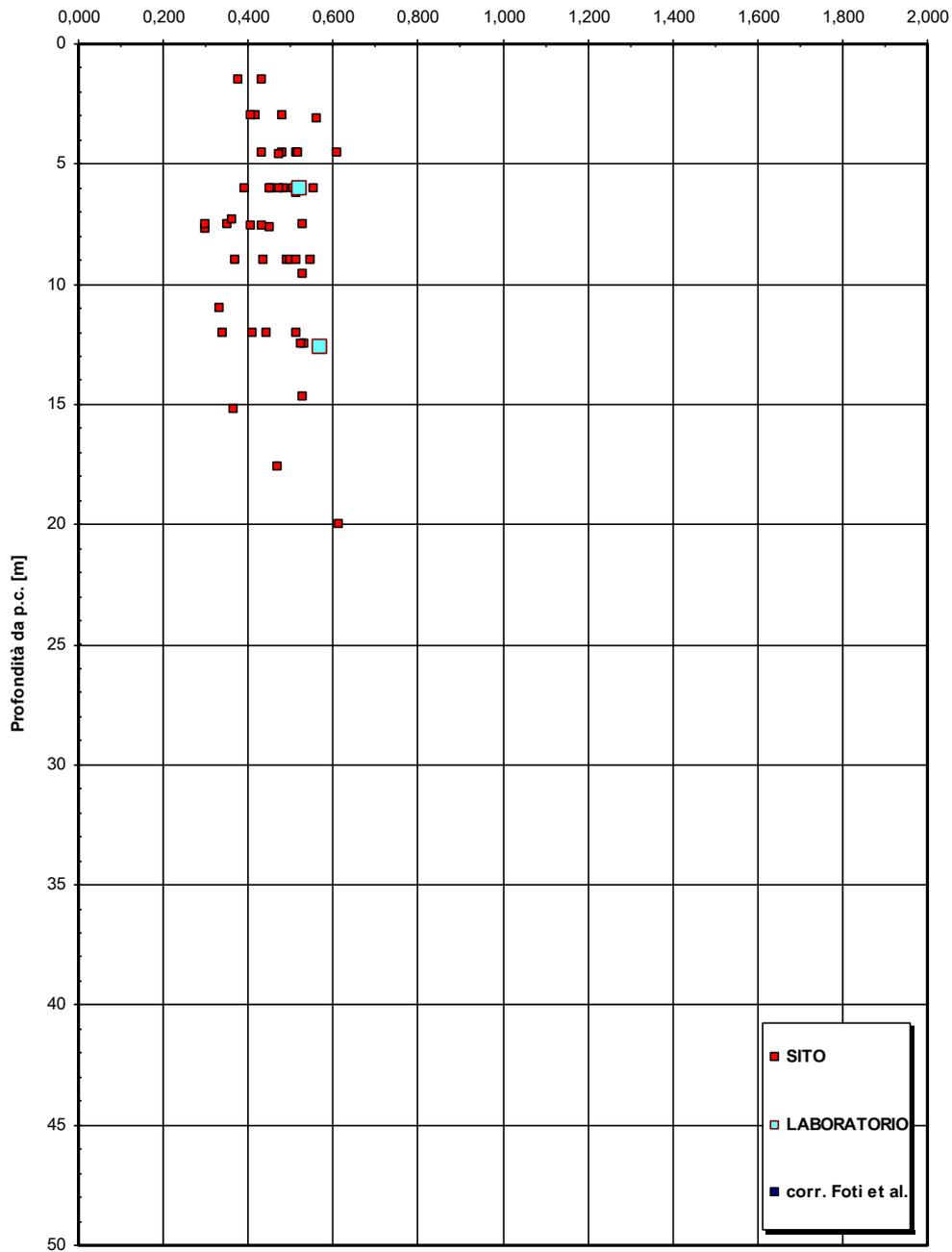
**Dr Skempton (1986)
Componente sabbiosa prevalente
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI
- Rampa F -**



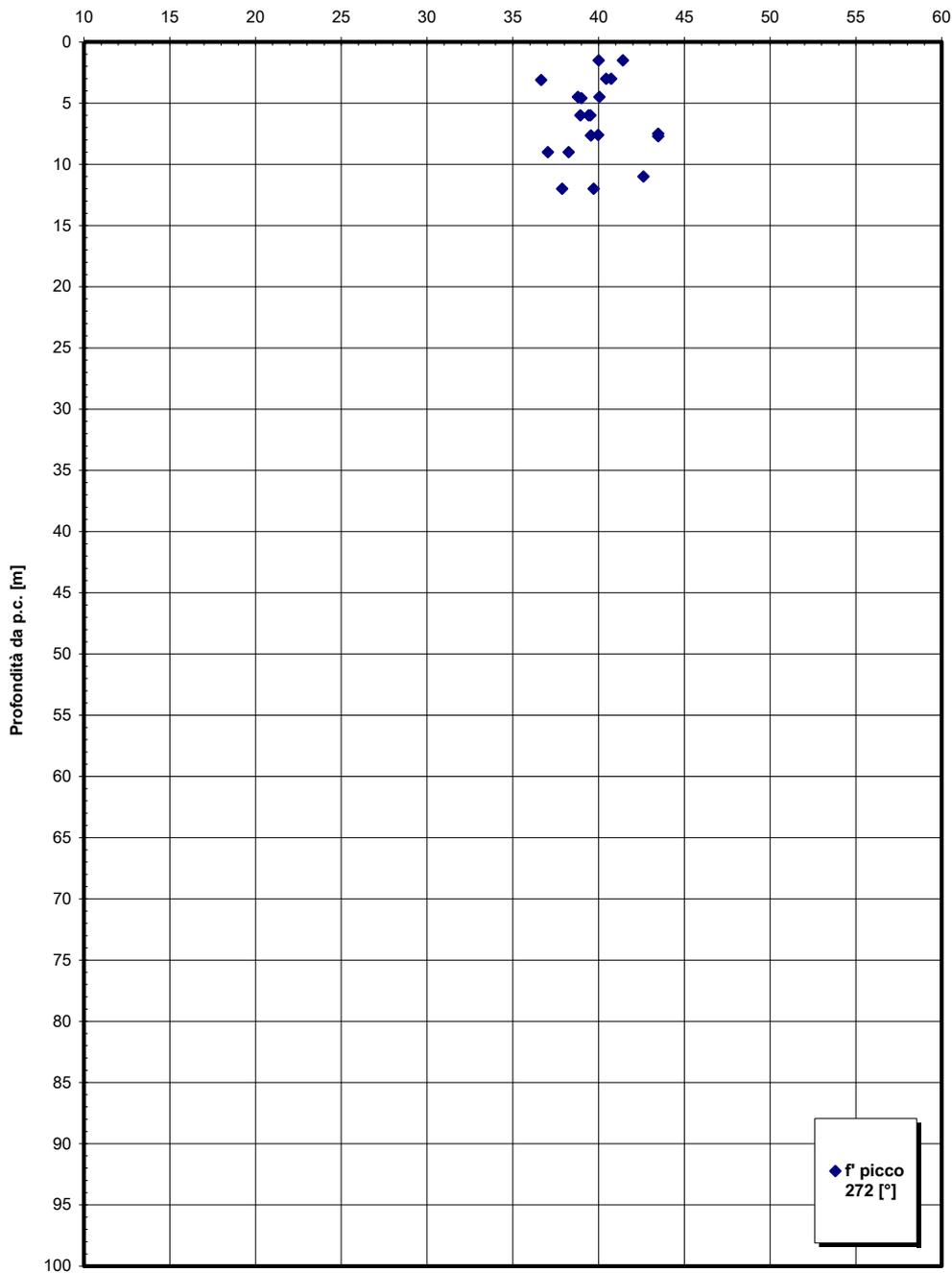
Ramo F

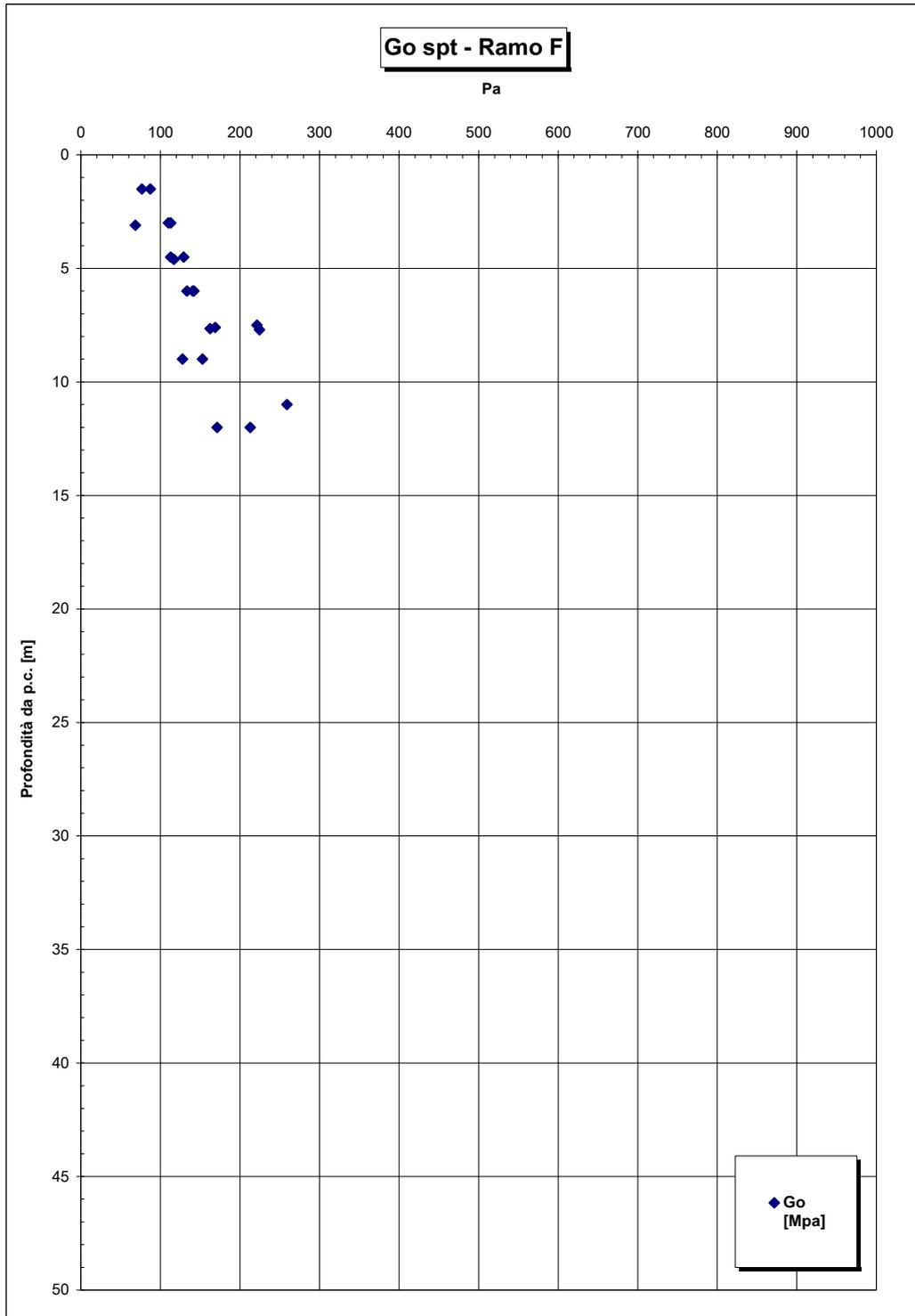


e Ramo F

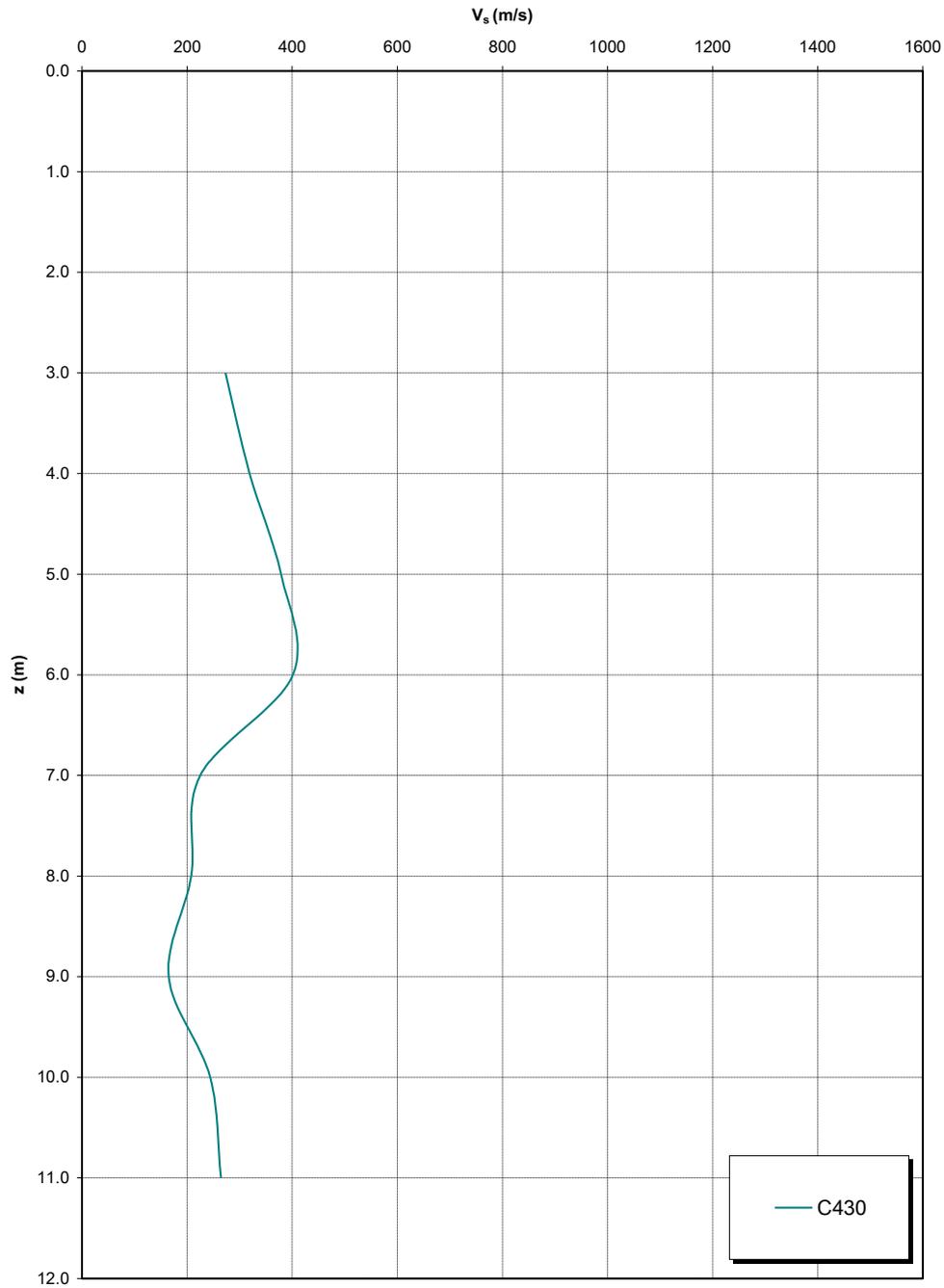


' picco - Ramo F

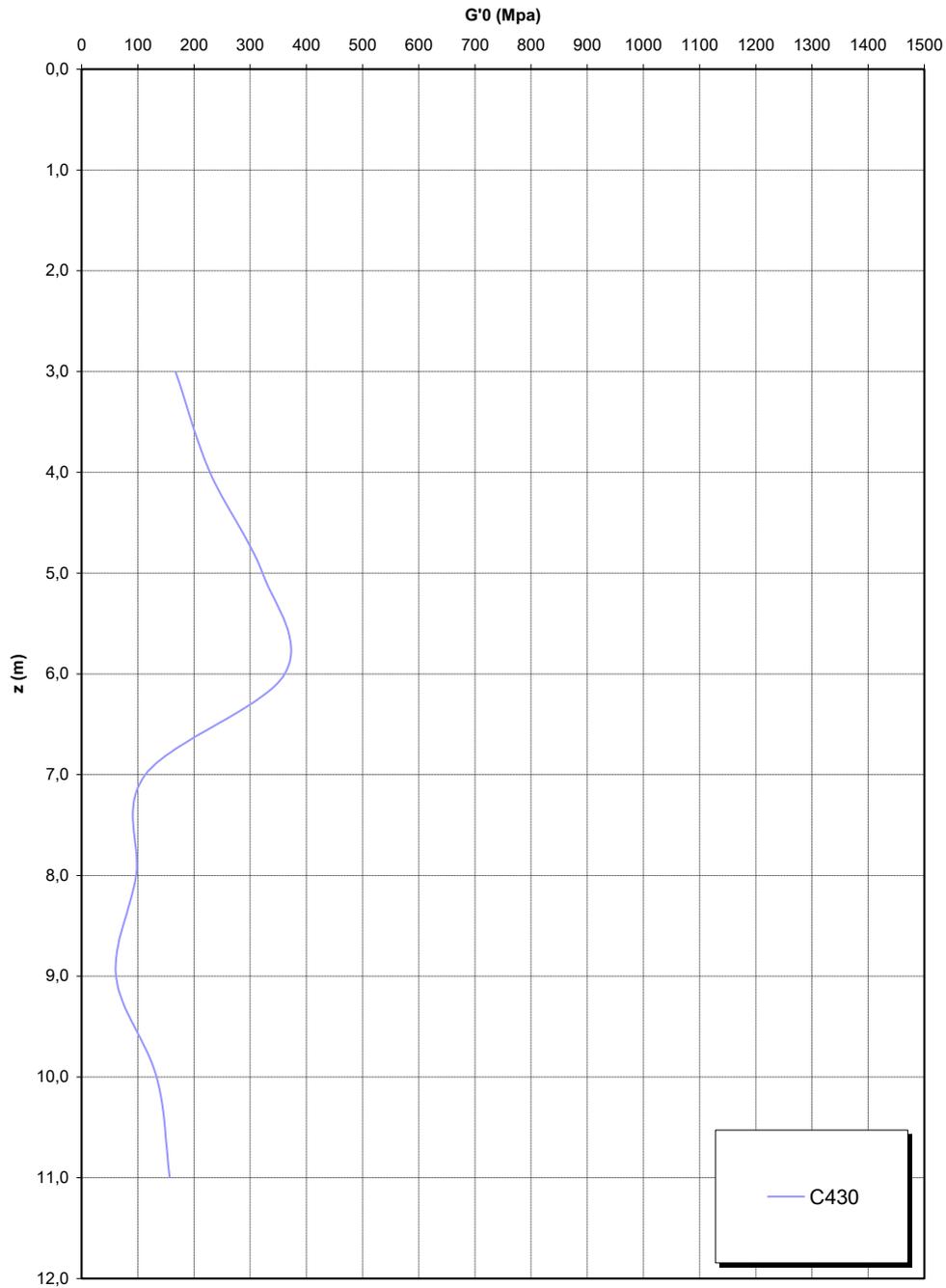




**Prove sismiche
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI
- Rampa F -**



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



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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 γ di volume totale pari a 21KN/m³.

Considerando il probabile disturbo dei campioni si assume un range pari a 21-23 KN/m³

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 RMR₈₉ 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 σ_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)	σ_n (Mpa)	Picco		Residuo	
		c' (MPa)	ϕ' (°)	c' (MPa)	ϕ' (°)
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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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)	σ_n (Mpa)	Picco		Residuo	
		c' (MPa)	ϕ' (°)	c' (MPa)	ϕ' (°)
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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_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

ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0537_F0.doc

Rev
F0

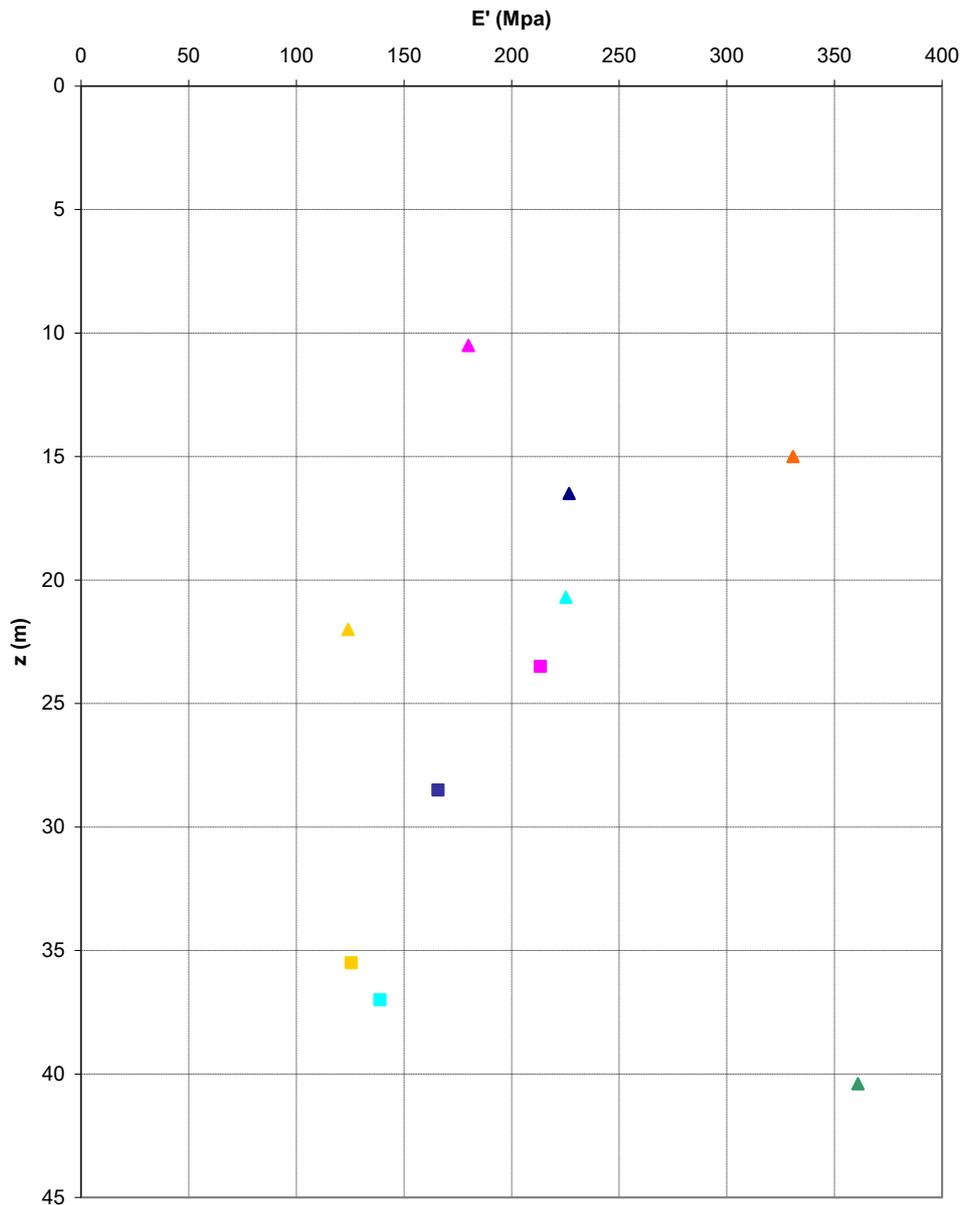
Data
20/06/2011

Riepilogo caratteristiche fisiche plutoniti

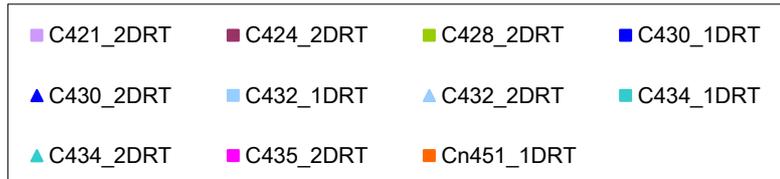
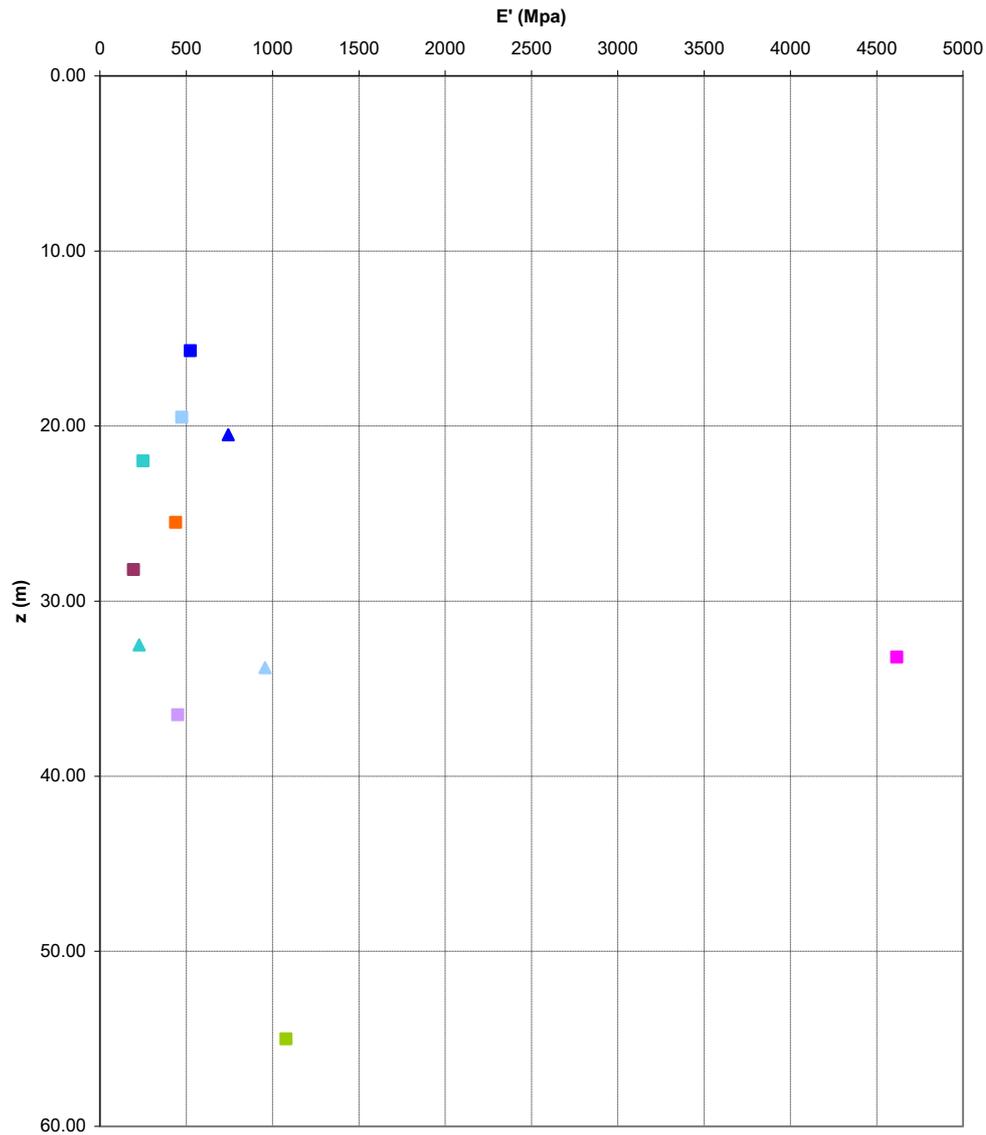
SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	(kN/m ³)	d (kN/m ³)	s (kN/m ³)
SG11bis	C1	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	4.1	19.91	18.0	25.80
SG11bis	C2	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	8.4	18.85	15.2	25.90
SG11bis	C3	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	11.45	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 ³)	d (kN/m ³)
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**



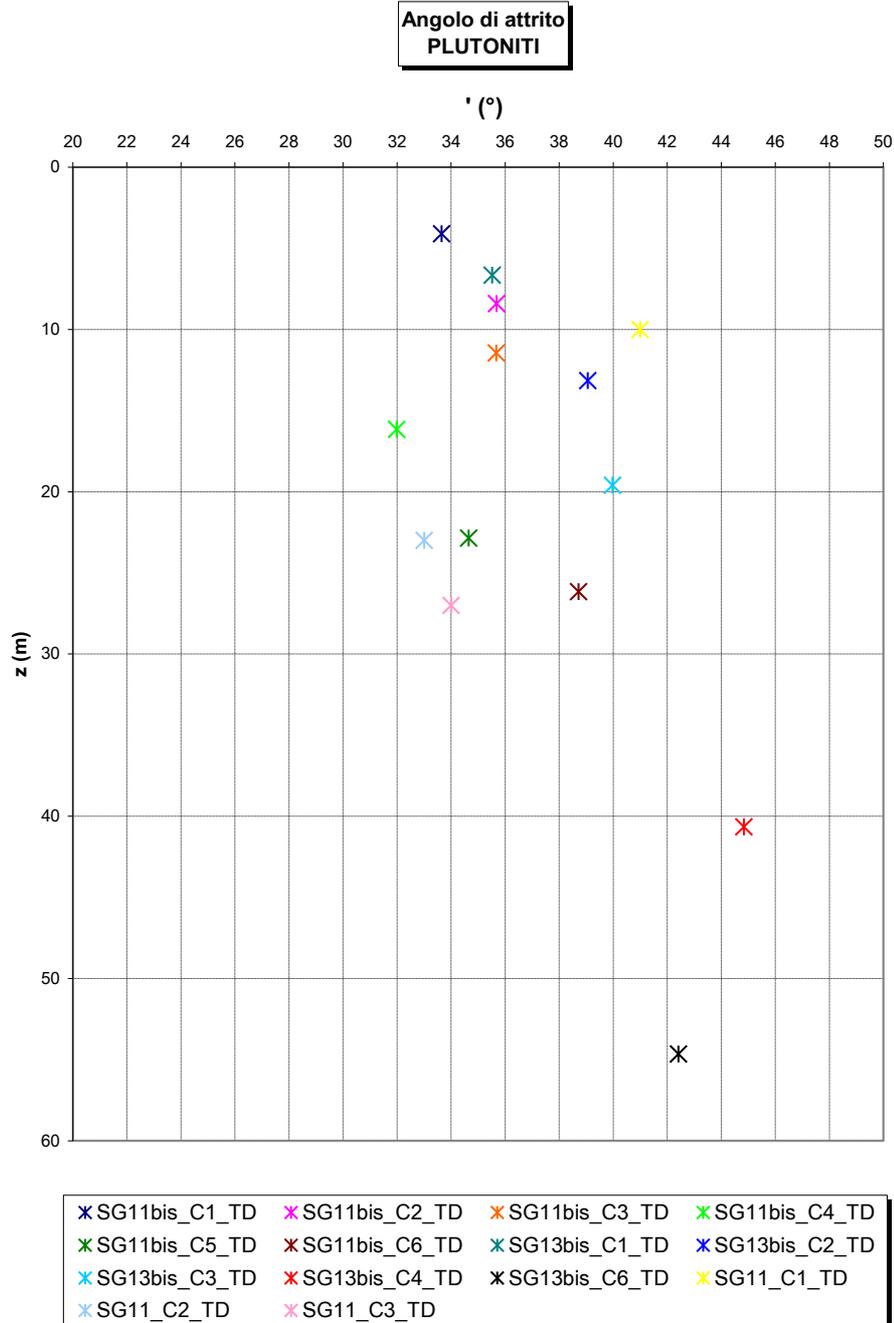
**ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO**

Codice documento
CS0537_F0.doc

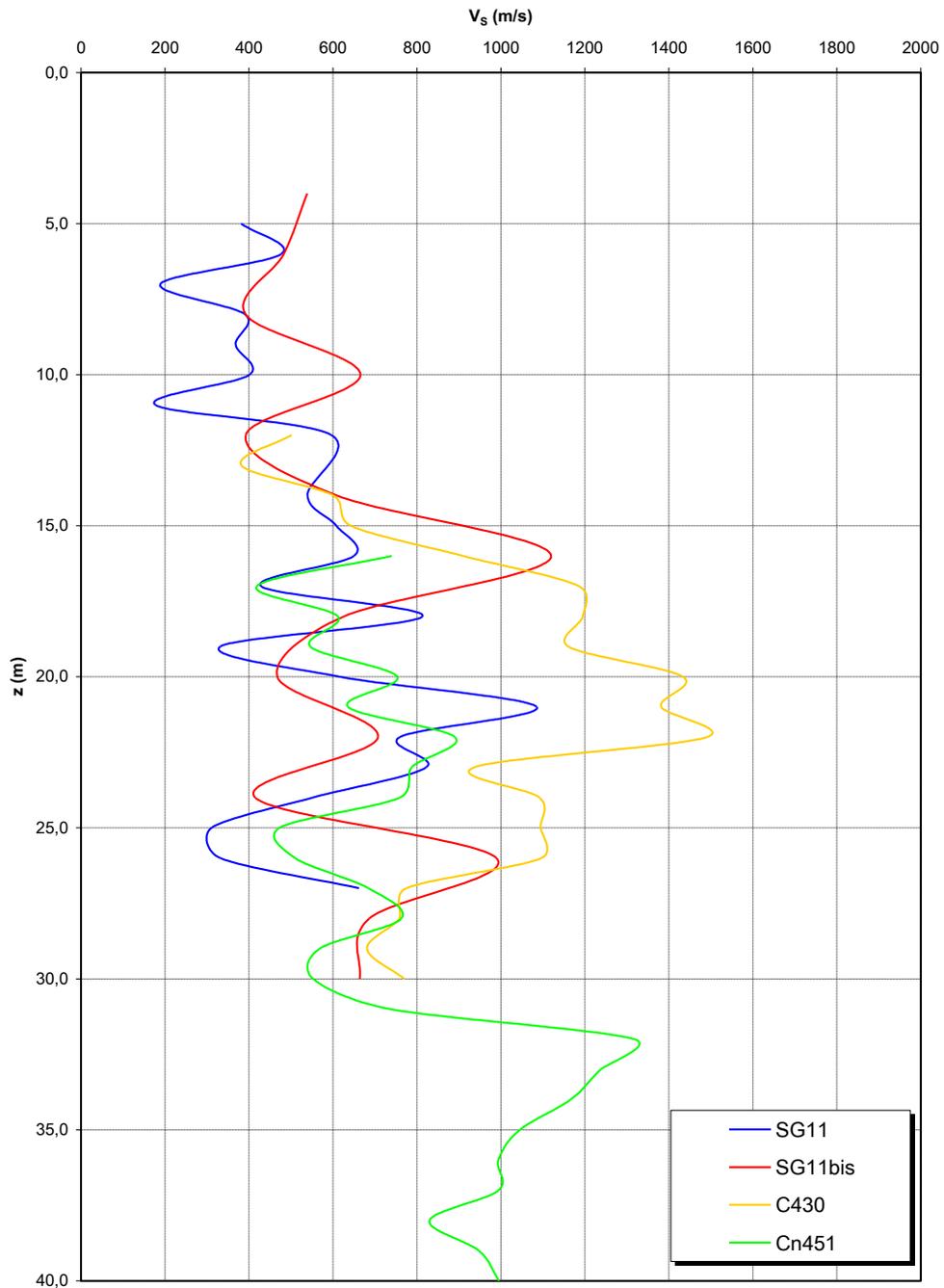
Rev
F0

Data
20/06/2011

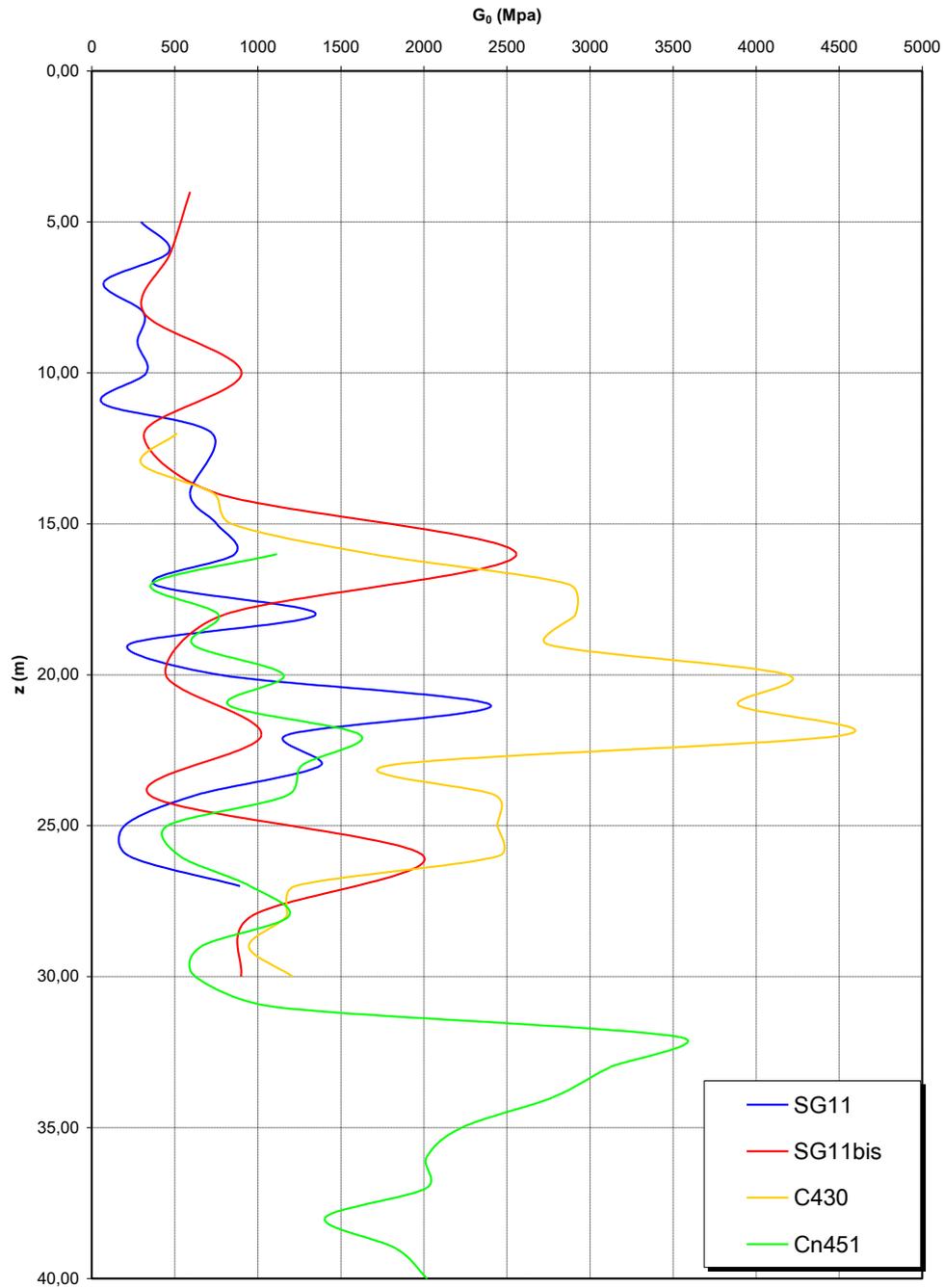
SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	Opera	PROVA	c' [kPa]	φ' [°]
SG11	C1/riman	10.0	Rampa C 1+200-3+300	TD	16.3	41
SG11	C2/ind	23.0	Rampa C 1+200-3+300	TD	11.6	33
SG11	C3/ind	27.0	Rampa C 1+200-3+300	TD	18.3	34
SG11bis	C1	4.1	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	21	34
SG11bis	C2	8.4	Rampa A 2+100-2+370 / 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



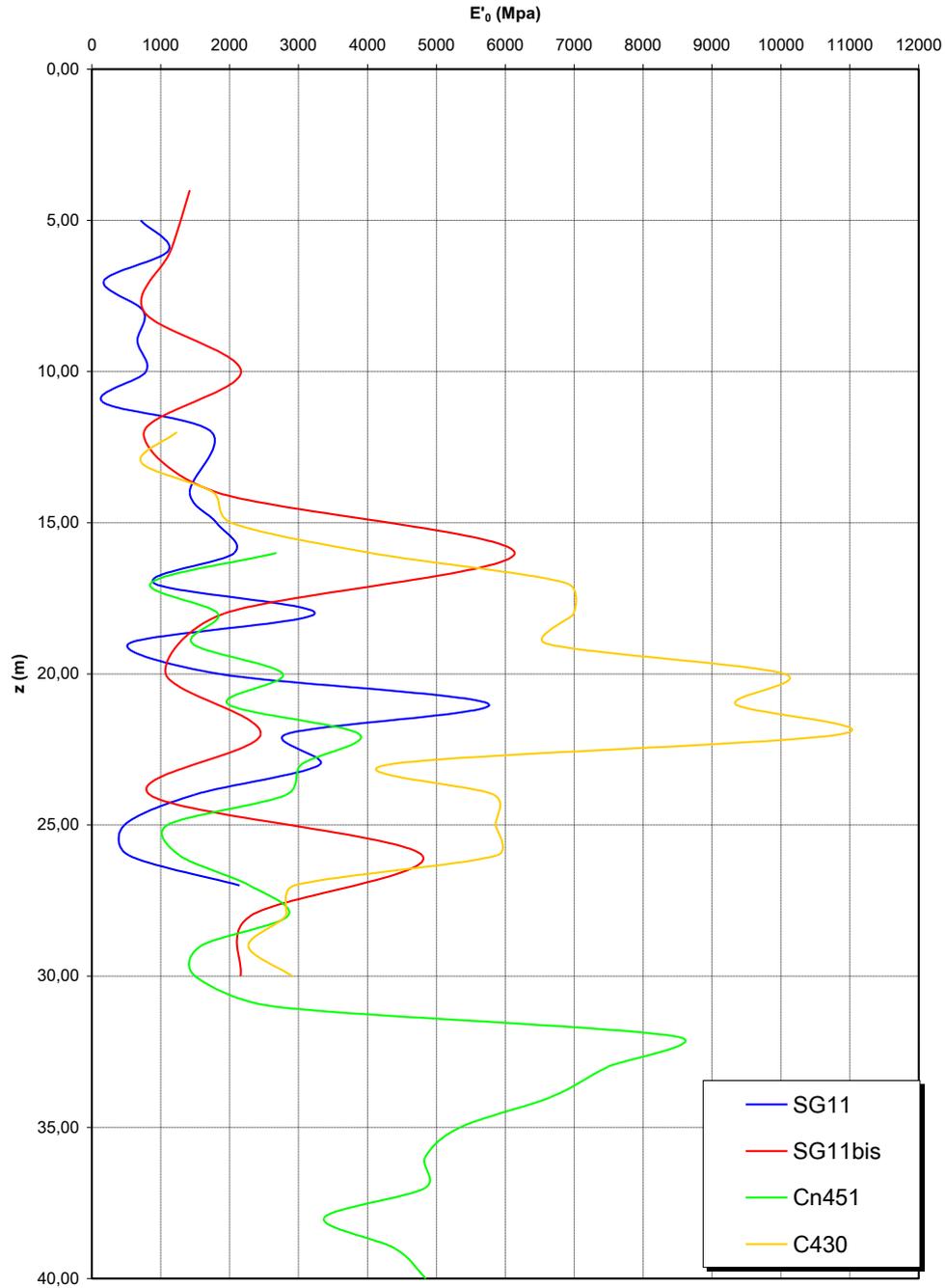
**Prove sismiche
PLUTONITI**

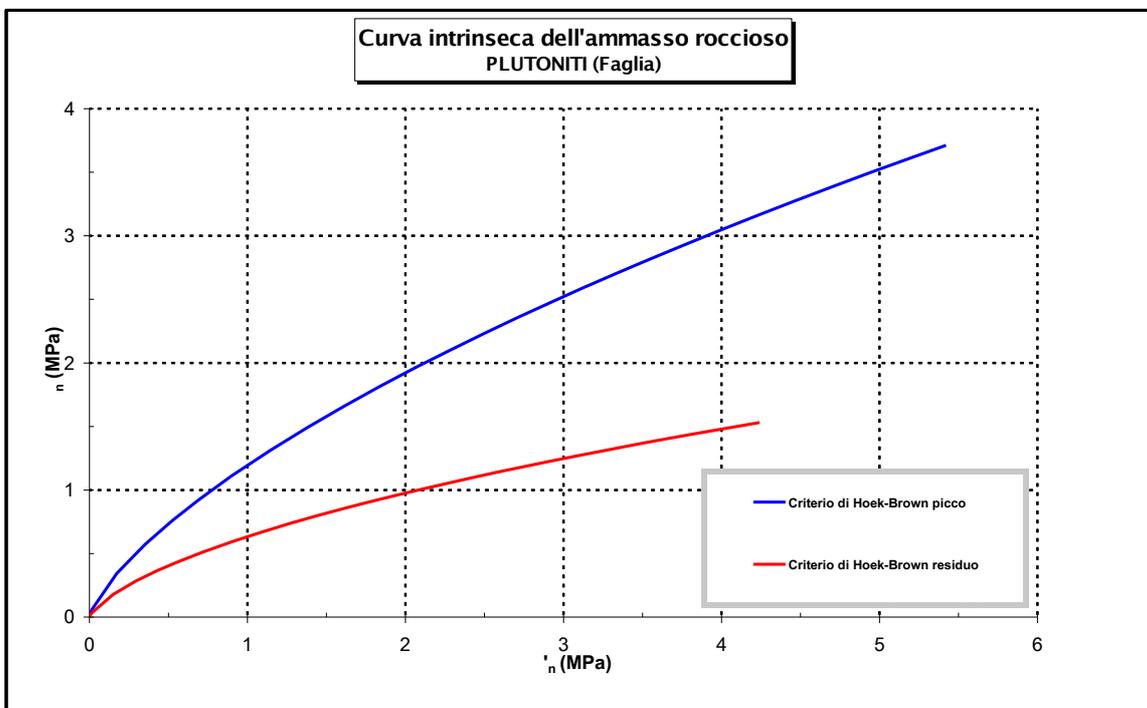
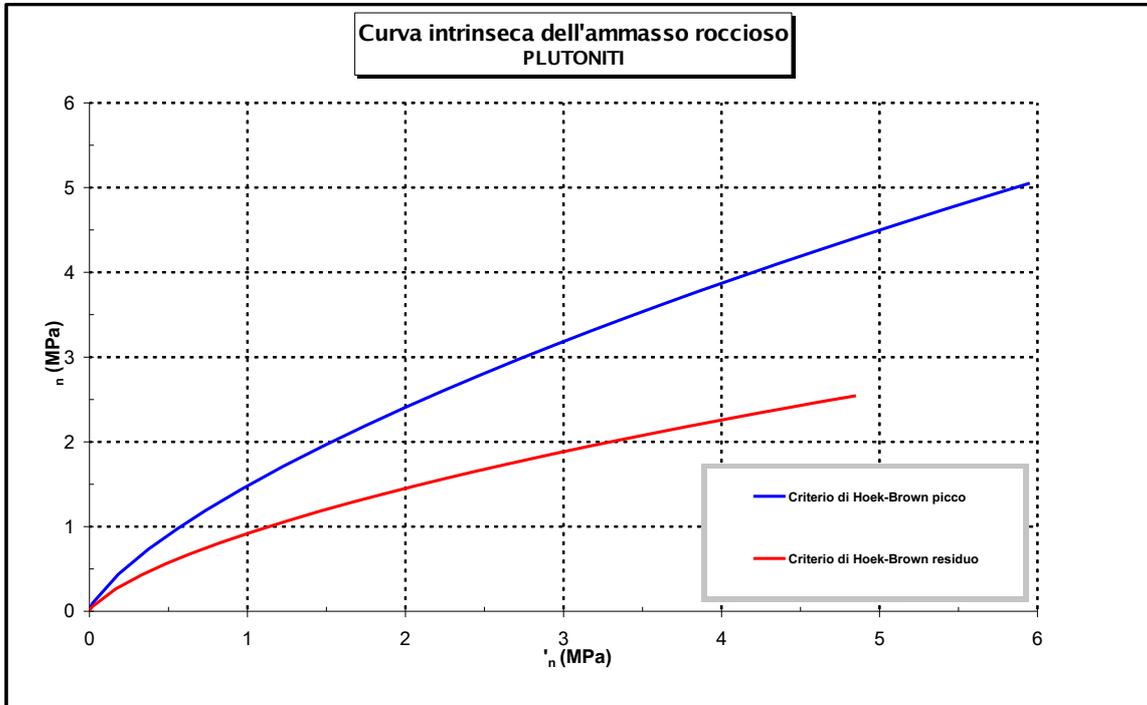


**Prove sismiche
PLUTONITI**



**Prove sismiche
PLUTONITI**





		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_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/m³;
- ▣ 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/m³;
- ▣ angolo di attrito = 38°.

5.2.1 DETERMINAZIONE DEL VALORE DELLA COSTANTE DI SOTTOFONDO

L'interazione terreno-struttura è stata considerata schematizzando il terreno come un mezzo alla Winkler assimilandolo ad un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti.

Con tale analisi si viene a concentrare l'attenzione esclusivamente sul terreno di fondazione, trascurando la rigidità della fondazione e della struttura in elevazione, le quali vengono ad essere schematizzate attraverso la distribuzione di carichi noti applicati sulla superficie di imposta. Nel presente paragrafo si stima la costante di sottofondo da utilizzare successivamente nei calcoli strutturali per simulare la risposta elastica del terreno alle sollecitazioni dovute ai carichi.

Il coefficiente di reazione del terreno è, per definizione, il rapporto fra carico e cedimento. Il cedimento dipende oltre che dai valori del carico e dalle proprietà del terreno, anche dalla forma e dalle dimensioni della fondazione. Il coefficiente di reazione del terreno K_s [kN/m³] è calcolato come rapporto tra il carico unitario medio p [kPa] e il cedimento totale S_t [m] della fondazione in progetto, opportunamente valutato.

$$K_s = \frac{p}{S_t}$$

Rimanendo nel campo delle piccole deformazioni, il cedimento S_t di una fondazione è diviso in tre componenti: il cedimento istantaneo S_i , il cedimento per consolidazione S_c (primario) e il cedimento viscoso (secondario); in genere, le due componenti lente del cedimento vengono assimilate.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nella deformazione immediata si può distinguere una componente elastica reversibile da una componente irreversibile sempre più importante al diffondersi delle zone dove risulta superata la resistenza tangenziale del terreno.

Nella deformazione lenta occorre distinguere i terreni coesivi per i quali il cedimento lento è maggiore (normalmente consolidati) o dell'ordine di grandezza di quello istantaneo (sovracconsolidati).

Con terreni non coesivi non esistono sostanzialmente deformazioni lente tranne per terreni a contenuto organico per i quali la deformazione presenta una forte caratteristica viscosa. In maniera semplificata, per i terreni non coesivi si è considerato il cedimento istantaneo coincidente con la sola componente elastica, trascurando quella plastica.

Considerando quindi il terreno come un mezzo elastico, si è fatto ricorso alla teoria del semispazio elastico omogeneo ed isotropo, definendo in ogni punto del sottosuolo e per il previsto schema di carico e con valore costante sull'impronta di fondazione, i valori delle corrispondenti tensioni indotte.

Il cedimento di un punto della superficie è calcolato integrando la deformazione verticale σ_z con:

$$\sigma_z = \frac{1}{E'} \left(\frac{\partial^2 \sigma_x}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \sigma_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \sigma_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \sigma_z}{\partial y^2} \right)$$

dove ν è il rapporto di Poisson.

L'integrazione è estesa alla cosiddetta "zona attiva" di profondità H_c .

In pratica, è stato suddiviso il terreno al di sotto della fondazione in strati di spessore Δz_i , valutando il cedimento dello strato i -esimo; il cedimento complessivo è la somma dei cedimenti dei singoli strati.

L'analisi è estesa alla profondità corrispondente al valore del rapporto σ/σ_0 pari al 10%.

Nel caso di un'area circolare di raggio R risulta:

$$S = p R \frac{I}{E'}$$

Nel caso di un'area di carico rettangolare di lato minore pari a B risulta:

$$S = p B \frac{I^2}{E'}$$

Il coefficiente I è un "coefficiente di influenza" che dipende dall'estensione della zona attiva, dal rapporto di Poisson e dal punto considerato.

I coefficienti di influenza sono tabulati da diversi autori per diverse geometrie di carico (Terzaghi, 1943; Milovic&Tournier, 1971; Tsytoovich, 1976). Si veda: Poulos&Davis, 1974, *Elastic Solutions for Soil and Rock Mechanics*; Lancellotta, 1993, *Geotecnica*).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il calcolo dei cedimenti per terreni coesivi è stato calcolato in modo empirico sulla base di dati di letteratura.

Denotando con S_{ed} il cedimento edometrico, si è assunto:

- ▣ per terreni coesivi normalmente consolidati (Simons&Sons, 1970; Lancellotta, 1993):

$$S_i = 0.1 S_{ed} S_c S_{ed}$$

- ▣ per terreni coesivi sovraconsolidati (Burland, 1977; Lancellotta, 1993):

$$S_i = 0.6 S_{ed} S_c 0.4 S_{ed}$$

Dimensioni della fondazione e spessore dello strato comprimibile

B [m]	L [m]	D_f [m]	σ'vo [kPa]	q' [kPa]	αq' [kPa]	Hc [m]
5.20	10.00	2.00	42.00	179	137	26.00

Tensioni indotte

strato [-]	αz [m]	zi [m]	M [-]	N [-]	V [-]	V1 [-]	ααzi [-]	ααzi [kPa]
a	0.50	2.25	10.400	20.000	509.160	43264	1.00	136.9
b	0.50	2.75	3.467	6.667	57.462	534.1	0.99	135.6
c	0.50	3.25	2.080	4.000	21.326	69.22	0.96	131.5
d	1.00	4.00	1.300	2.500	8.940	10.563	0.88	120.5
e	1.00	5.00	0.867	1.667	4.529	2.086	0.74	101.5
f	1.00	6.00	0.650	1.250	2.985	0.660	0.61	83.2
g	2.00	7.50	0.473	0.909	2.050	0.185	0.45	61.2
h	2.00	9.50	0.347	0.667	1.565	0.053	0.30	41.5
i	2.00	11.50	0.274	0.526	1.352	0.021	0.21	29.3
l	2.00	13.50	0.226	0.435	1.240	0.010	0.16	21.5
m	2.00	15.50	0.193	0.370	1.174	0.005	0.12	16.3
n	4.00	18.50	0.158	0.303	1.117	0.002	0.08	11.4
o	4.00	22.50	0.127	0.244	1.076	0.001	0.06	7.6
p	8.00	28.50	0.098	0.189	1.045	0.000	0.03	4.7
q	8.00	36.50	0.075	0.145	1.027	0.000	0.02	2.8

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	Codice documento CS0537_F0.doc	Rev F0

Cedimento istantaneo e di consolidazione

strato [-]	σ_{zi} [m]	z_i [m]	σ'_{vi} [kPa]	σ_{zi} [kPa]	E [MPa]	K_0 [-]	μ [-]	Tipo terreno	S_i [mm]	S_c [mm]	S_t [mm]	S_{ED} [mm]
a	0.50	2.25	47.3	136.9	40.0	0.38	0.20	NC	1.5	-	1.5	-
b	0.50	2.75	57.8	135.6	40.0	0.38	0.20	NC	1.4	-	1.4	-
c	0.50	3.25	68.3	131.5	40.0	0.38	0.20	NC	1.4	-	1.4	-
d	1.00	4.00	84.0	120.5	50.1	0.38	0.20	NC	2.0	-	2.0	-
e	1.00	5.00	105.0	101.5	58.6	0.38	0.20	NC	1.5	-	1.5	-
f	1.00	6.00	126.0	83.2	66.6	0.38	0.20	NC	1.1	-	1.1	-
g	2.00	7.50	157.5	61.2	77.9	0.38	0.20	NC	1.3	-	1.3	-
h	2.00	9.50	199.5	41.5	91.9	0.38	0.20	NC	0.8	-	0.8	-
i	2.00	11.50	241.5	29.3	105.0	0.38	0.20	NC	0.5	-	0.5	-
l	2.00	13.50	283.5	21.5	117.5	0.38	0.20	NC	-	-	-	-
m	2.00	15.50	325.5	16.3	129.4	0.38	0.20	NC	-	-	-	-
n	4.00	18.50	388.5	11.4	146.5	0.38	0.20	NC	-	-	-	-
o	4.00	22.50	450.5	7.6	168.0	0.38	0.20	NC	-	-	-	-
p	8.00	28.50	523.6	4.7	198.2	0.38	0.20	NC	-	-	-	-
q	8.00	36.50	621.2	2.8	235.7	0.38	0.20	NC	-	-	-	-

Fondazione flessibile	Cedimento immediato al centro della fondazione	11.4
	Cedimento totale al centro della fondazione	11.4
	Cedimento immediato allo spigolo della fondazione	2.9
	Cedimento totale allo spigolo della fondazione	2.9
Fondazione rigida	Cedimento immediato	8.6
	Cedimento totale	8.6

Coefficiente di reazione del sottofondo		K_s [MN/m ³]
Fondazione flessibile	Al centro della fondazione	15.7
	Allo spigolo della fondazione	62.7
Fondazione rigida		20.9

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

LEGENDA

- D_f** = profondità da p.c. del piano di posa della fondazione
- B** = larghezza della fondazione
- L** = lunghezza della fondazione
- σ'_{vo}** = tensione verticale efficace alla quota di imposta della fondazione
- q'** = pressione efficace lorda
- $\sigma q'$** = pressione efficace netta
- H_c** = spessore dello strato compressibile
- σz_i** = spessore dello strato iesimo
- z_i** = profondità media dello strato iesimo
- $(M, N)_i$** = fattori dimensionali dello strato iesimo
- $(V, V1)_i$** = fattori dimensionali dello strato iesimo
- $I_{\sigma z_i}$** = fattore di dissipazione del carico dello strato iesimo
- σ'_{vi}** = tensione verticale efficace alla profondità z_i
- $\sigma \sigma_{zi}$** = incremento di tensione alla profondità z_i
- E** = modulo di deformazione del terreno
- K_0** = coefficiente di spinta orizzontale
- ν** = coefficiente di Poisson
- S_i** = cedimento istantaneo dello strato iesimo
- S_c** = cedimento di consolidazione dello strato iesimo
- S_t** = cedimento totale a fine consolidazione dello strato iesimo
- K_s** = coefficiente di reazione del sottofondo

Nel caso in esame il valore del coefficiente di reazione del terreno K_s è stato assunto pari a 20000 kN/m³.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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:

Latitudine	38° 13' 49"
Longitudine	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:

Tipo di costruzione	2
Vita nominale (V_N)	50 anni
Classe d'uso	III
Coefficiente d'uso (C_U)	1.5

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.3.2 PARAMETRI SISMICI DI BASE

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

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

- dove: T_R = periodo di ritorno associato allo Stato Limite considerato;
- a_g = accelerazione orizzontale massima in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale;
- F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

5.3.3 STATI LIMITE DI RIFERIMENTO

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

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

5.3.4 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina media-mente consistenti</i> , con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180m/s e 360m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsa-mente consistenti</i> , con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Pertanto si ha:

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

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

5.3.4.2 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

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

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 β_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 $\beta_s = 0.28$:

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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: $w_1 = 0.2$ mm;

$w_2 = 0.3$ mm;

$w_3 = 0.4$ mm.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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.

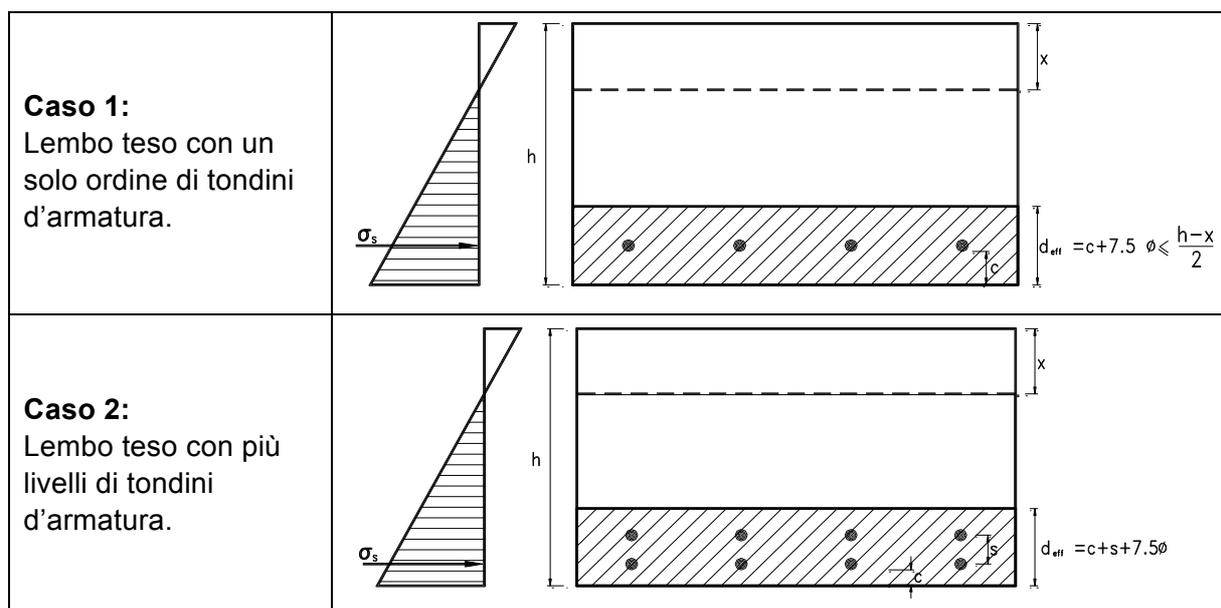
Il calcolo è condotto attraverso i seguenti passaggi:

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

Per il calcolo di σ_{sm} e σ_{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.



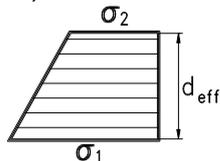
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 $s = 14 \cdot \phi$;
- ϕ = diametro della barra;
- k_2 = coefficiente che caratterizza l'aderenza del cls alla barra, a cui si assegnano i seguenti valori:
 - ▣ 0.4 per barre ad aderenza migliorata;
 - ▣ 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:
 - ▣ 0.125 (caso di diagramma triangolare di flessione e pressoflessione);
 - ▣ 0.250 (caso di trazione pura);
 - ▣ $0.25 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$ (caso di trazione eccentrica o in cui si consideri una sola parte della sezione):



- σ_1, σ_2 = trazione nel cls tesato;
- $r = A_s / A_{ceff}$ = 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 ϵ_{sm} è valutata secondo la seguente espressione che tiene conto del contributo del calcestruzzo tesato che la circonda:

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

dove:

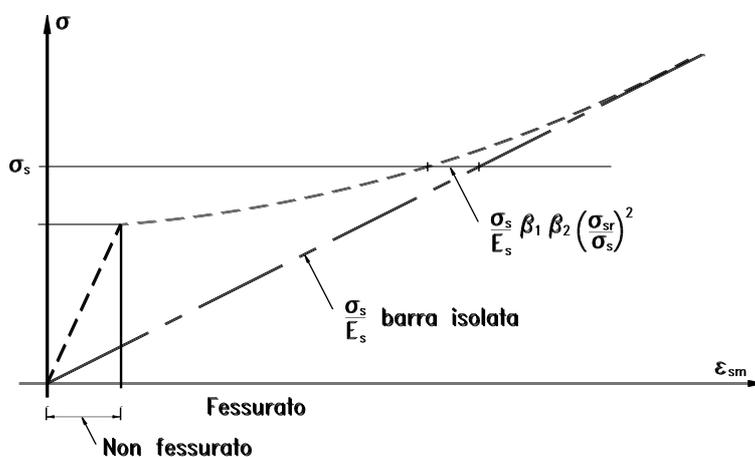
- σ_s = tensione nell'acciaio calcolata nella sezione fessurata;
- σ_{sr} = tensione nell'acciaio calcolata nella sezione fessurata per la sollecitazione corrispondente al raggiungimento della resistenza media a trazione f_{ctm} nella fibra di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- cls più sollecitata in sezione interamente reagente, compresa nell'area efficace.
- α_1 = coefficiente rappresentativo dell'aderenza acciaio-cls, che assume i valori:
 - α_1 1.0 (caso di barre ad aderenza migliorata);
 - α_1 0.5 (caso di barre lisce).
 - α_2 = coefficiente che tiene conto delle condizioni di sollecitazione:
 - α_2 1.0 (caso della prima applicazione di una forza di breve durata);
 - α_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 ϵ_{sm} in funzione della tensione σ_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 ϵ_{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 ,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

w_2 e w_3 riportati precedentemente:

$$w_d = 1.7 w_m$$

6.4 DESCRIZIONE DELL'INPUT E DELL'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 α_1 ;
- ▣ Valore del copriferro minimo ed effettivo (c);
- ▣ Valore dell'interferro (s);
- ▣ Valore del diametro massimo dei tondi d'armatura (α);
- ▣ 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 (α_r).

Per lo stadio fessurato:

- ▣ Coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc;
- ▣ Distanza media fra due fessure attigue (α_{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 σ_s effettiva);
- ▣ Ampiezza della fessura (w_d).

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p>ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p><i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>	

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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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.

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. Sbancamento del terreno a lato 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;
3. Demolizione del manufatto d'imbocco esistente e del fosso rivestito;
4. Realizzazione del nuovo manufatto d'imbocco;
5. Realizzazione del piano di posa e successiva posa in opera degli elementi prefabbricati circolari $\varnothing 1500$ mm tra il tombino circolare esistente ed il nuovo manufatto d'imbocco;
6. Demolizione del cordolo e della testa della paratia provvisoria e rimodellazione del terreno a lato dell'Autostrada 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:

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;
3. Demolizione del manufatto esistente;
4. Realizzazione del piano di posa e successiva posa in opera dell'elemento prefabbricato

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

circolare $\square 1500$ mm di raccordo tra il tombino esistente ed il pozzetto di caduta n°1;

5. Realizzazione del nuovo pozzetto di caduta n°1;
6. Sbancamento del terreno nella zona del nuovo pozzetto di caduta n°2 e successiva realizzazione del pozzetto stesso;
7. Sbancamento del terreno nella zona del nuovo pozzetto di caduta n°3 e successiva realizzazione del pozzetto stesso;
8. Sbancamento del terreno nella zona del nuovo muro di sostegno della Rampa F e successiva realizzazione del medesimo muro;
9. Realizzazione del piano di posa e successiva posa in opera degli elementi prefabbricati circolari $\square 1500$ mm tra il muro di sostegno ed il pozzetto n°3;
10. Realizzazione del piano di posa e successiva posa in opera degli elementi prefabbricati circolari $\square 1500$ mm tra i pozzetti n°3 e n°2;
11. Ricoprimento del tombino tra il pozzetto di caduta n°3 ed il muro di sostegno per la realizzazione del rilevato della Rampa F;
12. Ricoprimento del tombino tra i pozzetti di caduta n°2 e n°3 per la realizzazione del rilevato del piazzale di sosta e controllo;
13. Realizzazione del piano di posa e successiva posa in opera degli elementi prefabbricati circolari $\square 1500$ mm tra i pozzetti n°1 e n°2;
14. Ricoprimento del tombino tra i pozzetti di caduta n°1 e n°2 per la realizzazione del rilevato della Rampa C;
15. Demolizione del cordolo e della testa della paratia provvisoria e rimodellazione del terreno a lato della A3.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

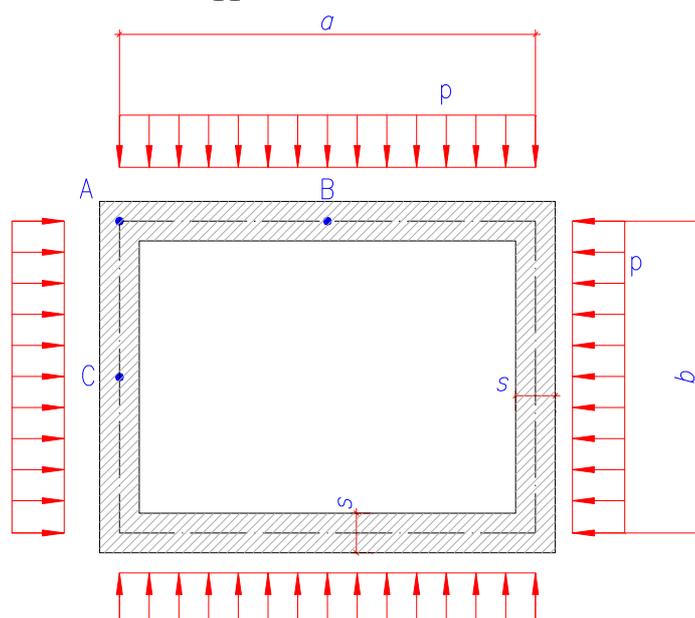
8 ANALISI MANUFATTO D'IMBOCCO

Per il dimensionamento delle camerette di ispezione si considera il massimo ricoprimento $H = 3.5$ m e le dimensioni interne in pianta 4.5 m x 2.50 m, lo spessore delle pareti è pari a 0.40 m.

8.1 ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE

8.1.1 SCHEMA STATICO

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



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

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

Dimensioni (m)	Spessore (m)	Profondità (m)
4.90 x 2.90	0.40	3.50

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_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:

$$S_T = k_0 \cdot h_T \cdot 0.38 \cdot 20 \cdot 3.5 = 26.6 \text{ kN/m}^2$$

Spinta del sovraccarico accidentale sulla parete laterale della cameretta

Considerando un sovraccarico agente sul terreno pari a 20.0 kN/m² posizionato in modo tale da generare delle spinte orizzontali sulla parete della struttura.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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:

$$\begin{aligned}
 \text{SLE} \quad p &= S_T + S_{ACC} = && 46.17 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{SLU} \quad p &= 1.35 \square S_T + 1.35 \square S_{ACC} = && 34.20 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{FESS_QP} \quad p &= S_T = && 26.60 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{FESS_FR} \quad p &= S_T + 0.7 \square S_{ACC} = && 31.92 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Considerando il rapporto k dato da:

$$k \frac{b}{a} = 1.69$$

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

si ottengono le seguenti sollecitazioni:

	N_B [kN]	M_A [kNm]	M_B [kNm]	N_C [kN]	M_C [kNm]	T_{MAX} [kN]
SLE	83.79	51.90	15.95	49.59	-50.74	83.79
SLU	113.12	70.06	21.53	66.95	-68.50	113.12
FESS_QP	65.17	40.37	12.40	38.57	-39.47	65.17
FESS_FR	78.20	48.44	14.88	46.28	-47.36	78.20

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

5 ϕ 14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso
5 ϕ 14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) 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 = 51.9 (KN.m)
Sforzo normale = -49.6 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -4.04 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 181.18 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.6 (cm)
Braccio di leva interno = 31.1 (cm)

Condizione di carico 2

Momento = -50.7 (KN.m)
Sforzo normale = -49.6 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -3.95 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 176.29 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.6 (cm)
Braccio di leva interno = 31.1 (cm)

Condizione di carico 3

Momento = 48.4 (KN.m)
Sforzo normale = -46.3 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -3.77 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 169.11 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.6 (cm)
Braccio di leva interno = 31.1 (cm)

Condizione di carico 4

Momento = -47.4 (KN.m)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sforzo normale = -46.3 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -3.68 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 164.72 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.6 (cm)
Braccio di leva interno = 31.1 (cm)

Condizione di carico 5

Momento = 40.4 (KN.m)
Sforzo normale = -38.6 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -3.14 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 140.93 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.6 (cm)
Braccio di leva interno = 31.1 (cm)

Condizione di carico 6

Momento = -39.5 (KN.m)
Sforzo normale = -38.6 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -3.07 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 137.27 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.6 (cm)
Braccio di leva interno = 31.1 (cm)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

5 \varnothing 14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso
5 \varnothing 14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) 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⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 31.5 kg/cm²

Momento di prima fessurazione ($M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$) = 82.17 (KN.m)

Momento di fessurazione ($M = f_{ctm}$) = 97.82 (KN.m)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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 (mm²) 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⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 31.5 kg/cm²

Momento di prima fessurazione ($M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$) = 82.29 (KN.m)

Momento di fessurazione ($M = f_{ctm}$) = -97.97 (KN.m)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8.3.2 COMBINAZIONI FREQUENTI

Momento positivo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) 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⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 31.5 kg/cm²

Momento di prima fessurazione ($M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$) = 82.17 (KN.m)

Momento di fessurazione ($M = f_{ctm}$) = 97.82 (KN.m)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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 ϕ 14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso
5 ϕ 14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) 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⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 31.5 kg/cm²

Momento di prima fessurazione ($M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$) = 82.29 (KN.m)

Momento di fessurazione ($M = f_{ctm}$) = -97.97 (KN.m)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		Codice documento CS0537_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: left;">Rev</th> <th style="text-align: left;">Data</th> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

8.4 VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO

8.4.1 FLESSIONE

METODO SEMIPROBABILISTICO - VERIFICA A ROTTURA

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
 h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

5 ϕ 14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso
 5 ϕ 14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) a 20.0 cm da intrad.

Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000.0 (N/mm²)
 Modulo Elastico calcestruzzo = 36000.0 (N/mm²)
 Resistenza cubica del calcestruzzo: R_{ck} = 40.00 (N/mm²)
 Resistenza cubica iniziale (alla tesatura): R_{ckj} = 32.00 (N/mm²)
 Soglia di snervamento acciaio normale: F_{yk} = 440.00 (N/mm²)

Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo
 Accorciamento ultimo a flessione = 0.3500 %
 Accorciamento ultimo a compress. = 0.2000 %
 Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare
 Allungamento ultimo acciaio normale = 0.675 %
 Coefficiente di sicurezza calcestruzzo : α_c = 1.500
 Coefficiente di sicurezza acciaio : α_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/mm²)
 Acciaio normale = 382.61 (N/mm²)

Convenzioni di segno

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

Condizione di carico 1

Momento di Progetto M_d = 70.1 (KN.m)
 Sforzo di Progetto N_d = -67.0 (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 4.7 (cm)
 Momento di Rottura M_r = 109.8 (KN.m)
 Sforzo di Rottura N_r = -66.9 (KN)
 Rottura nel Dominio 2
 Rapporto M_r/M_d = 1.567

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Condizione di carico 2

Momento di Progetto $M_d = -68.5$ (KN.m)
Sforzo di Progetto $N_d = -67.0$ (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 4.7 (cm)

Momento di Rottura $M_r = -109.8$ (KN.m)

Sforzo di Rottura $N_r = -66.9$ (KN)

Rottura nel Dominio 2

Rapporto $M_r/M_d = 1.603$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8.4.2 TAGLIO

Verifiche senza armatura trasversale resistente a taglio

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

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

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 ($\rho_{cp} \leq 0.2 f_{cd}$);

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

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

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	113.12	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	66.95	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	68.50	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	343	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	ϕ	=	14	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n°	=	5	-
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	770	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitud. (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0022	-

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Calcolo del taglio resistente:

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.76	-
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resist. del cls	v_{min}	=	0.47	N/mm ²
Tensione media di compress. nella sezione ($\leq 0.2 \sigma_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.20	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	172.05	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	172.05	kN

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

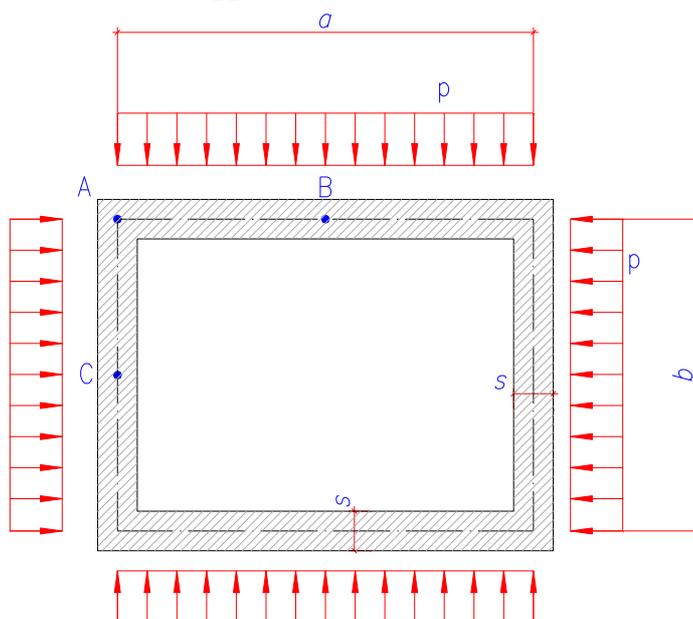
9 ANALISI POZZETTO DI CADUTA

Per il dimensionamento delle camerette di ispezione si considera il massimo ricoprimento $H = 9.5$ m e le dimensioni interne in pianta 3.00 m X 2.50 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)
3.40 x 2.90	0.40	9.50

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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:

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

Spinta del sovraccarico accidentale sulla parete laterale della cameretta

Considerando un sovraccarico agente sul terreno pari a 20.0 kN/m² posizionato in modo tale da generare delle spinte orizzontali sulla parete della struttura.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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:

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

Considerando il rapporto k dato da:

$$k = \frac{b}{a} = 1.17$$

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

si ottengono le seguenti sollecitazioni:

	N_B [kN]	M_A [kNm]	M_B [kNm]	N_C [kN]	M_C [kNm]	T_{MAX} [kN]
SLE	135.66	67.23	-16.66	115.71	-48.08	135.66
SLU	183.14	90.76	-22.49	156.21	-64.91	183.14
FESS_QP	122.74	60.83	-15.07	104.69	-43.50	122.74
FESS_FR	131.78	65.31	-16.18	112.40	-46.71	131.78

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 ϕ 14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso
5 ϕ 14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) 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 = 67.2 (KN.m)
Sforzo normale = -115.7 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.18 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 201.98 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 9.5 (cm)
Braccio di leva interno = 30.2 (cm)

Condizione di carico 2

Momento = -48.1 (KN.m)
Sforzo normale = -115.7 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -3.65 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 124.08 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 10.5 (cm)
Braccio di leva interno = 29.0 (cm)

Condizione di carico 3

Momento = 65.3 (KN.m)
Sforzo normale = -112.4 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.03 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 196.21 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 9.5 (cm)
Braccio di leva interno = 30.2 (cm)

Condizione di carico 4

Momento = -46.7 (KN.m)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sforzo normale = -112.4 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -3.55 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 120.55 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 10.5 (cm)
Braccio di leva interno = 29.0 (cm)

Condizione di carico 5

Momento = 60.8 (KN.m)
Sforzo normale = -104.7 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -4.69 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 182.75 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 9.5 (cm)
Braccio di leva interno = 30.2 (cm)

Condizione di carico 6

Momento = -43.5 (KN.m)
Sforzo normale = -104.7 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -3.31 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 112.26 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 10.5 (cm)
Braccio di leva interno = 29.0 (cm)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 $\varnothing 14$ mm posizionati a 5.7 cm da intradosso
5 $\varnothing 14$ mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) 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⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 31.5 kg/cm²

Momento di prima fessurazione ($M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$) = 87.05 (KN.m)

Momento di fessurazione ($M = f_{ctm}$) = 103.63 (KN.m)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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 ϕ 14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso
5 ϕ 14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) 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⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 31.5 kg/cm²

Momento di prima fessurazione ($M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$) = 91.99 (KN.m)

Momento di fessurazione ($M = f_{ctm}$) = -1.095E+02 (KN.m)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 -
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 ϕ 14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso
5 ϕ 14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) 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⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 31.5 kg/cm²

Momento di prima fessurazione ($M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$) = 87.05 (KN.m)

Momento di fessurazione ($M = f_{ctm}$) = 103.63 (KN.m)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Momento negativo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) 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⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 31.5 kg/cm²

Momento di prima fessurazione ($M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$) = 91.99 (KN.m)

Momento di fessurazione ($M = f_{ctm}$) = -1.095E+02 (KN.m)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		Codice documento CS0537_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 ϕ 14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso
 5 ϕ 14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) a 20.0 cm da intrad.

Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000.0 (N/mm²)
 Modulo Elastico calcestruzzo = 36000.0 (N/mm²)
 Resistenza cubica del calcestruzzo: R_{ck} = 40.00 (N/mm²)
 Resistenza cubica iniziale (alla tesatura): R_{ckj} = 32.00 (N/mm²)
 Soglia di snervamento acciaio normale: F_{yk} = 440.00 (N/mm²)

Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo
 Accorciamento ultimo a flessione = 0.3500 %
 Accorciamento ultimo a compress. = 0.2000 %
 Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare
 Allungamento ultimo acciaio normale = 0.675 %
 Coefficiente di sicurezza calcestruzzo : α_c = 1.500
 Coefficiente di sicurezza acciaio : α_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/mm²)
 Acciaio normale = 382.61 (N/mm²)

Convenzioni di segno

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

Condizione di carico 1

Momento di Progetto M_d = 90.8 (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 = 1.375

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Condizione di carico 2

Momento di Progetto $M_d = -64.9 \text{ (KN.m)}$
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 $M_r/M_d = 1.922$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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 taglienti 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 ($\rho_{cp} \leq 0.2 f_{cd}$);

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

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

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	183.14	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	156.21	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	90.76	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	343	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	ϕ	=	14	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n°	=	5	-
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	770	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitud. (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0022	-

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Calcolo del taglio resistente:

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

9.5 ANALISI SOLETTA SUPERIORE

9.5.1 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:

$$P_T \quad h_T \quad 20 \quad 1.5 \quad 30.00 \text{ kN/m}^2$$

Peso del sovraccarico accidentale sulla parete laterale del pozzo

Si considera un sovraccarico agente sul terreno pari a 20.0 kN/m²:

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

Il carico totale risulta pari a:

SLE	$p = P_T + P_{ACC} =$	50.00 kN/m ²
SLU	$p = 1.35 \square P_T + 1.35 \square P_{ACC} =$	67.50 kN/m ²
FESS_QP	$p = P_T =$	30.00 kN/m ²
FESS_FR	$p = P_T + 0.7 \square P_{ACC} =$	44.00 kN/m ²

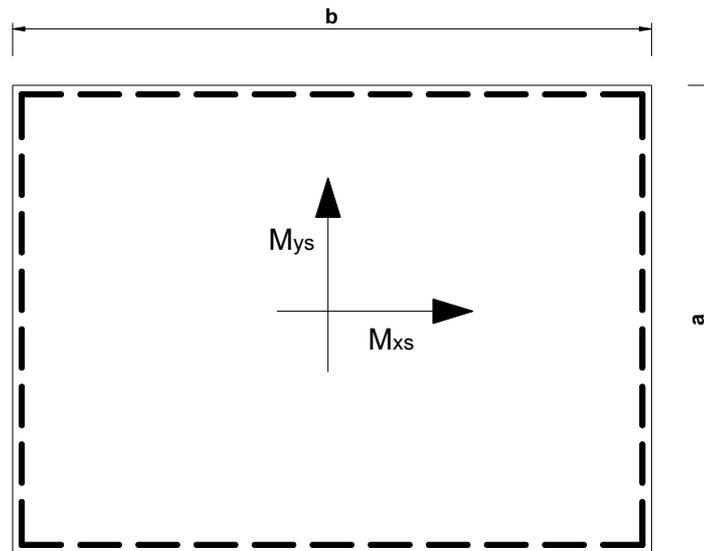
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9.5.2 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Lo studio viene eseguito considerando una piastra di dimensioni pari a 3.4 m \times 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 $\frac{a}{b} = 1.17$ dalle tabelle per l'analisi delle piastre rettangolari, si ottengono i seguenti valori di momento massimo in campata lungo le direzioni principali:

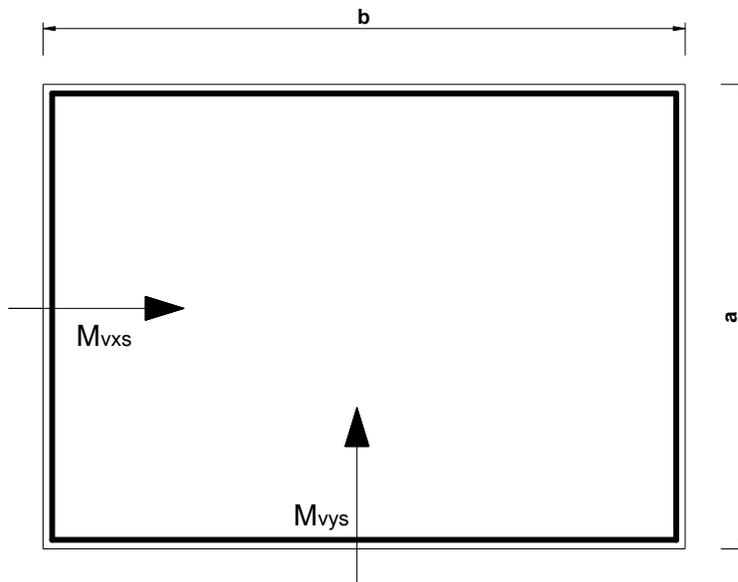
$$M_{xs} = k_{xs} q b^2$$

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

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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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}
0.03	0.06	0.04	0.06

Coefficienti k

	M_{xs} [kNm]	M_{ys} [kNm]	M_{vxs} [kNm]	M_{vys} [kNm]	T [kNm]
SLE	17.89	23.31	-23.40	-26.37	--
SLU	24.15	31.47	-31.59	-35.59	114.75
FESS_QP	10.74	13.99	-13.46	-15.82	--
FESS_FR	15.75	20.51	-20.59	-23.20	--

Sollecitazioni

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9.6 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 ϕ 14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso
5 ϕ 14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) 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 = 23.3 (KN.m)
Sforzo normale = 0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.81 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 95.97 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)
Braccio di leva interno = 31.5 (cm)

Condizione di carico 2

Momento = -26.4 (KN.m)
Sforzo normale = 0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -2.05 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 108.57 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)
Braccio di leva interno = 31.5 (cm)

Condizione di carico 3

Momento = 20.5 (KN.m)
Sforzo normale = 0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.60 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 84.44 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)
Braccio di leva interno = 31.5 (cm)

Condizione di carico 4

Momento = -23.2 (KN.m)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sforzo normale = 0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.81 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 95.52 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)
Braccio di leva interno = 31.5 (cm)

Condizione di carico 5

Momento = 14.0 (KN.m)
Sforzo normale = 0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.09 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 57.60 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)
Braccio di leva interno = 31.5 (cm)

Condizione di carico 6

Momento = -15.8 (KN.m)
Sforzo normale = 0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.23 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 65.13 (N/mm²)
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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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						

9.7 VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

9.7.1 COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI

Momento positivo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -
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 (mm²) 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⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 31.5 kg/cm²

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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Momento negativo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) 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⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 31.5 kg/cm²

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

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9.7.2 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 (mm²) 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⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 31.5 kg/cm²

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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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 (mm²) 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⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 31.5 kg/cm²

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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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						

9.8 VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO

9.8.1 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 ϕ 14 mm posizionati a 5.7 cm da intradosso
5 ϕ 14 mm posizionati a 34.3 cm da intradosso

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) a 20.0 cm da intrad.

Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000.0 (N/mm²)
Modulo Elastico calcestruzzo = 36000.0 (N/mm²)
Resistenza cubica del calcestruzzo: R_{ck} = 40.00 (N/mm²)
Resistenza cubica iniziale (alla tesatura): R_{ckj} = 32.00 (N/mm²)
Soglia di snervamento acciaio normale: F_{yk} = 440.00 (N/mm²)

Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo
Accorciamento ultimo a flessione = 0.3500 %
Accorciamento ultimo a compress. = 0.2000 %
Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare
Allungamento ultimo acciaio normale = 0.675 %
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo : α_c = 1.500
Coefficiente di sicurezza acciaio : α_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/mm²)
Acciaio normale = 382.61 (N/mm²)

Convenzioni di segno

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

Condizione di carico 1

Momento di Progetto M_d = 31.5 (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 = 3.127

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Condizione di carico 2

Momento di Progetto $M_d = -35.6$ (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 $M_r/M_d = 2.765$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9.8.2 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:

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

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 ($\rho_1 \geq 0.02$);

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

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

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

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	114.75	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	343	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	ϕ	=	14	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n°	=	5	-
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	770	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitud. (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0022	-

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Calcolo del taglio resistente:

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

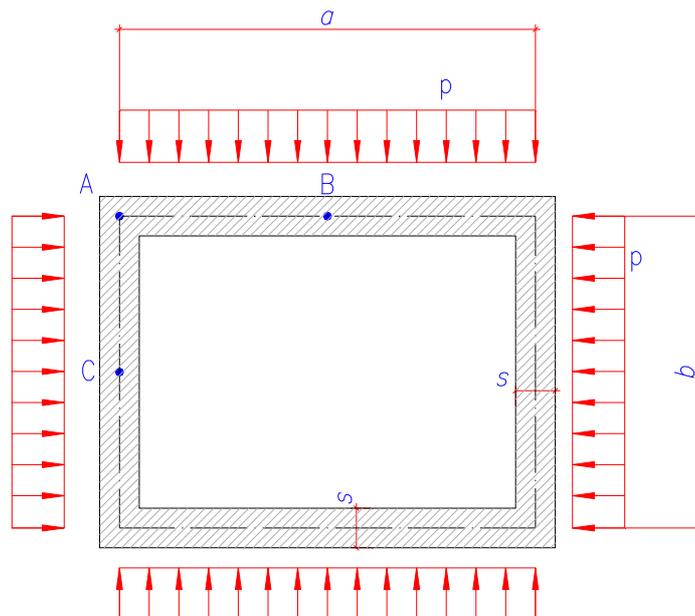
10 ANALISI TORRINO

Per il dimensionamento delle camerette di ispezione si considera il massimo ricoprimento $H = 1.5$ m e le dimensioni interne in pianta 0.80 m X 0.80 m, lo spessore delle pareti è pari a 0.25 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)
1.05 \times 1.05	0.25	1.50

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_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:

$$S_T = k_0 \cdot h_T \cdot 0.38 \cdot 20 \cdot 1.5 = 11.4 \text{ kN/m}^2$$

Spinta del sovraccarico accidentale sulla parete laterale della cameretta

Considerando un sovraccarico agente sul terreno pari a 20.0 kN/m² posizionato in modo tale da generare delle spinte orizzontali sulla parete della struttura.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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:

$$\begin{aligned}
 \text{SLE} \quad p &= S_T + S_{ACC} = 25.65 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{SLU} \quad p &= 1.35 \square S_T + 1.35 \square S_{ACC} = 19.00 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{FESS_QP} \quad p &= S_T = 11.40 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{FESS_FR} \quad p &= S_T + 0.7 \square S_{ACC} = 16.72 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Considerando il rapporto k dato da:

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

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

si ottengono le seguenti sollecitazioni:

	N_B [kN]	M_A [kNm]	M_B [kNm]	N_C [kN]	M_C [kNm]	T_{MAX} [kN]
SLE	9.98	1.75	-0.87	9.98	-0.87	9.98
SLU	13.47	2.36	-1.18	13.47	-1.18	13.47
FESS_QP	5.99	1.05	-0.52	5.99	-0.52	5.99
FESS_FR	8.78	1.54	-0.77	8.78	-0.77	8.78

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 25.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

5 ϕ 12 mm posizionati a 5.6 cm da intradosso
5 ϕ 12 mm posizionati a 19.4 cm da intradosso

Area armatura normale = 1131.0 (mm²) a 12.5 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 = 1.8 (KN.m)
Sforzo normale = -10.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.36 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 8.25 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.7 (cm)
Braccio di leva interno = 15.3 (cm)

Condizione di carico 2

Momento = -0.9 (KN.m)
Sforzo normale = -10.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.15 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 0.96 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.5 (cm)
Braccio di leva interno = 11.6 (cm)

Condizione di carico 3

Momento = 1.5 (KN.m)
Sforzo normale = -8.8 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.32 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 7.26 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.7 (cm)
Braccio di leva interno = 15.3 (cm)

Condizione di carico 4

Momento = -0.8 (KN.m)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Sforzo normale = -8.8 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.13 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 0.85 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.5 (cm)
Braccio di leva interno = 11.6 (cm)

Condizione di carico 5

Momento = 1.1 (KN.m)
Sforzo normale = -6.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.22 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 4.95 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.7 (cm)
Braccio di leva interno = 15.3 (cm)

Condizione di carico 6

Momento = -0.5 (KN.m)
Sforzo normale = -6.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.09 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 0.56 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.6 (cm)
Braccio di leva interno = 11.6 (cm)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.3 VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

Visiti i ridotti tassi di lavoro, si omettono le verifiche a fessurazione.

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 25.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

5 \varnothing 12 mm posizionati a 5.6 cm da intradosso
5 \varnothing 12 mm posizionati a 19.4 cm da intradosso

Area armatura normale = 1131.0 (mm²) a 12.5 cm da intrad.

Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000.0 (N/mm²)
Modulo Elastico calcestruzzo = 36000.0 (N/mm²)
Resistenza cubica del calcestruzzo: R_{ck} = 40.00 (N/mm²)
Resistenza cubica iniziale (alla tesatura): R_{ckj} = 32.00 (N/mm²)
Soglia di snervamento acciaio normale: F_{yk} = 440.00 (N/mm²)

Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo
Accorciamento ultimo a flessione = 0.3500 %
Accorciamento ultimo a compress. = 0.2000 %
Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare
Allungamento ultimo acciaio normale = 0.675 %
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo : α_c = 1.500
Coefficiente di sicurezza acciaio : α_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/mm²)
Acciaio normale = 382.61 (N/mm²)

Convenzioni di segno

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

Condizione di carico 1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Momento di Progetto $M_d = 2.4$ (KN.m)
Sforzo di Progetto $N_d = -13.5$ (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 3.4 (cm)
Momento di Rottura $M_r = 45.8$ (KN.m)
Sforzo di Rottura $N_r = -13.4$ (KN)
Rottura nel Dominio 2
Rapporto $M_r/M_d = 19.406$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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 taglienti 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 ($\rho_{cp} \leq 0.2 f_{cd}$);

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

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

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	13.47	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	13.47	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	1.18	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	194	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1000	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	ϕ	=	12	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n°	=	5	-
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	565	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitud. (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0029	-

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Calcolo del taglio resistente:

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	2.00	-
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resist. del cls	v_{min}	=	0.57	N/mm ²
Tensione media di compress. nella sezione ($\leq 0.2 \sigma_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.07	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	112.68	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	112.68	kN

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11 ANALISI MURO DI SOSTEGNO

11.1 ANALISI DEI CARICHI

11.1.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio del muro in c.a. è valutato in ragione di 25.0 kN/m³.

Il muro oggetto di verifica ha la seguente geometria di calcolo: fondazione di lunghezza pari a 480 cm e spessore pari a 70 cm; elevazione (unica risega) di altezza pari a 550 cm e spessore di 60 cm.

11.1.2 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:

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

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

$$k_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_k}{2} \right) = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_d}{2} \right)$$

dove:

γ_k	=	20.00 kN/m ³	peso caratteristico terreno per unità di volume
γ_d	=	20.00 kN/m ³	peso di progetto terreno per unità di volume
φ_k	=	38.00 °	angolo di attrito interno caratteristico del terreno
φ_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	=	6.20	altezza di spinta (in m)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

11.1.3 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.

11.2 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
Combinazioni per verifiche geotecniche (GEO)	SLU_GEO-1	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.30	0.00	0.00
	SLU_GEO-2	1.00	1.00	1.00	1.30	1.00	1.00	1.30	0.00	0.00
	SLU_EQU	0.90	0.90	0.90	0.00	1.10	1.10	1.50	0.00	0.00
	SLU_ECC	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
	SLU_SISM	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
Combinazioni per verifiche strutturali (STR)	SLU_STR	1.00	1.00	1.00	0.00	1.30	1.30	1.50	0.00	0.00
	SLU_ECC	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
	SLU_SISM	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
	SLE_QP	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	SLE_FR	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.70	0.00	0.00
	SLE_CAR	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
	SLE_SISM	1.00	1.00	1.00	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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

11.3.1 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_{vert} [m]
Peso proprio elevazione	825.00		0.60	1.80	
Peso proprio ciabatta di fondazione	840.00		2.40	0.00	
Peso del terreno da rilevato su ciabatta posteriore	4290.00		2.85	-0.45	
Peso dei sovraccarichi permanenti su ciabatta posteriore	0.00		0.15	2.25	
Spinte del terreno da rilevato a monte	448.12	957.51	4.80	-2.40	2.07
Spinte del terreno dovute a sovraccarichi permanenti	291.28	622.38	4.80	-2.40	3.10
Increm. sismico peso proprio elevazione (SLV)	57.35	114.70	0.60	1.80	3.45
Increm. sismico peso proprio ciabatta di fondazione (SLV)	58.39	116.79	2.40	0.00	0.35
Increm. sismico terreno da rilevato su ciabatta posteriore (SLV)	298.23	596.46	2.85	-0.45	3.45
Increm. sismico sovraccarichi perm. su ciabatta posteriore (SLV)	31.18	62.36	2.85	-0.45	0.70
Spinte sismiche del terreno da rilevato a monte (SLV)	622.82	1330.79	4.80	-2.40	2.07
Spinte sismiche del terreno dovute a sovraccarichi perm. (SLV)	404.83	865.01	4.80	-2.40	3.10

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).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.3.2 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: α_i = coefficiente di combinazione della forza N_i (vedi par. 11.2);

N_i = forza verticale (vedi paragrafo 11.3.1);

$b_{i\ oriz(o)}$ = braccio della forza verticale rispetto al centro di rotazione (vedi par. 11.3.1);

α_i = coefficiente di combinazione della forza V_i (vedi par. 11.2);

V_i = forza orizzontale (vedi par. 11.3.1);

$b_{i\ vert}$ = braccio della forza orizzontale rispetto al centro di rotazione (vedi par. 9.3.1).

Verifiche a ribaltamento		Comb. SLU_EQU	Comb. SLU_ECC	Comb. SLU_SISM
Momento stabilizzante totale	[kNm]	14414	16016	14902
Momento ribaltante totale	[kNm]	395	359	7970
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	[-]	36.49	44.60	1.87

11.3.3 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: α = coefficiente di attrito terreno/fondazione (posto ragionevolmente pari a 0.60);

α_i = coefficiente di combinazione della forza N_i (vedi par. 11.2);

N_i = forza verticale (vedi par. 11.3.1);

α_i = coefficiente di combinazione della forza V_i (vedi par. 11.2);

V_i = forza orizzontale (vedi par. 11.3.1).

Verifiche a scivolamento		Comb. SLU_GEO-1	Comb. SLU_ECC	Comb. SLU_SISM
Forza di attrito totale	[kN/m]	3842	3842	3575
Forza di scorrimento totale	[kN/m]	1580	1580	3086
Coefficiente di sicurezza allo scivolamento	[-]	2.43	2.43	1.16

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.3.4 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:
- q' = 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:
- γ_t = peso del terreno di ricoprimento;
 - D = profondità del piano di posa della fondazione.

- *Coefficienti di capacità portante:*

$$N_q = \left(\frac{\gamma}{\gamma_{sat}} \right)^2 \left(\frac{1}{2} \right) e^{\tan(\phi)}$$

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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						

dove: α' = 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: α' = 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: α' = 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: α' = 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;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

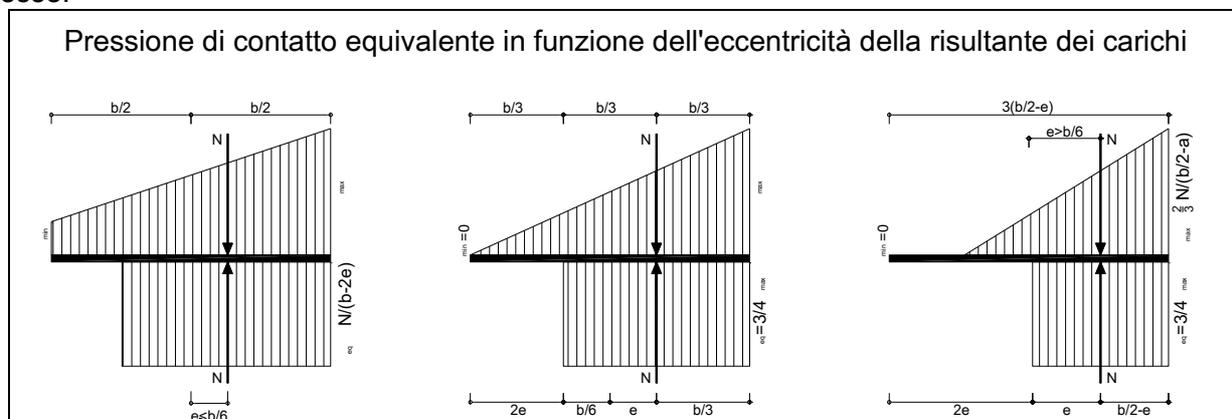
- H = azione parallela al piano di posa sulla fondazione;
- N_c = coefficiente di capacità portante (definito in precedenza);
- d_q = coefficiente dipendente dalla profondità del piano di posa (definito in precedenza).

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: σ_{Sd} = pressione equivalente sul terreno;
- σ_{lim} = portata limite unitaria calcolata secondo Brinch-Hansen;
- γ_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 σ_{max} nelle tabelle) appare quindi poco significativo. Il calcolo del valore equivalente si basa sulla valutazione dell'eccentricità delle sollecitazioni, in modo da ridistribuire in maniera uniforme su una dimensione ridotta della platea le sollecitazioni stesse.



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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Verifiche di portata della fondazione (formulazione di Brinch-Hansen)		Comb. SLU_GEO-1	Comb. SLU_GEO-2	Comb. SLU_ECC	Comb. SLU_SISM
Sollecitazioni sul concio a base fondazione	M [kNm]	5035	5035	5035	7368
	N [kN]	6404	6404	6404	5958
	H [kN]	1580	1580	1580	3086
	e [m]	0.79	0.79	0.79	1.24
Caratteristiche geometriche della fondazione	B_R [m]	4.80	4.80	4.80	4.80
	B [m]	3.23	3.23	3.23	2.33
	L [m]	10.00	10.00	10.00	10.00
	D [m]	1.50	1.50	1.50	1.50
	q' [kN/m ²]	30.00	30.00	30.00	30.00
Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione	α [°]	32.01	32.01	32.01	32.01
	c [kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
	σ_{fond} [kN/m ³]	21.00	21.00	21.00	21.00
	β [°]	0.00	0.00	0.00	0.00
	δ [°]	0.00	0.00	0.00	0.00
Calcolo della portata limite e di progetto del terreno	q_{LIM-attr.} [kN/m ²]	518.73	518.73	518.73	102.20
	q_{LIM-coes.} [kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
	q_{LIM-car.lat.} [kN/m ²]	527.55	527.55	527.55	235.17
	q_{LIM} [kN/m ²]	1046.29	1046.29	1046.29	337.37
	F_s [-]	1.00	1.00	1.00	1.00
	q_d [kN/m ²]	1046.29	1046.29	1046.29	337.37
Sforzi sul terreno di fondazione	σ_{max} [kN/m ²]	264.54	264.54	264.54	341.41
	σ_{min} [kN/m ²]	2.27	2.27	2.27	0.00
	L_{reag} [m]	4.80	4.80	4.80	3.49
	σ_{eq} [kN/m ²]	198.42	198.42	198.42	256.05

dove:

M	il momento flettente alla base dell'opera
N	l'azione verticale alla base dell'opera
H	l'azione orizzontale alla base dell'opera
B _R	la larghezza reale della fondazione
B	la larghezza ridotta della fondazione
σ _{min}	la sollecitazione minima sul terreno
σ _{max}	la sollecitazione massima sul terreno
σ _{eq}	la sollecitazione equivalente sul terreno

Le verifiche di portata risultano pertanto soddisfatte.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

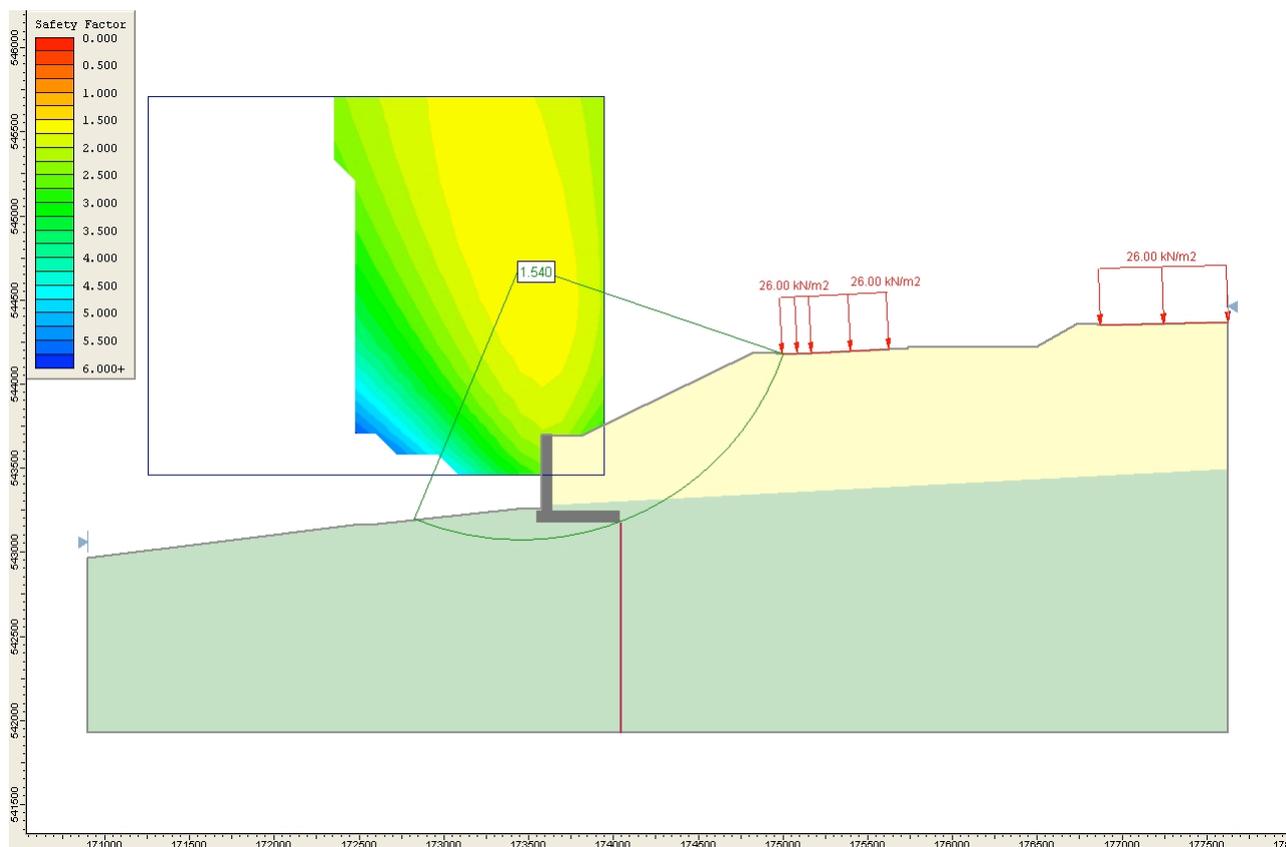
11.3.5 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE MURO-TERRENO

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.

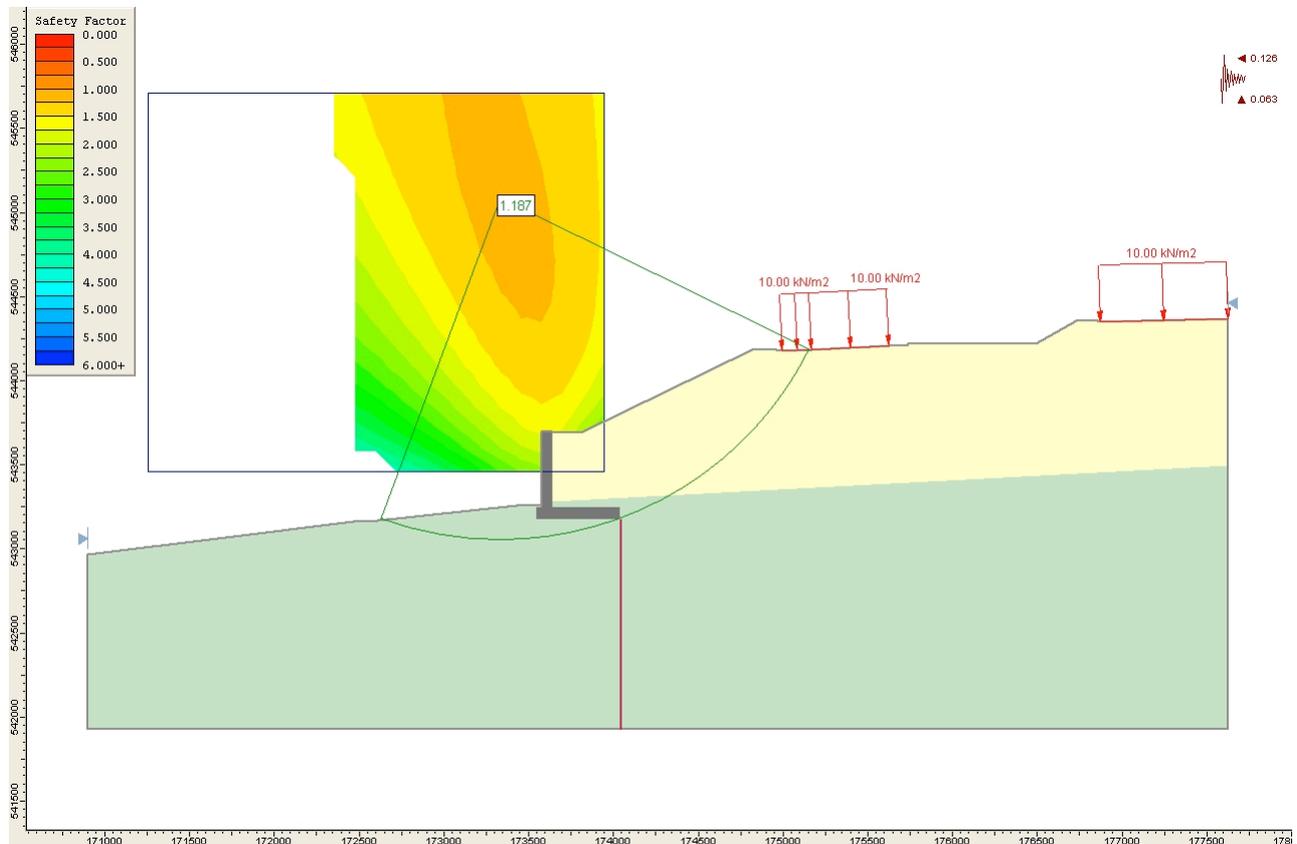
Le analisi di stabilità sono state condotte sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche facendo riferimento alle indicazioni riportate in precedenza; in particolare si assume:

$$\alpha_r \geq 1.1$$

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=1.540



Analisi di stabilità caso sismico: FS=1.187

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

11.4 VERIFICHE DELL'ELEVAZIONE

11.4.1 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 _{horiz} [m]	b _{vert} [m]
Peso proprio elevazione	82.50		0.00	
Spinte del terreno da rilevato a monte	27.79	59.38	-0.30	1.83
Spinte del terreno dovute a sovraccarichi permanenti	20.36	43.51	-0.30	2.75
Increment. sismico peso proprio elevazione (SLD)	1.56	3.12	0.00	2.75
Spinte sismiche terreno da rilevato a monte (SLD)	30.46	65.08	-0.30	1.83
Spinte sismiche terreno dovute a sovracc. perm. (SLD)	22.32	47.69	-0.30	2.75
Increment. sismico peso proprio elevazione (SLV)	5.74	11.47	0.00	2.75
Spinte sism. terreno da rilevato a monte (SLV)	39.57	84.55	-0.30	1.83
Spinte sism. terreno dovute a sovracc. perm. (SLV)	28.99	61.95	-0.30	2.75

	N [kN/m]	V [kN/m]	M [kNm/m]
SLU_STR	83	134	278
SLU_ECC	83	103	214
SLU_SISM	77	261	550
SLE_QP	83	103	214
SLE_FR	83	103	214
SLE_CAR	83	103	214
SLE_SISM	81	116	243

(nella tabella precedente N positiva se di compressione).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.4.2 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 -
Unita` di misura: (cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100.0
h2 60.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 3911.3 (mm²) 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 = 214.0 (KN.m)
Sforzo normale = -83.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -4.73 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 129.74 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 19.1 (cm)
Braccio di leva interno = 47.9 (cm)

Condizione di carico 2

Momento = 243.0 (KN.m)
Sforzo normale = -81.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.36 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 149.09 (N/mm²)
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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.4.3 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

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

Area armatura normale = 3911.3 (mm²) 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 = 10.0 cm

Diametro massimo barre = 20.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 31.5 kg/cm²

Momento di prima fessurazione ($M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$) = 205.06 (KN.m)

Momento di fessurazione ($M = f_{ctm}$) = 244.12 (KN.m)

Stadio non fessurato

Coefficiente di omogeneizzazione = 15

Distanza asse neutro da lembo teso = 27.5 cm

Altezza del tirante ideale = 20.0 cm

Densità d'armatura del tirante ideale = 1.571 %

Stadio fessurato

Coefficiente di omogeneizzazione = 15

Distanza media fra due fessure attigue $S_m = 20.1$ cm

Momento di fessurazione; Trazione acciaio = 148.0 (N/mm²)

Coeff. K_3 ($= [0.25 \cdot (\sigma_1 + \sigma_2) / (2 \cdot \sigma_1)]$) = 0.159

Trazione nell'acciaio per il calcolo della fessura = 129.74 (N/mm²)

Ampiezza della fessura ($w = 1.7 \cdot S_m \cdot \sigma_{sm} / E_s$) = 0.0563 - 0.0563 mm

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		Codice documento CS0537_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						

11.4.4 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

5 ϕ 14 mm posizionati a 54.3 cm da intradosso
 10 ϕ 20 mm posizionati a 6.0 cm da intradosso

Area armatura normale = 3911.3 (mm²) a 15.5 cm da intrad.

Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000.0 (N/mm²)
 Modulo Elastico calcestruzzo = 36000.0 (N/mm²)
 Resistenza cubica del calcestruzzo: R_{ck} = 40.00 (N/mm²)
 Resistenza cubica iniziale (alla tesatura): R_{ckj} = 20.00 (N/mm²)
 Soglia di snervamento acciaio normale: F_{yk} = 450.00 (N/mm²)

Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo
 Accorciamento ultimo a flessione = 0.3500 %
 Accorciamento ultimo a compress. = 0.2000 %
 Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare
 Allungamento ultimo acciaio normale = 7.500 %
 Coefficiente di sicurezza calcestruzzo : α_c = 1.500
 Coefficiente di sicurezza acciaio : α_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/mm²)
 Acciaio normale = 391.30 (N/mm²)

Convenzioni di segno

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

Condizione di carico 1

Momento di Progetto M_d = 278.0 (KN.m)
 Sforzo di Progetto N_d = -83.0 (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.7 (cm)
 Momento di Rottura M_r = 643.3 (KN.m)
 Sforzo di Rottura N_r = -83.4 (KN)
 Rottura nel Dominio 3
 Rapporto M_r/M_d = 2.314

Condizione di carico 2

Momento di Progetto M_d = 214.0 (KN.m)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sforzo di Progetto $N_d = -77.0 \text{ (KN)}$

Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)

Momento di Rottura $M_r = 641.8 \text{ (KN.m)}$

Sforzo di Rottura $N_r = -76.8 \text{ (KN)}$

Rottura nel Dominio 3

Rapporto $M_r/M_d = 2.999$

Condizione di carico 3

Momento di Progetto $M_d = 550.0 \text{ (KN.m)}$

Sforzo di Progetto $N_d = -77.0 \text{ (KN)}$

Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)

Momento di Rottura $M_r = 641.8 \text{ (KN.m)}$

Sforzo di Rottura $N_r = -76.8 \text{ (KN)}$

Rottura nel Dominio 3

Rapporto $M_r/M_d = 1.167$

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.4.5 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 ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	33	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	18.81	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	391.30	N/mm ²

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

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	261.00	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	83.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	550.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

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

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	ϕ	=	20	mm
Numero tendini longitudinali utilizzati	n	=	10	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	3140	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ϕ_l	=	0.0058	--

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.61	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.41	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2\phi f_{cd}$)	ϕ_{cp}	=	0.15	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,mi}$	=	235.51	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \phi V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	292.82	kN

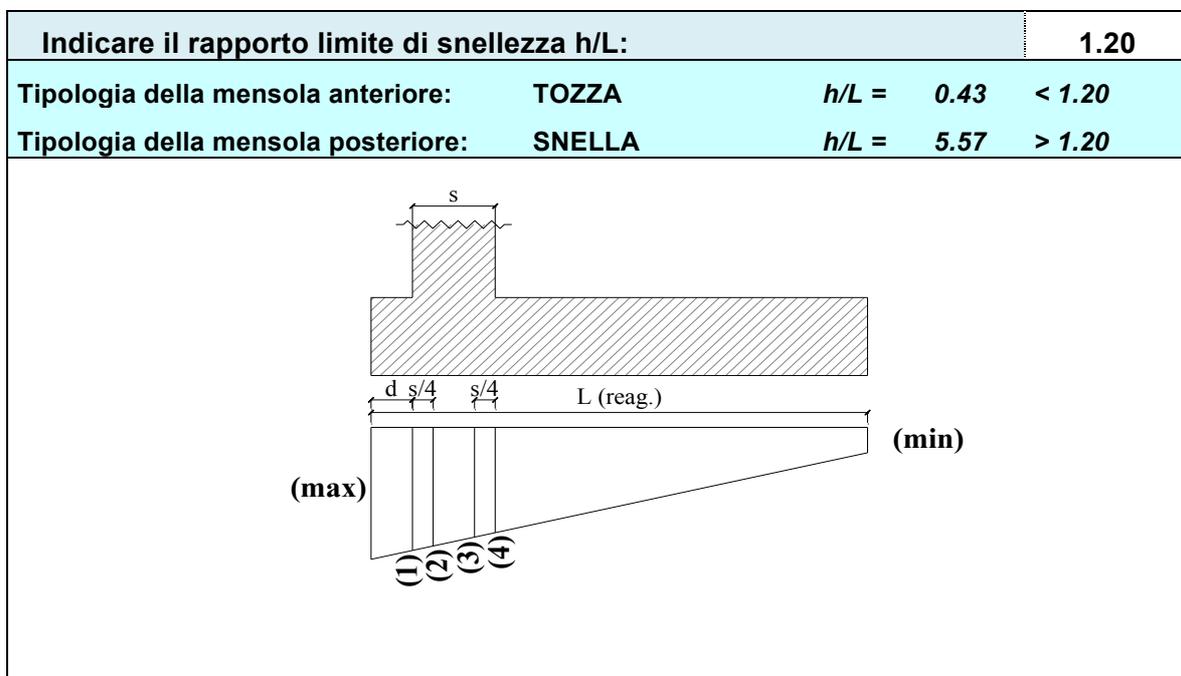
Dato che la verifica risulta soddisfatta non occorre disporre un'apposita armatura resistente a

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

taglio.

11.5 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.



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

11.5.1 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 _{horiz} [m]	b _{vert} [m]
Peso proprio elevazione	82.50		1.80	
Peso proprio ciabatta di fondazione	84.00		0.00	
Peso del terreno da rilevato su ciabatta posteriore	429.00		-0.45	
Peso dei sovraccarichi permanenti su ciabatta posteriore	44.85		-0.45	
Spinte del terreno da rilevato a monte	35.32	75.46	-2.40	2.07
Spinte del terreno dovute a sovraccarichi permanenti	22.96	49.05	-2.40	3.10
Incres. sismico peso proprio elevazione (SLV)	5.74	11.47	1.80	3.45
Incres. sismico peso proprio ciabatta di fondazione (SLV)	5.84	11.68	0.00	0.35
Incres. sismico terreno da rilevato su ciabatta posteriore (SLV)	29.82	59.65	-0.45	3.45
Incres. sismico sovraccarichi perm. su ciabatta posteriore (SLV)	3.12	6.24	-0.45	0.70
Spinte sismiche del terreno da rilevato a monte (SLV)	50.28	107.44	-2.40	2.07
Spinte sismiche del terreno dovute a sovraccarichi perm. (SLV)	32.68	69.84	-2.40	3.10
Incres. sismico peso proprio elevazione (SLD)	1.56	3.12	1.80	3.45
Incres. sismico peso proprio ciabatta di fondazione (SLD)	1.59	3.18	0.00	0.35
Incres. sismico terreno da rilevato su ciabatta posteriore (SLD)	8.11	16.22	-0.45	3.45
Incres. sismico terreno da rilevato su ciabatta anteriore (SLD)	0.00		2.25	
Incres. sismico sovraccarichi perm. su ciabatta posteriore (SLD)	0.85	1.70	-0.45	0.70
Spinte sismiche del terreno da rilevato a monte (SLD)	38.71	82.70	-2.40	2.07
Spinte sismiche del terreno dovute a sovraccarichi perm. (SLD)	25.16	53.76	-2.40	3.10

Azioni mensola snella	AZIONI PER VERIFICHE	
	V [kN/m]	M [kNm/m]
Combinazione di carico SLU_STR	10	-62
Combinazione di carico SLU_ECC	6	-44
Combinazione di carico SLU_SISM	-117	-505
Combinazione di carico SLE_QP	6	-44
Combinazione di carico SLE_FR	6	-44
Combinazione di carico SLE_CAR	6	-44
Combinazione di carico SLE_SISM	-119	-333

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.5.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Per la mensola snella si adotta la seguente armatura:

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

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 -
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 (mm²) 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 = -44.0 (KN.m)
Sforzo normale = 0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.72 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 24.34 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 19.6 (cm)
Braccio di leva interno = 57.6 (cm)

Condizione di carico 2

Momento = -333.0 (KN.m)
Sforzo normale = 0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.43 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 184.19 (N/mm²)
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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.5.3 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 (mm²) 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 = 10.0 cm

Diametro massimo barre = 20.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm⁻¹

Trazione calcestruzzo di fessurazione (f_{ctm}) = 26.0 kg/cm²

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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.5.4 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 ϕ 14 mm posizionati a 5.3 cm da intradosso
10 ϕ 20 mm posizionati a 64.0 cm da intradosso

Area armatura normale = 3911.3 (mm²) a 52.4 cm da intrad.

Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000.0 (N/mm²)
Modulo Elastico calcestruzzo = 31176.9 (N/mm²)
Resistenza cubica del calcestruzzo: R_{ck} = 30.00 (N/mm²)
Resistenza cubica iniziale (alla tesatura): R_{ckj} = 20.00 (N/mm²)
Soglia di snervamento acciaio normale: F_{yk} = 450.00 (N/mm²)

Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo
Accorciamento ultimo a flessione = 0.3500 %
Accorciamento ultimo a compress. = 0.2000 %
Legge costitutiva dell'acciaio normale : Bilineare
Allungamento ultimo acciaio normale = 7.500 %
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo : α_c = 1.500
Coefficiente di sicurezza acciaio : α_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 = 14.11 (N/mm²)
Acciaio normale = 391.30 (N/mm²)

Convenzioni di segno

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

Condizione di carico 1

Momento di Progetto M_d = -62.0 (KN.m)
Sforzo di Progetto N_d = 0.0 (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.8 (cm)
Momento di Rottura M_r = -739.2 (KN.m)
Sforzo di Rottura N_r = -4.0 (KN)
Rottura nel Dominio 3
Rapporto M_r/M_d = 11.923

Condizione di carico 2

Momento di Progetto M_d = -44.0 (KN.m)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Sforzo di Progetto $N_d = 0.0 \text{ (KN)}$
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.8 (cm)
Momento di Rottura $M_r = -739.2 \text{ (KN.m)}$
Sforzo di Rottura $N_r = -4.0 \text{ (KN)}$
Rottura nel Dominio 3
Rapporto $M_r/M_d = 16.801$

Condizione di carico 3

Momento di Progetto $M_d = -505.0 \text{ (KN.m)}$
Sforzo di Progetto $N_d = 0.0 \text{ (KN)}$
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.8 (cm)
Momento di Rottura $M_r = -739.2 \text{ (KN.m)}$
Sforzo di Rottura $N_r = -4.0 \text{ (KN)}$
Rottura nel Dominio 3
Rapporto $M_r/M_d = 1.464$

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.5.5 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 ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	$f_{ck} = 25.00$ N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	$f_{cd} = 14.11$ N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	$f_{yd} = 391.30$ N/mm ²

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

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	$V_{Ed} = 117.00$ 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	$d = 643$ mm
Larghezza minima della sezione	$b_w = 1000$ mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	$\sigma = 20$ mm
Numero tendini longitudinali utilizzati	$n = 10$ --
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl} = 3140$ mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	$\sigma_l = 0.0049$ --

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	$k = 1.56$ --
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	$v_{min} = 0.34$ N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2\sigma_{fcd}$)	$\sigma_{cp} = 0.00$ N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,mi} = 218.33$ kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \square V_{Rd,min}$)	$V_{Rd} = 276.39$ kN

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

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p>ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p><i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>	

taglio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.6 VERIFICA MENSOLA TOZZA

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

Azioni mensola tozza	F_{reaz} [kN/m]	b_{Freaz} [m]	F_{tir} [kN/m]	σ_s [N/mm ²]
Combinazione di carico SLU_STR	83.48	0.23	31.78	4.13
Combinazione di carico SLU_ECC	76.48	0.23	29.06	3.78
Combinazione di carico SLU_SISM	118.77	0.23	45.79	5.95

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

12 ANALISI DELLE PARATIE PROVVISORIE

12.1 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

parametro	simbolo	coeff. parziale	M1	M2
tangente angolo di attrito	$\tan \delta_k$,	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
Comb1	A1+M1+R1
Comb2	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).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.2 STRATIGRAFIA DI PROGETTO

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

Si precisa che, a favore di sicurezza, viene trascurato lo strato di “*plutonite*”. Tale strato presenta infatti caratteristiche meccaniche molto migliori rispetto allo strato che lo precede (“*depositi terrazzati marini*”), che pertanto verrà esteso oltre il suo limite.

Unità [-]	Tipologia [-]	S [m]	γ [kN/m ³]	c [kPa]	ϕ [°]	ν [-]	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)
γ	Peso di volume del terreno
c	Coesione drenata
ϕ	Angolo di attrito
ν	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).

12.3 PARAMETRI DI SPINTA

Il coefficiente di spinta a riposo dei terreni considerati è stato calcolato secondo il procedimento dell'equilibrio limite di Rankine:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$K_0 = 1 - \sin^2(\alpha) \quad (\text{spinta a riposo})$$

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 (α) è stato assunto pari a 0.5α 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:

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

- dove:
- ϕ = angolo d'attrito del terreno;
 - β = inclinazione del paramento di monte del muro (90°);
 - α = angolo d'attrito lungo la superficie di rottura;
 - α = Inclinazione del pendio a monte.

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

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

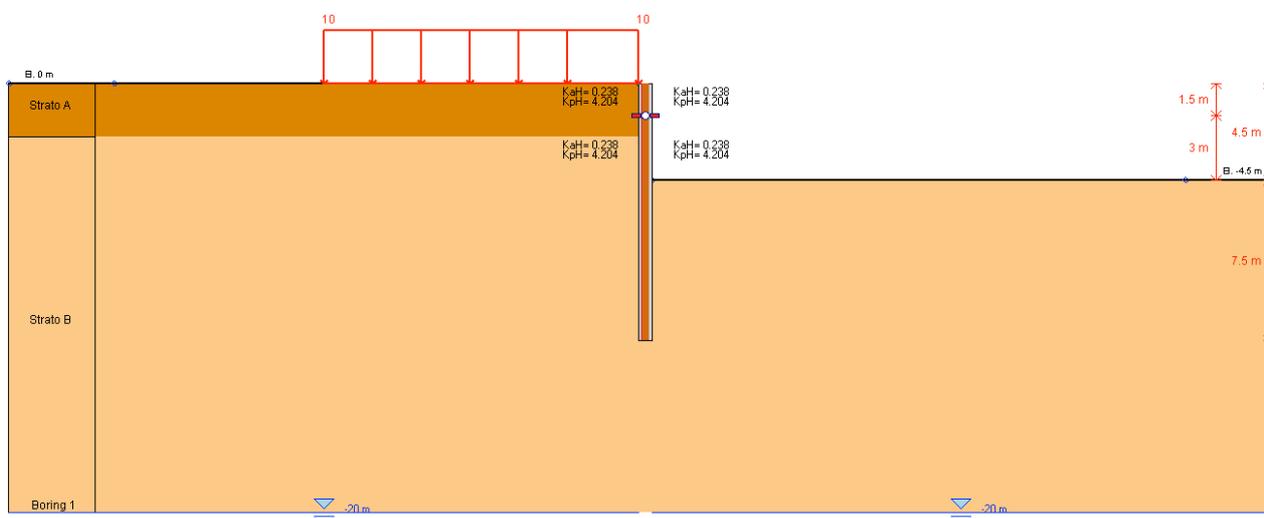
La tabella seguente riassume i coefficienti di spinta utilizzati nei calcoli effettuati; il pedice 'h' indica che i coefficienti di spinta attiva e passiva sono stati calcolati in direzione orizzontale.

Unità [-]	S.L. [-]	Valori [-]	Approccio [-]	α [°]	K_0 [-]	K_{ha} [-]	K_{hp} [-]
A	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	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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.4 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

12.4.1 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 kN/m^2 (per una larghezza della pista posta pari a 5.00m). La situazione di studio viene riepilogata nella seguente tabella:

Tipologia paratia [-]	Quota testa paratia [m]	Quota fondo scavo [m]	Ordini di contrasti [n°]
Berlinese	0.00	-4.50	1

I contrasti sono affidati a profili commerciali in acciaio tipo HEB260 e HEB200.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_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).

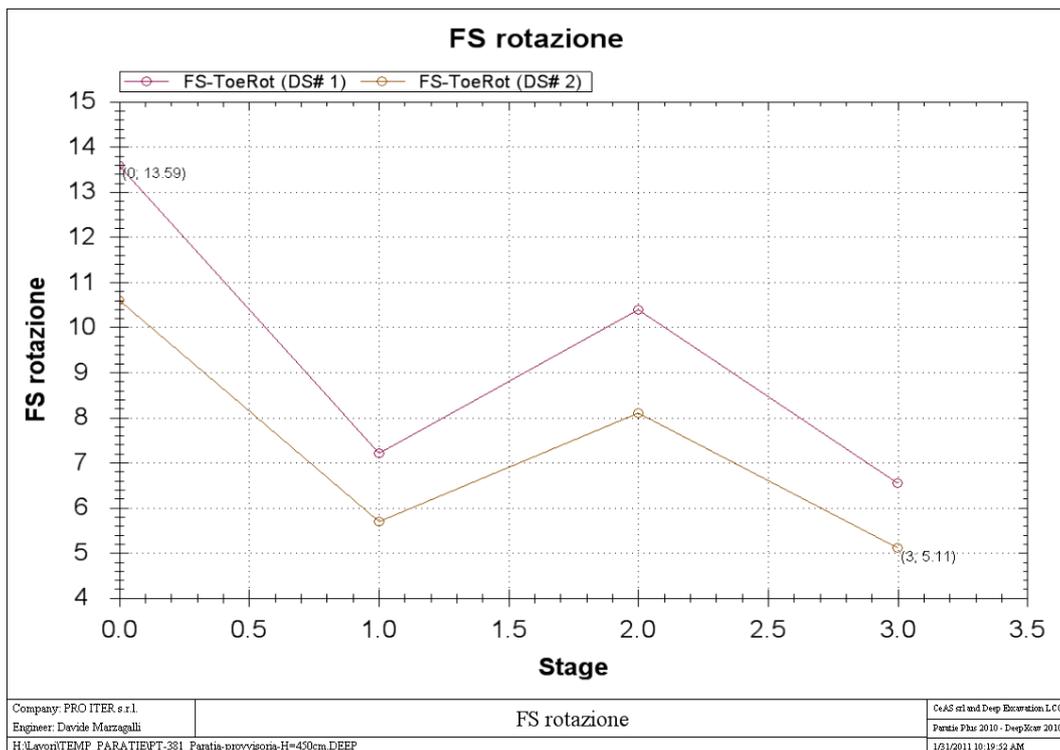
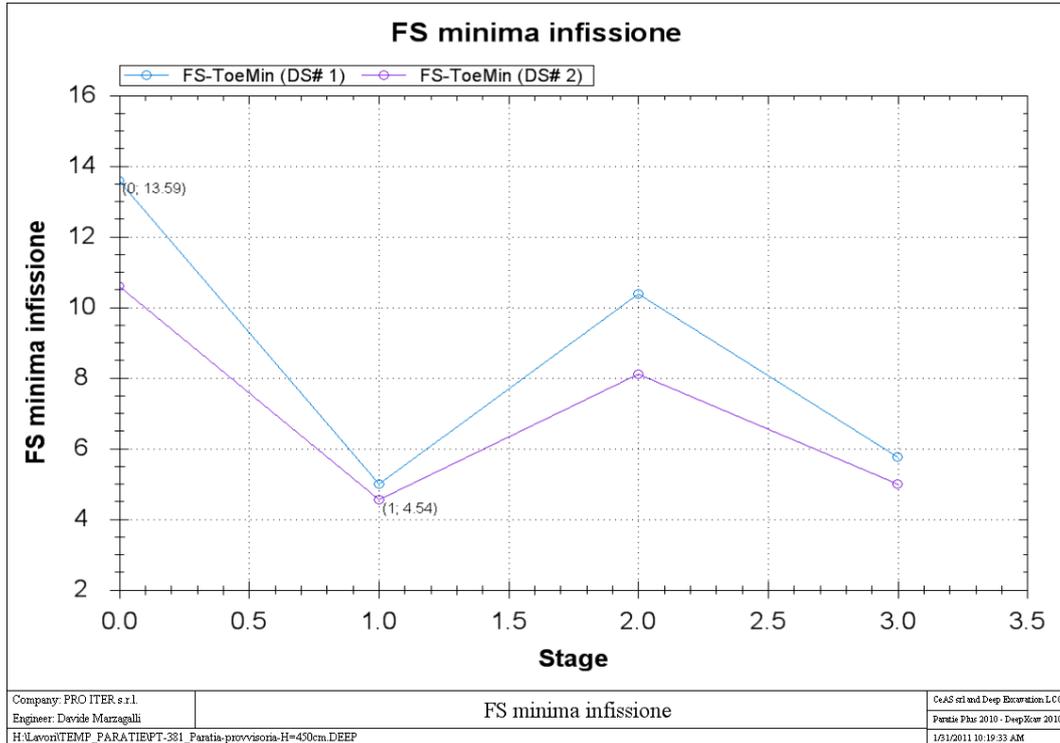
▣ **STEP 2: Messa in opera 1° ordine di contrasti**

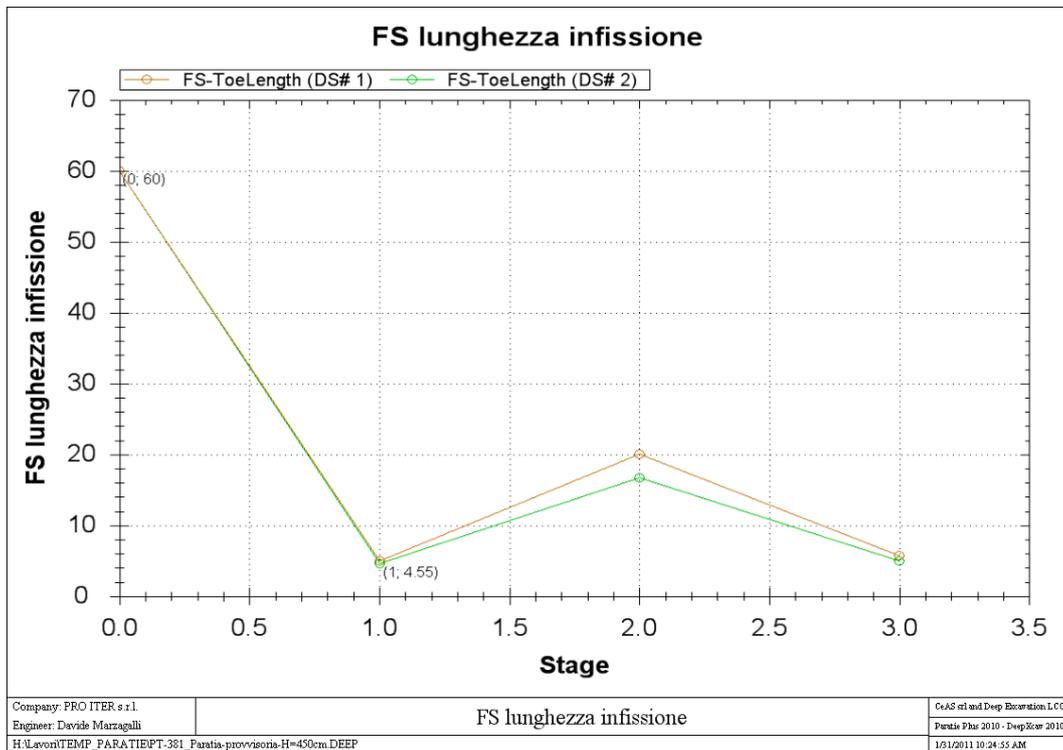
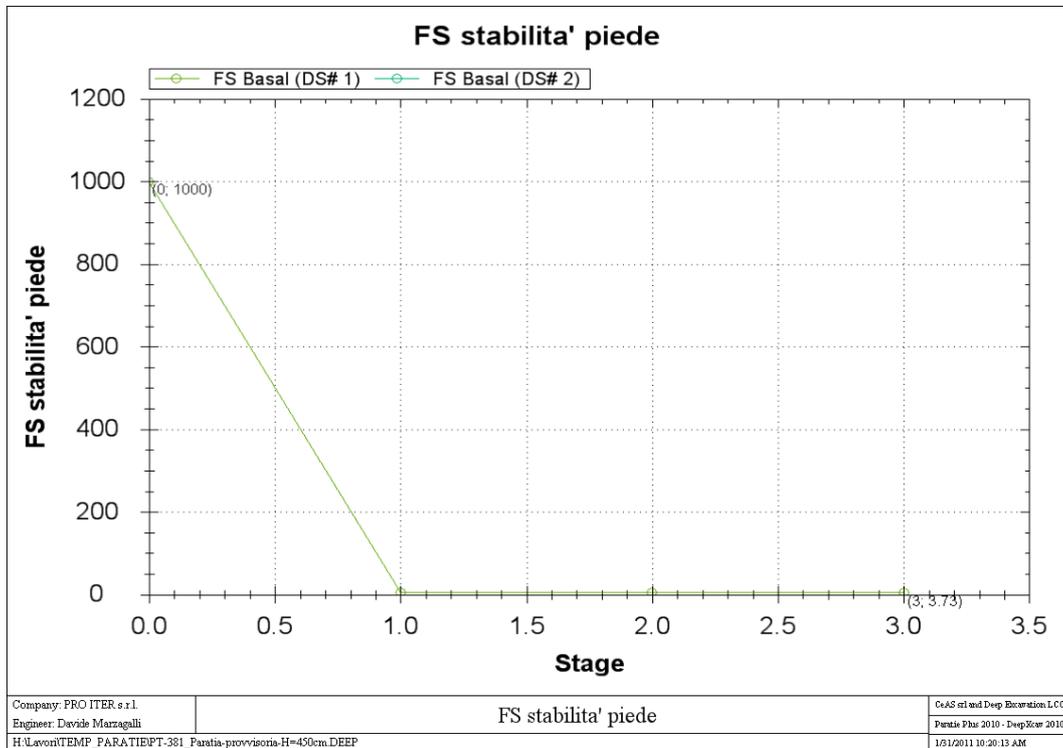
In tale fase viene considerato attivo il 1° ordine di contrasti (vincolo fisso).

▣ **STEP 3: Fondo scavo**

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

12.4.2 VERIFICHE GEOTECNICHE





		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

12.4.3 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE PARATIA-TERRENO

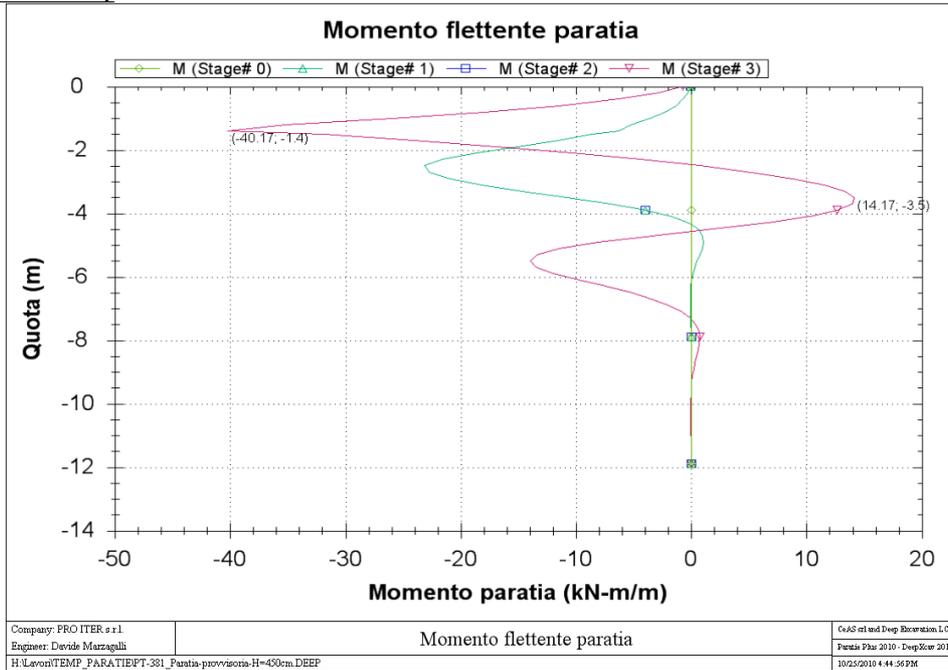
Poichè la paratia risulta di profondità minore rispetto a quella analizzata nel paragrafo 12.5 e tenuto conto della conformazione più favorevole del rilevato, per le verifiche di stabilità si rimanda a quanto svolto per la paratia successiva.

12.4.4 RISULTATI DELLE ANALISI

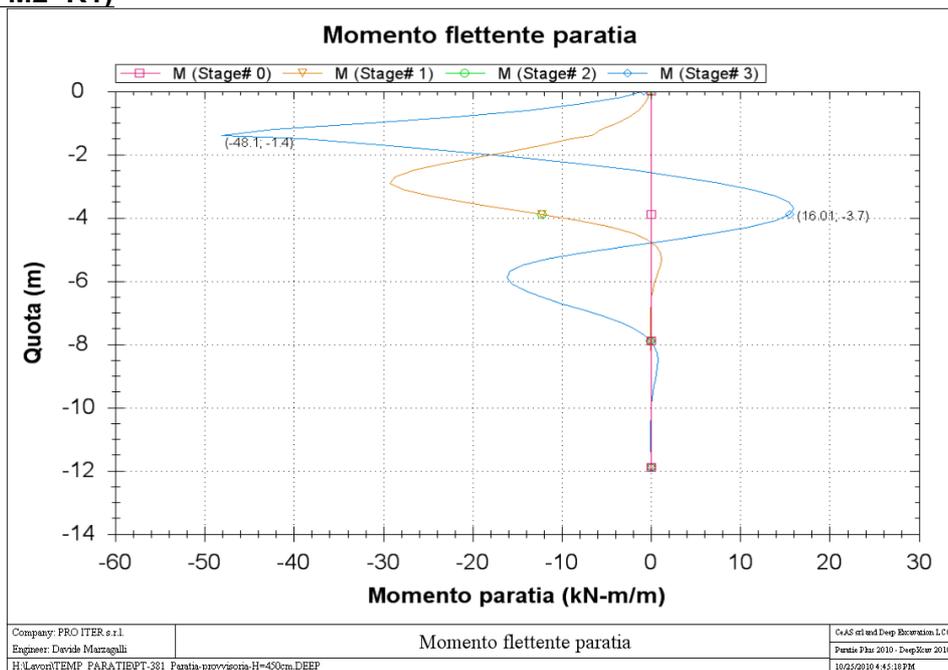
Di seguito vengono presentati i diagrammi dei momenti flettenti, dei tagli e delle azioni assiali nei contrasti per le due combinazioni di carico analizzate a Stato Limite Ultimo e le deformazioni a Stato Limite di Esercizio.

12.4.4.1 DIAGRAMMI DEL MOMENTO FLETTENTE

Comb1 (A1+M1+R1)

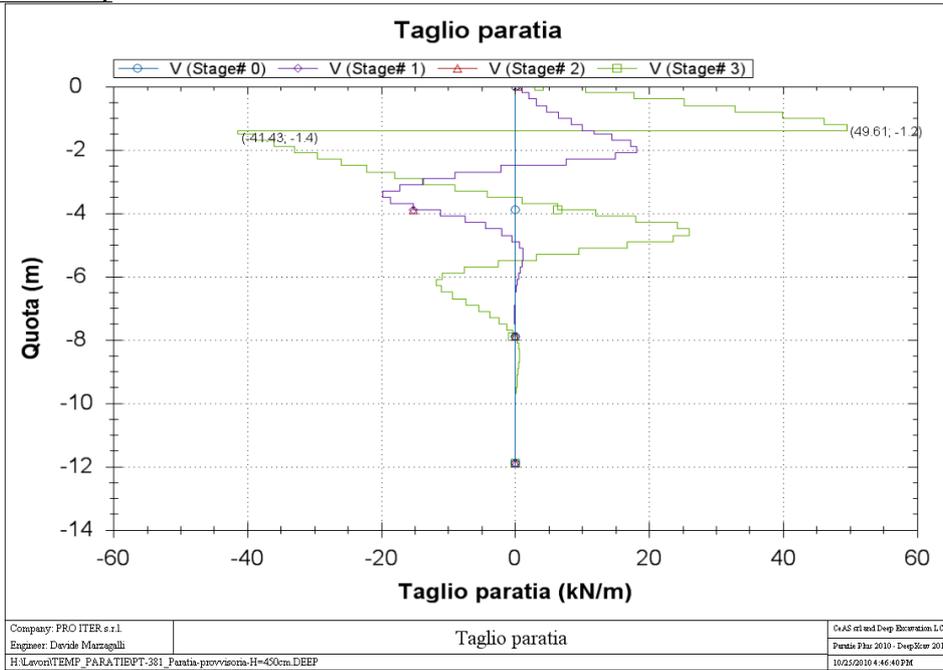


Comb2 (A2+M2+R1)

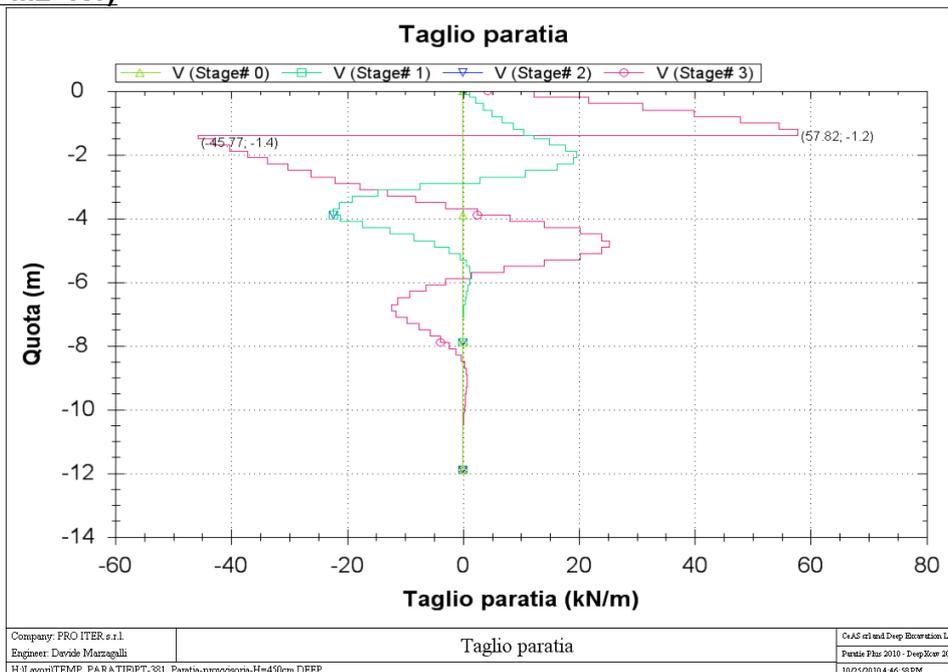


12.4.4.2 DIAGRAMMI DEL TAGLIO

Comb1 (A1+M1+R1)



Comb2 (A2+M2+R1)

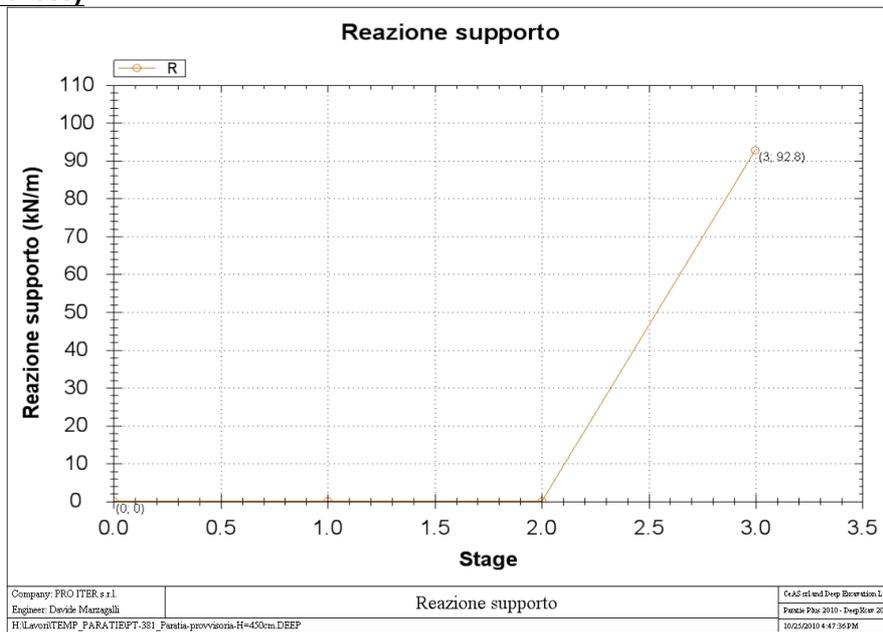


		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	Codice documento CS0537_F0.doc	Rev F0	Data 20/06/2011

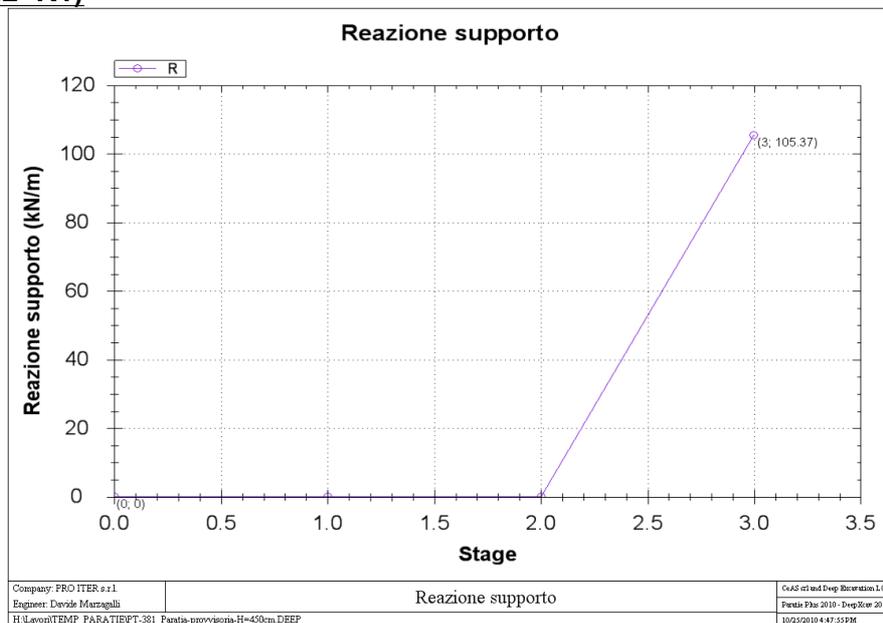
12.4.4.3 STORIA DI CARICO DEI CONTRASTI

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

Comb1 (A1+M1+R1)



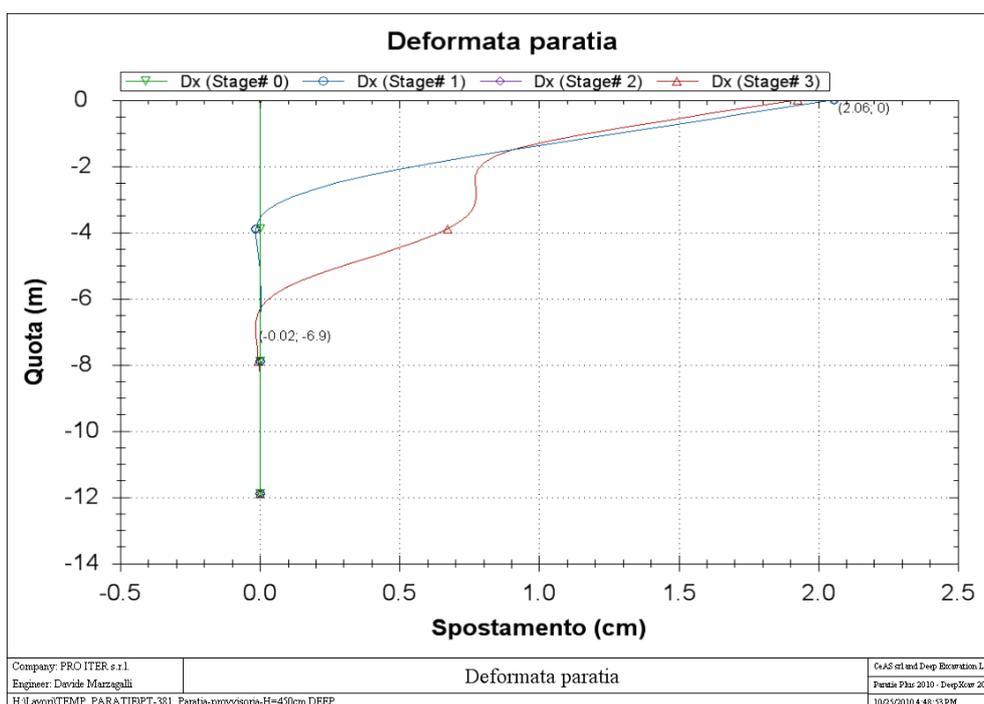
Comb2 (A2+M2+R1)



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.4.4.4 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.4.5 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]
Comb 1	40.17	49.61	12.05	14.88
Comb 2	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 PM127x8 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 $V_{Ed} < 0.5 M_{Rd}$).

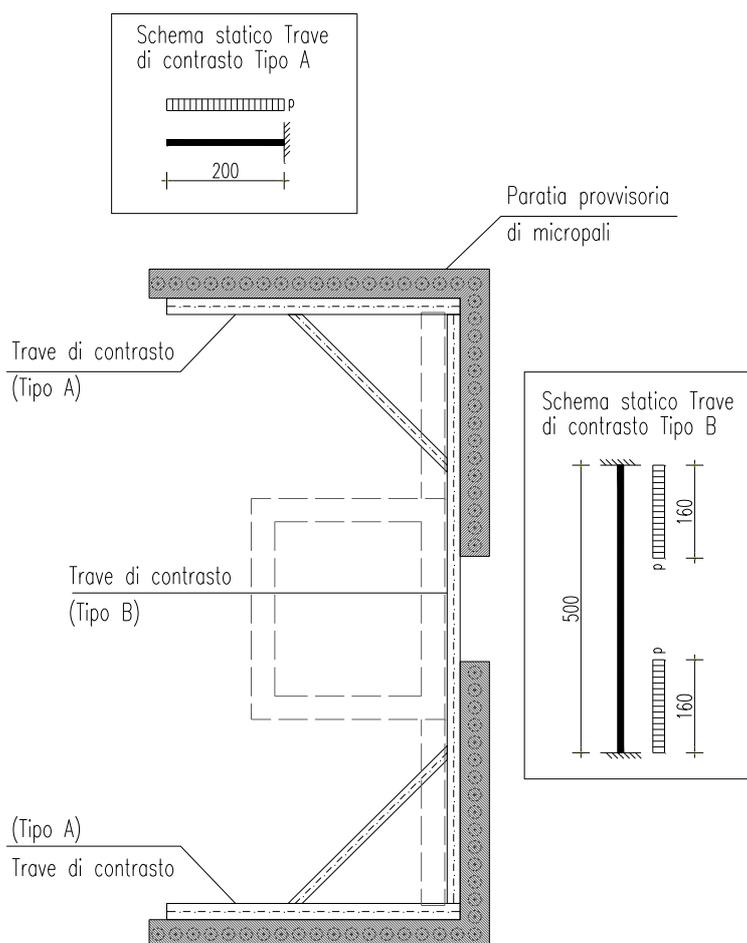
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

12.4.6 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_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:

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

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

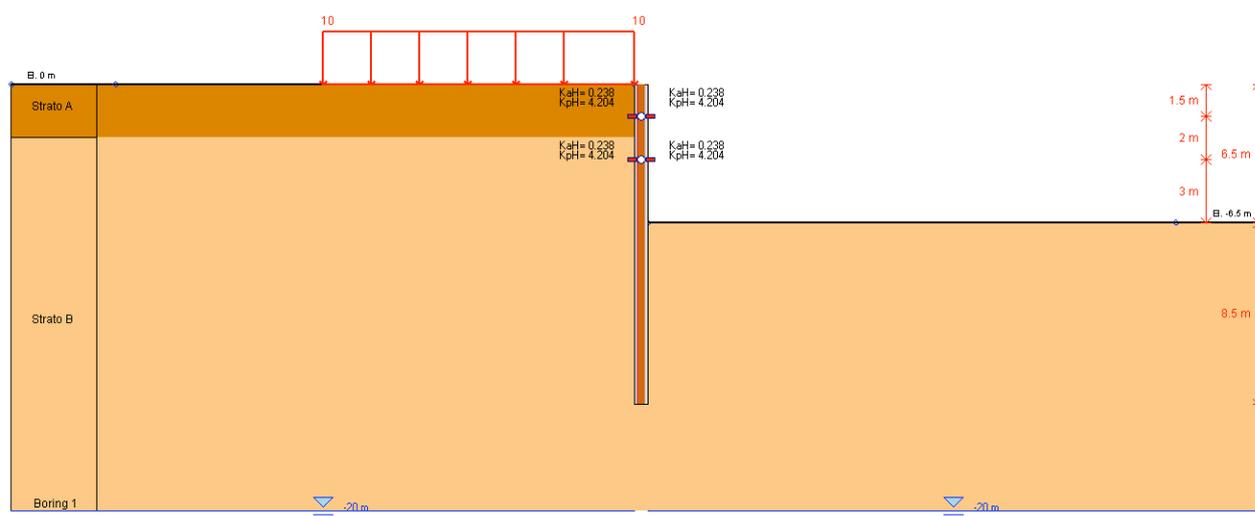
$$\sigma_{id} = \sqrt{\frac{2}{3} \sigma_s^2 + \frac{2}{3} \tau_s^2} = \sqrt{\frac{2}{3} 186.27^2 + \frac{2}{3} 93.66^2} = 247.01 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} = 261.90 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.5 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

12.5.1 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 kN/m^2 (per una larghezza della pista posta pari a 5.00m). La situazione di studio viene riepilogata nella seguente tabella:

Tipologia paratia [-]	Quota testa paratia [m]	Quota fondo scavo [m]	Ordini di contrasti [n°]
Berlinese	0.00	-6.50	2

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_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).

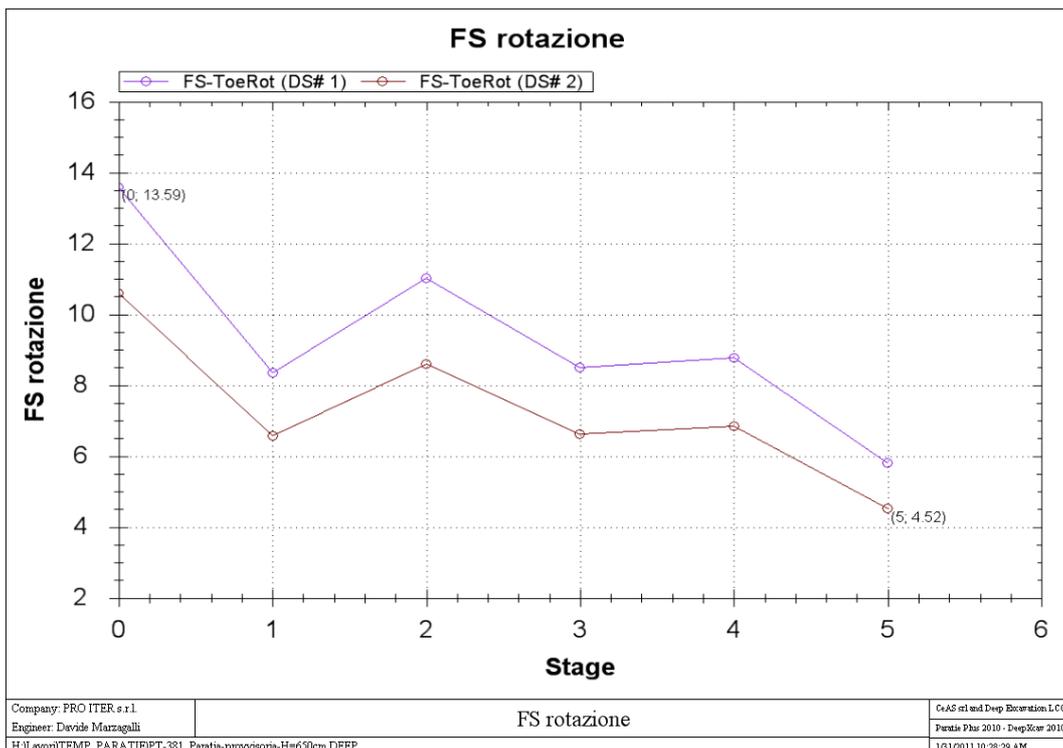
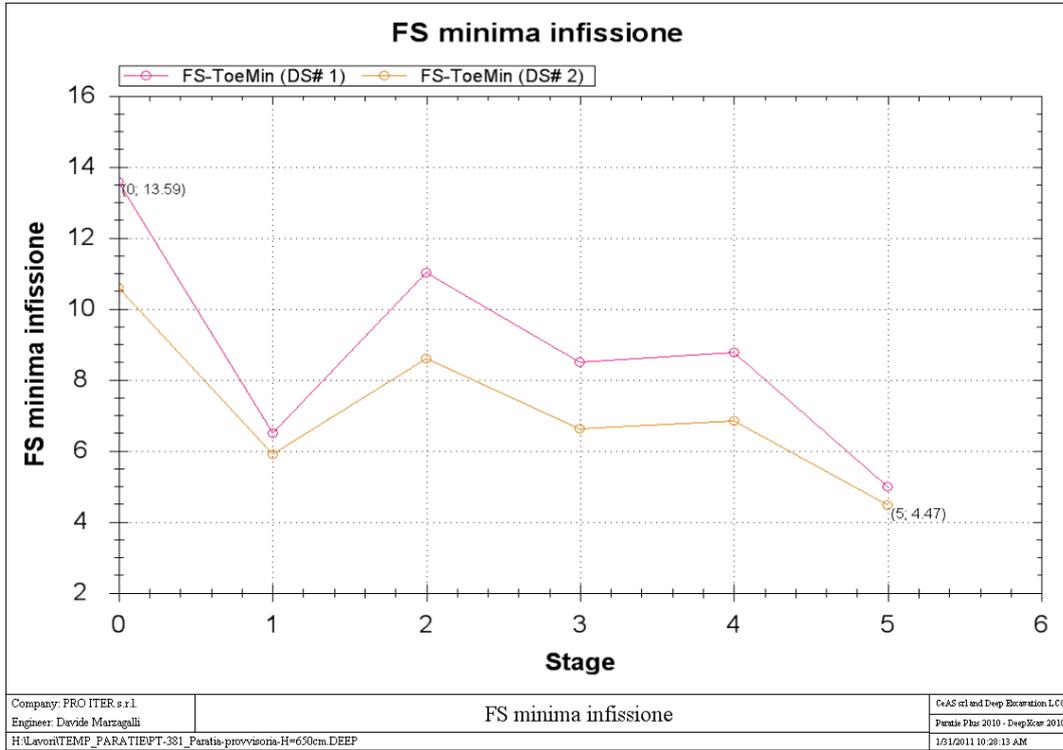
▣ **STEP 4: Messa in opera 2° ordine di contrasti**

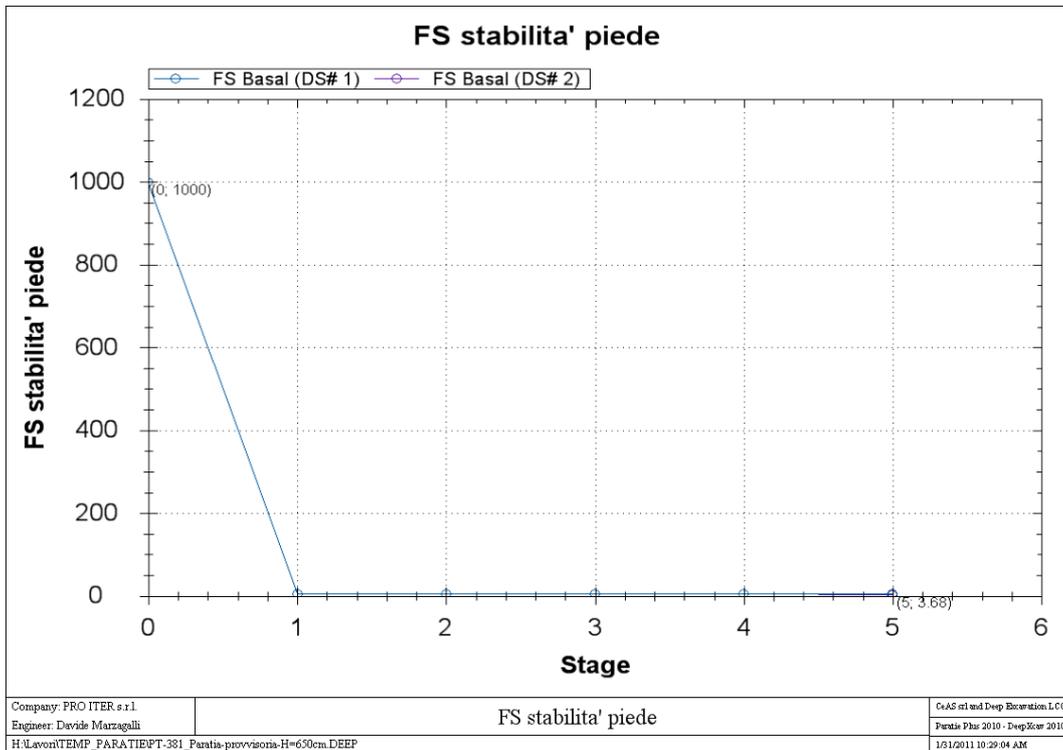
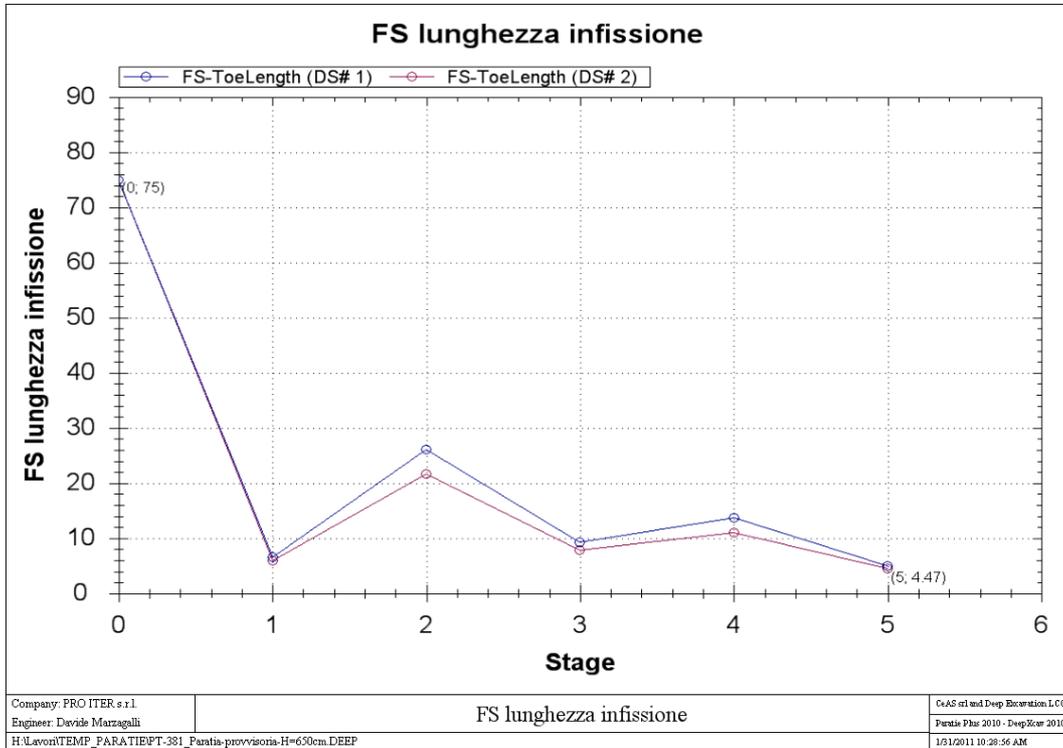
In tale fase viene considerato attivo il 2° ordine di contrasti (vincolo fisso).

▣ **STEP 5: Fondo scavo**

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

12.5.2 VERIFICHE GEOTECNICHE





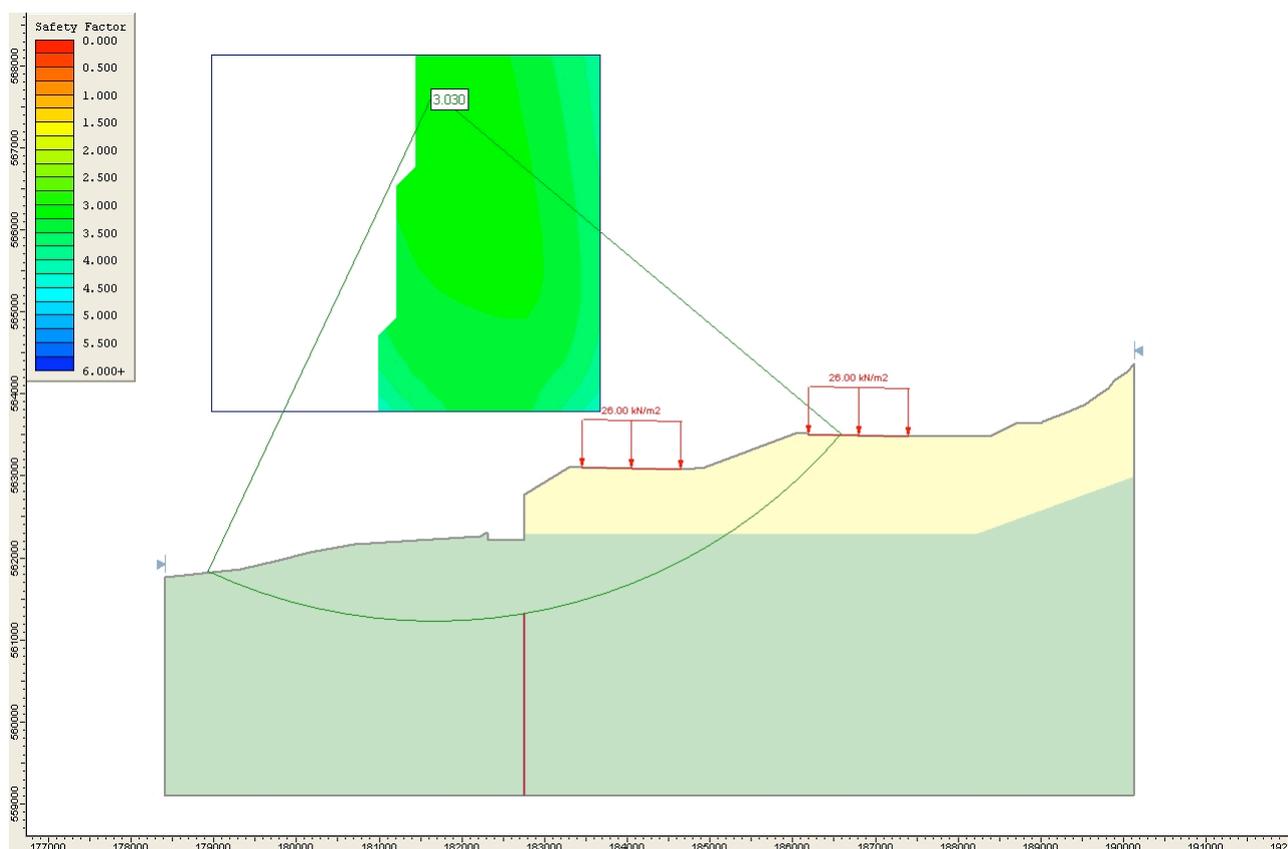
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.5.3 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=3.030

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.

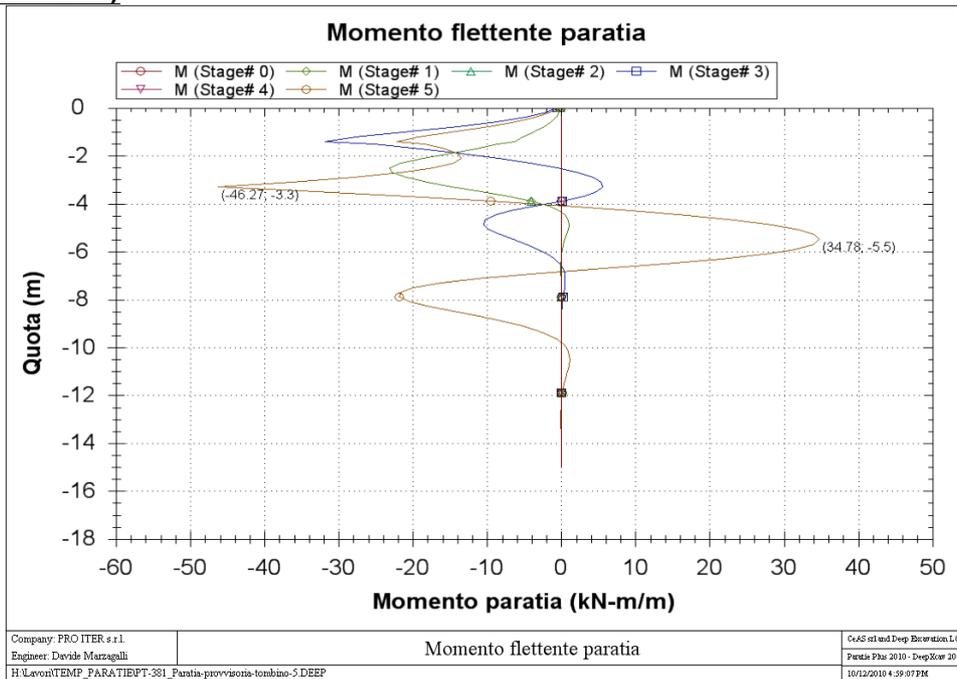
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.5.4 RISULTATI DELLE ANALISI

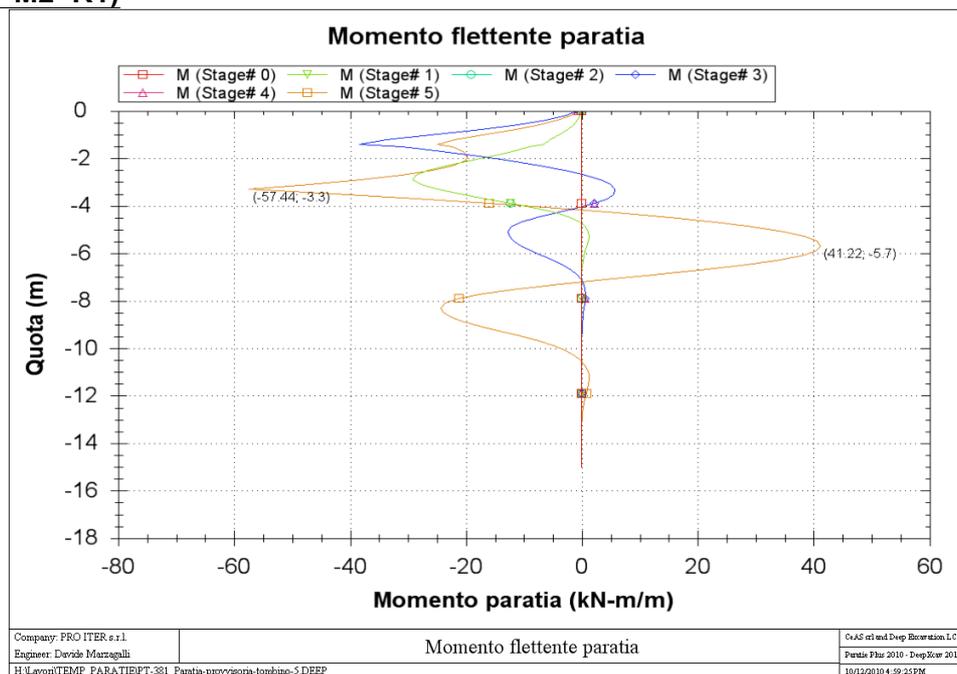
Di seguito vengono presentati i diagrammi dei momenti flettenti, dei tagli e delle azioni assiali nei contrasti per le due combinazioni di carico analizzate a Stato Limite Ultimo e le deformazioni a Stato Limite di Esercizio.

12.5.4.1 DIAGRAMMI DEL MOMENTO FLETTENTE

Comb1 (A1+M1+R1)

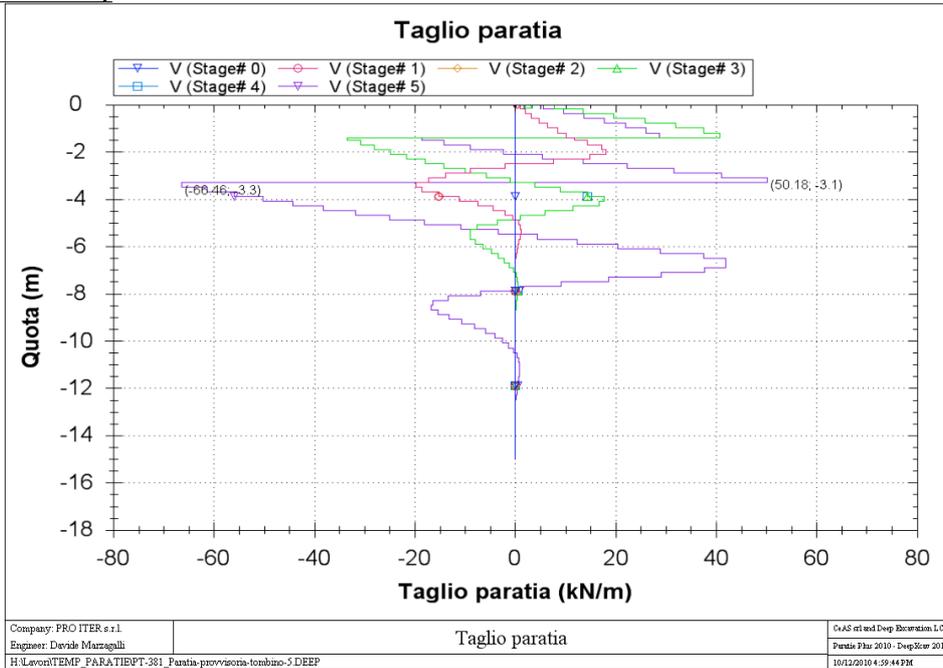


Comb2 (A2+M2+R1)

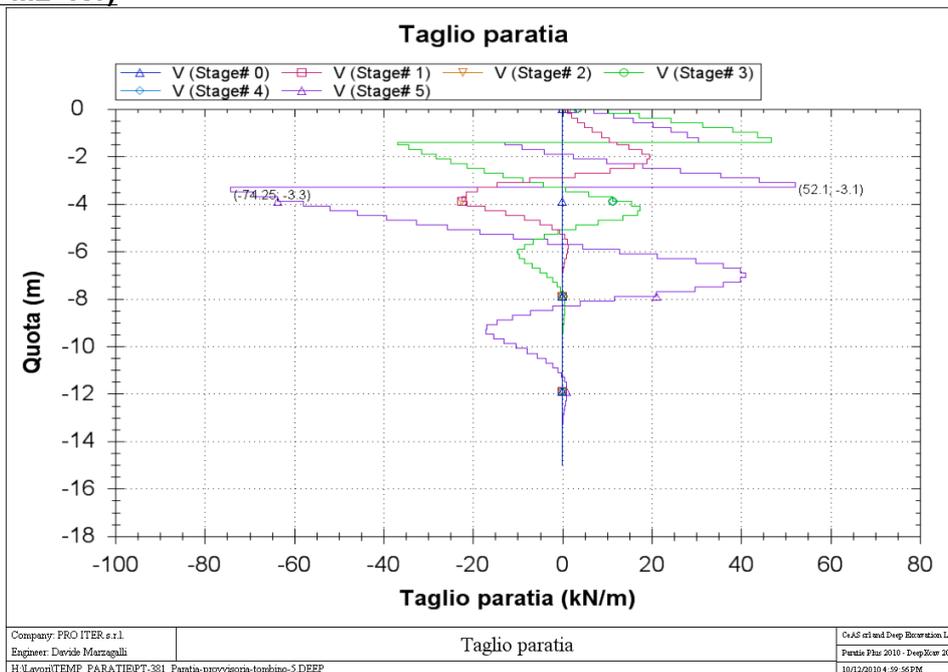


12.5.4.2 DIAGRAMMI DEL TAGLIO

Comb1 (A1+M1+R1)



Comb2 (A2+M2+R1)

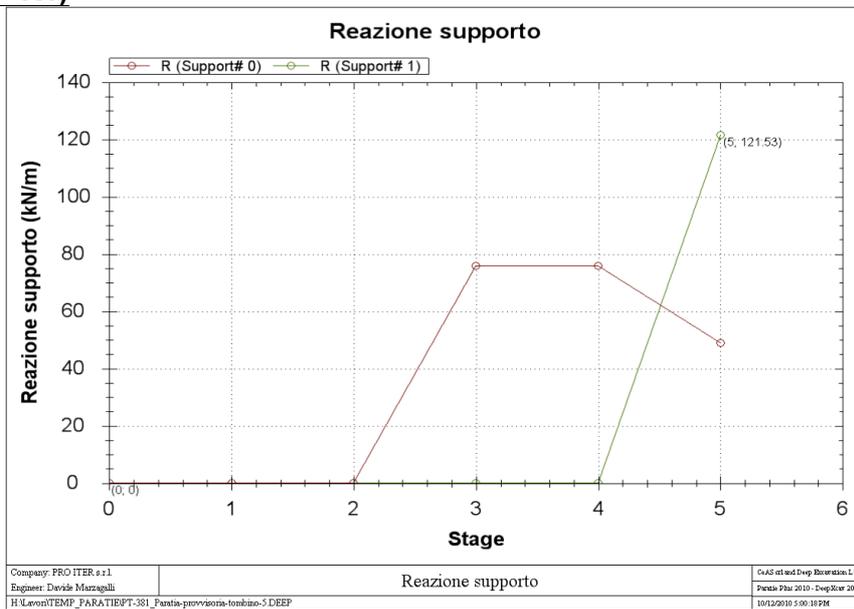


		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		Codice documento CS0537_F0.doc	Rev F0	Data 20/06/2011

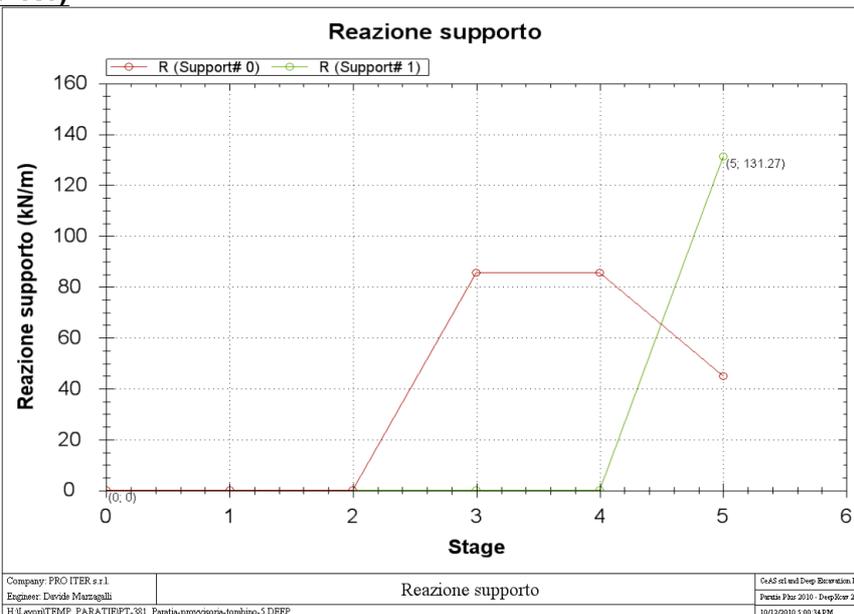
12.5.4.3 STORIA DI CARICO DEI CONTRASTI

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

Comb1 (A1+M1+R1)



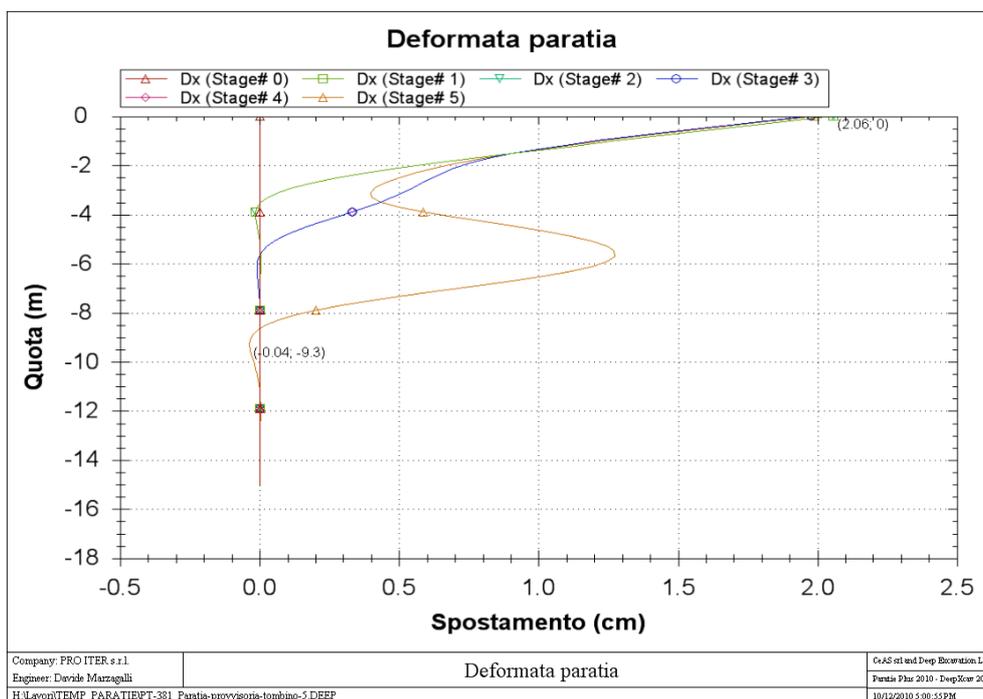
Comb2 (A2+M2+R1)



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	Codice documento CS0537_F0.doc	Rev F0	Data 20/06/2011

12.5.4.4 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.5.5 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]
Comb 1	46.27	66.46	13.88	19.94
Comb 2	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 PM127x8 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 $V_{Ed} < 0.5 M_{Rd}$).

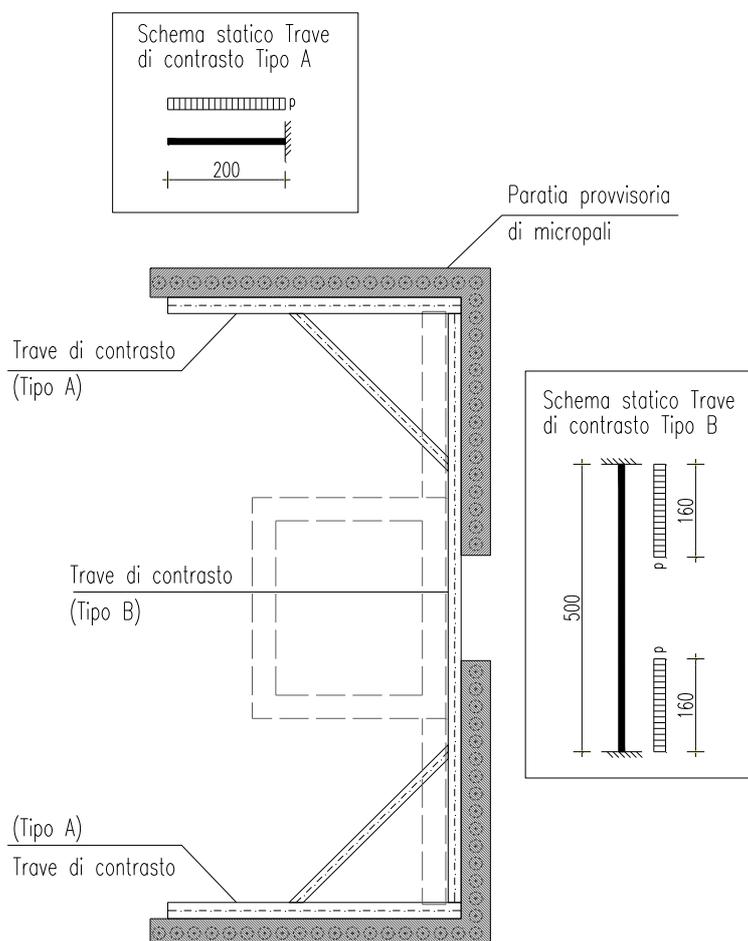
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.5.6 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.



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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:

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

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

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

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:

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

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

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

La verifica risulta soddisfatta.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13 TABULATI INPUT PARATIE

13.1 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

* 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 Ixx, * with Steel Pipe, use pipe Ixx and concrete effective at: 25%

* Ewall= 210000 MPa, Stiffness Ixx= 557.491 cm4

* Iequivalent= Ewall x Ixx x ConvEI / (Estandard x ConvEL x Wall Spacing) =>

* Iequivalent= 210000 MPa x 557.491 cm4 x 1E-08/ (210000 x 1 x 0.3)= 2E-05 (m^4/m)

*Now calculate Equivalent Wall Thickness from Ixx/Length

* Wall thick= (12 x Ixx/L)^(1/3) = (12 x 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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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

* $KaUH = KaHBase \times [Rankine_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

* $KaUH = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

* $KpDH = KpHBase \times [Rankine_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

* $KpDH = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

* $KaDH = KaHBase \times [Rankine_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

* $KaDH = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

* END DATA FOR LEFT WALL

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

*END DATA FOR STAGE 3 NAME: 3_scavo

*START DATA FOR STAGE: 4 Name: 4_Puntello

step 4 : 4_Puntello

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

* LAYER 1 Stage 4

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

*START DATA FOR STAGE: 5 Name: 5_Scavo

step 5 : 5_Scavo

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

* LAYER 1 Stage 5

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

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

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

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

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

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

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

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

*10.1 Generate left wall water elevations for stage 5

geom 0 -6

water -20 0 -2520 0 0

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

* END DATA FOR LEFT WALL

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

*END DATA FOR STAGE 5 NAME: 5_Scavo

*START DATA FOR STAGE: 6 Name: 6_Puntello

step 6 : 6_Puntello

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

* LAYER 1 Stage 6

* $KaUH = KaHBase \times [Rankine_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

* $KaUH = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

* $KpDH = KpHBase \times [Rankine_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

* $KpDH = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

* $KaDH = KaHBase \times [Rankine_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine_Kah(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

* $KaDH = 0.238 \times 0.238 / 0.238 = 0.238$

* $KpUH = KpHBase \times [Rankine_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine_Kph(deg\ FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] =>$

* $KpUH = 4.204 \times 4.204 / 4.204 = 4.204$

*10.1 Generate left wall water elevations for stage 6

geom 0 -6

water -20 0 -2520 0 0

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

ADD SPL_2

*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

* END DATA FOR LEFT WALL

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

*END DATA FOR STAGE 6 NAME: 6_Puntello

*START DATA FOR STAGE: 7 Name: 7_Fondo-scavo

step 7 : 7_Fondo-scavo

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

*10.a: DESCRIBE Kp, Ka Changes for this stage due to Defined Wall Friction, Slope or Strength Code Changes

* LAYER 1 Stage 7

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

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

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

* KaDH= KaHBase x [Rankine_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine_Kah(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

* KaDH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238

* KpUH= KpHBase x [Rankine_Kph(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)] / [Rankine_Kph(deg FR= 38, DFR= 0, Asur= 0)]=>

* KpUH = 4.204 x 4.204 /4.204 = 4.204

*10.1 Generate left wall water elevations for stage 7

geom 0 -7.5

water -20 0 -2520 0 0

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

*13.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES NOT FROM LOADS DIRECTLY LOADING THE WALL

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

*13.2.1B: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED OUTSIDE FROM PARATIE ENGINE, FOR LOADS NOT CONFORMING TO SIMPLIFIED APPROACH

*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

* END DATA FOR LEFT WALL

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

*END DATA FOR STAGE 7 NAME: 7_Fondo-scavo

set country english

*

*

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13.2 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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 $I_{xx} = 557.491$ cm⁴

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

* $I_{equivalent} = 210000$ MPa x 557.491 cm⁴ x 1E-08/ (210000 x 1 x 0.3) = 2E-05 (m⁴/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, $x = -5$, $q_x = 0$, $q_z = 10$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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

```

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_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

*

*

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

14 TABULATI SLIDE

14.1 MURO DI SOSTEGNO - FASE STATICA

14.1.1 INPUT

Document Name

File Name: pk1+805_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/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified
Janbu simplified
Ordinary/Fellenius
Spencer

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

Surface Options

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

Loading

2 Distributed Loads present:
Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 26 kN/m²
Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 26 kN/m²

Material Properties

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Material: Material 1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: None

Material: Material 2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: None

Material: muro
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 1 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

List of All Coordinates

Material Boundary

173579.218 543262.920
173579.218 543244.036
173549.218 543244.036
173549.218 543174.036
174039.218 543174.036
174039.218 543244.036
173639.218 543244.036
173639.218 543283.245
173639.218 543311.320
173639.218 543689.543

Material Boundary

173621.628 543282.295
173639.218 543283.245
177623.427 543498.303

External Boundary

177623.427 544367.903
176859.869 544349.235
176859.869 544359.235
176729.869 544359.235
176489.357 544221.799
175737.836 544221.799
175737.836 544211.799
175624.335 544206.131
175168.759 544184.976
174997.193 544177.693
174962.756 544176.232
174962.756 544186.239
174814.520 544186.652
173810.210 543689.543
173639.218 543689.543
173639.218 543696.036
173579.218 543696.036

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

173579.218 543262.920
173426.949 543259.362
172552.897 543166.045
172464.642 543163.272
171663.080 543065.044
170900.885 542967.921
170900.885 541927.081
177623.427 541927.081
177623.427 543498.303

Focus/Block Search Line
174042.584 541930.009
174042.584 543176.656

Search Grid
171256.035 543459.152
173943.299 543459.152
173943.299 545712.111
171256.035 545712.111

Distributed Load
175626.975 544206.263
175624.335 544206.131
175168.759 544184.976
174997.955 544177.726

Distributed Load
177623.427 544367.903
176872.248 544349.538

14.1.2 OUTPUT

Raw Data for Minimum Circle Results

Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety
171256.035	543459.152	2800.832	-1000.00000
171256.035	543584.316	2816.211	-1000.00000
171256.035	543709.481	2837.034	-1000.00000
171256.035	543834.645	2863.181	-1000.00000
171256.035	543959.810	2894.510	-1000.00000
171256.035	544084.974	2930.853	-1000.00000
171256.035	544210.138	2972.027	-1000.00000
171256.035	544335.303	3017.834	-1000.00000
171256.035	544460.467	3068.066	-1000.00000
171256.035	544585.632	3122.510	-1000.00000
171256.035	544710.796	3180.950	-1000.00000
171256.035	544835.960	3243.170	-1000.00000
171256.035	544961.125	3308.955	-1000.00000
171256.035	545086.289	3378.100	-1000.00000
171256.035	545211.453	3450.400	-1000.00000
171256.035	545336.618	3525.662	-1000.00000
171256.035	545461.782	3603.701	-1000.00000
171256.035	545586.947	3684.340	-1000.00000
171256.035	545712.111	3767.412	-1000.00000
171378.183	543459.152	2679.335	-1000.00000
171378.183	543584.316	2695.407	-1000.00000
171378.183	543709.481	2717.156	-1000.00000
171378.183	543834.645	2744.446	-1000.00000
171378.183	543959.810	2777.114	-1000.00000
171378.183	544084.974	2814.973	-1000.00000
171378.183	544210.138	2857.817	-1000.00000
171378.183	544335.303	2905.425	-1000.00000

171378.183	544460.467	2957.567	-1000.00000
171378.183	544585.632	3014.008	-1000.00000
171378.183	544710.796	3074.511	-1000.00000
171378.183	544835.960	3138.841	-1000.00000
171378.183	544961.125	3206.768	-1000.00000
171378.183	545086.289	3278.068	-1000.00000
171378.183	545211.453	3352.527	-1000.00000
171378.183	545336.618	3429.937	-1000.00000
171378.183	545461.782	3510.105	-1000.00000
171378.183	545586.947	3592.845	-1000.00000
171378.183	545712.111	3677.984	-1000.00000
171500.332	543459.152	2557.900	-1000.00000
171500.332	543584.316	2574.730	-1000.00000
171500.332	543709.481	2597.489	-1000.00000
171500.332	543834.645	2626.023	-1000.00000
171500.332	543959.810	2660.146	-1000.00000
171500.332	544084.974	2699.646	-1000.00000
171500.332	544210.138	2744.291	-1000.00000
171500.332	544335.303	2793.834	-1000.00000
171500.332	544460.467	2848.020	-1000.00000
171500.332	544585.632	2906.589	-1000.00000
171500.332	544710.796	2969.282	-1000.00000
171500.332	544835.960	3035.843	-1000.00000
171500.332	544961.125	3106.023	-1000.00000
171500.332	545086.289	3179.583	-1000.00000
171500.332	545211.453	3256.294	-1000.00000
171500.332	545336.618	3335.938	-1000.00000
171500.332	545461.782	3418.311	-1000.00000
171500.332	545586.947	3503.220	-1000.00000
171500.332	545712.111	3590.485	-1000.00000
171622.480	543459.152	2436.536	-1000.00000
171622.480	543584.316	2454.199	-1000.00000
171622.480	543709.481	2478.065	-1000.00000
171622.480	543834.645	2507.958	-1000.00000
171622.480	543959.810	2543.665	-1000.00000
171622.480	544084.974	2584.946	-1000.00000
171622.480	544210.138	2631.538	-1000.00000
171622.480	544335.303	2683.164	-1000.00000
171622.480	544460.467	2739.539	-1000.00000
171622.480	544585.632	2800.378	-1000.00000
171622.480	544710.796	2865.395	-1000.00000
171622.480	544835.960	2934.314	-1000.00000
171622.480	544961.125	3006.864	-1000.00000
171622.480	545086.289	3082.792	-1000.00000
171622.480	545211.453	3161.852	-1000.00000
171622.480	545336.618	3243.816	-1000.00000
171622.480	545461.782	3328.469	-1000.00000
171622.480	545586.947	3415.612	-1000.00000
171622.480	545712.111	3505.059	-1000.00000
171744.628	543459.152	2315.255	-1000.00000
171744.628	543584.316	2333.835	-1000.00000
171744.628	543709.481	2358.920	-1000.00000
171744.628	543834.645	2390.304	-1000.00000
171744.628	543959.810	2427.742	-1000.00000
171744.628	544084.974	2470.960	-1000.00000
171744.628	544210.138	2519.660	-1000.00000
171744.628	544335.303	2573.531	-1000.00000
171744.628	544460.467	2632.256	-1000.00000
171744.628	544585.632	2695.517	-1000.00000
171744.628	544710.796	2763.003	-1000.00000
171744.628	544835.960	2834.412	-1000.00000
171744.628	544961.125	2909.455	-1000.00000
171744.628	545086.289	2987.859	-1000.00000
171744.628	545211.453	3069.365	-1000.00000
171744.628	545336.618	3153.734	-1000.00000
171744.628	545461.782	3240.741	-1000.00000
171744.628	545586.947	3330.181	-1000.00000

171744.628	545712.111	3421.861	-1000.00000
171866.777	543459.152	2194.070	-1000.00000
171866.777	543584.316	2213.668	-1000.00000
171866.777	543709.481	2240.098	-1000.00000
171866.777	543834.645	2273.123	-1000.00000
171866.777	543959.810	2312.459	-1000.00000
171866.777	544084.974	2357.791	-1000.00000
171866.777	544210.138	2408.781	-1000.00000
171866.777	544335.303	2465.076	-1000.00000
171866.777	544460.467	2526.323	-1000.00000
171866.777	544585.632	2592.171	-1000.00000
171866.777	544710.796	2662.278	-1000.00000
171866.777	544835.960	2736.317	-1000.00000
171866.777	544961.125	2813.977	-1000.00000
171866.777	545086.289	2894.968	-1000.00000
171866.777	545211.453	2979.017	-1000.00000
171866.777	545336.618	3065.873	-1000.00000
171866.777	545461.782	3155.304	-1000.00000
171866.777	545586.947	3247.097	-1000.00000
171866.777	545712.111	3341.058	-1000.00000
171988.925	543459.152	2072.998	-1000.00000
171988.925	543584.316	2093.729	-1000.00000
171988.925	543709.481	2121.655	-1000.00000
171988.925	543834.645	2156.494	-1000.00000
171988.925	543959.810	2197.918	-1000.00000
171988.925	544084.974	2245.564	-1000.00000
171988.925	544210.138	2299.044	-1000.00000
171988.925	544335.303	2357.961	-1000.00000
171988.925	544460.467	2421.918	-1000.00000
171988.925	544585.632	2490.528	-1000.00000
171988.925	544710.796	2563.416	-1000.00000
171988.925	544835.960	2640.229	-1000.00000
171988.925	544961.125	2720.633	-1000.00000
171988.925	545086.289	2804.321	-1000.00000
171988.925	545211.453	2891.006	-1000.00000
171988.925	545336.618	2980.428	-1000.00000
171988.925	545461.782	3072.347	-1000.00000
171988.925	545586.947	3166.547	-1000.00000
171988.925	545712.111	3262.828	-1000.00000
172111.074	543459.152	1952.060	-1000.00000
172111.074	543584.316	1974.062	-1000.00000
172111.074	543709.481	2003.656	-1000.00000
172111.074	543834.645	2040.511	-1000.00000
172111.074	543959.810	2084.242	-1000.00000
172111.074	544084.974	2134.426	-1000.00000
172111.074	544210.138	2190.621	-1000.00000
172111.074	544335.303	2252.376	-1000.00000
172111.074	544460.467	2319.247	-1000.00000
172111.074	544585.632	2390.805	-1000.00000
172111.074	544710.796	2466.641	-1000.00000
172111.074	544835.960	2546.375	-1000.00000
172111.074	544961.125	2629.651	-1000.00000
172111.074	545086.289	2716.143	-1000.00000
172111.074	545211.453	2805.554	-1000.00000
172111.074	545336.618	2897.615	-1000.00000
172111.074	545461.782	2992.079	-1000.00000
172111.074	545586.947	3088.727	-1000.00000
172111.074	545712.111	3187.361	-1000.00000
172233.222	543459.152	1831.283	-1000.00000
172233.222	543584.316	1854.718	-1000.00000
172233.222	543709.481	1886.185	-1000.00000
172233.222	543834.645	1925.290	-1000.00000
172233.222	543959.810	1971.579	-1000.00000
172233.222	544084.974	2024.558	-1000.00000
172233.222	544210.138	2083.717	-1000.00000
172233.222	544335.303	2148.547	-1000.00000
172233.222	544460.467	2218.550	-1000.00000

172233.222	544585.632	2293.252	-1000.00000
172233.222	544710.796	2372.210	-1000.00000
172233.222	544835.960	2455.012	-1000.00000
172233.222	544961.125	2541.283	-1000.00000
172233.222	545086.289	2630.683	-1000.00000
172233.222	545211.453	2722.902	-1000.00000
172233.222	545336.618	2817.664	-1000.00000
172233.222	545461.782	2914.720	-1000.00000
172233.222	545586.947	3013.850	-1000.00000
172233.222	545712.111	3114.856	-1000.00000
172355.370	543459.152	1710.700	-1000.00000
172355.370	543584.316	1735.764	-1000.00000
172355.370	543709.481	1769.348	-1000.00000
172355.370	543834.645	1810.978	-1000.00000
172355.370	543959.810	1860.113	-1000.00000
172355.370	544084.974	1916.177	-1000.00000
172355.370	544210.138	1978.580	-1000.00000
172355.370	544335.303	2046.742	-1000.00000
172355.370	544460.467	2120.109	-1000.00000
172355.370	544585.632	2198.159	-1000.00000
172355.370	544710.796	2280.412	-1000.00000
172355.370	544835.960	2366.428	-1000.00000
172355.370	544961.125	2455.814	-1000.00000
172355.370	545086.289	2548.213	-1000.00000
172355.370	545211.453	2643.311	-1000.00000
172355.370	545336.618	2740.826	2.57953
172355.370	545461.782	2840.510	2.48367
172355.370	545586.947	2942.141	2.40095
172355.370	545712.111	3045.525	2.33161
172477.519	543459.152	1590.357	-1000.00000
172477.519	543584.316	1617.287	-112.00000
172477.519	543709.481	1682.482	5.77024
172477.519	543834.645	1742.736	5.23731
172477.519	543959.810	1756.001	4.77456
172477.519	544084.974	1809.550	4.36623
172477.519	544210.138	1875.504	3.94808
172477.519	544335.303	1947.278	3.65953
172477.519	544460.467	2024.254	3.41336
172477.519	544585.632	2105.859	3.18423
172477.519	544710.796	2191.579	3.00132
172477.519	544835.960	2280.948	2.84159
172477.519	544961.125	2373.554	2.69444
172477.519	545086.289	2469.034	2.57080
172477.519	545211.453	2567.067	2.46041
172477.519	545336.618	2667.371	2.36234
172477.519	545461.782	2769.699	2.28313
172477.519	545586.947	2873.836	2.21690
172477.519	545712.111	2979.591	2.16170
172599.667	543459.152	1470.311	-112.00000
172599.667	543584.316	1499.399	-112.00000
172599.667	543709.481	1588.057	5.34212
172599.667	543834.645	1611.751	4.82526
172599.667	543959.810	1641.749	4.37413
172599.667	544084.974	1705.008	3.98775
172599.667	544210.138	1774.851	3.58814
172599.667	544335.303	1850.533	3.32018
172599.667	544460.467	1931.368	3.07734
172599.667	544585.632	2016.736	2.88538
172599.667	544710.796	2106.086	2.72049
172599.667	544835.960	2198.932	2.57235
172599.667	544961.125	2294.851	2.44840
172599.667	545086.289	2393.472	2.34018
172599.667	545211.453	2494.476	2.24432
172599.667	545336.618	2597.585	2.16781
172599.667	545461.782	2702.557	2.10505
172599.667	545586.947	2809.184	2.05248
172599.667	545712.111	2917.284	2.00912

172721.815	543459.152	1350.642	-112.00000
172721.815	543584.316	1428.646	5.50716
172721.815	543709.481	1424.196	4.87472
172721.815	543834.645	1475.595	4.37629
172721.815	543959.810	1535.500	3.95993
172721.815	544084.974	1602.957	3.51899
172721.815	544210.138	1677.056	3.22459
172721.815	544335.303	1756.956	2.96583
172721.815	544460.467	1841.902	2.76407
172721.815	544585.632	1931.228	2.59417
172721.815	544710.796	2024.356	2.44570
172721.815	544835.960	2120.783	2.32242
172721.815	544961.125	2220.081	2.21622
172721.815	545086.289	2321.881	2.12616
172721.815	545211.453	2425.867	2.05324
172721.815	545336.618	2531.772	1.99459
172721.815	545461.782	2639.362	1.94738
172721.815	545586.947	2748.442	1.90995
172721.815	545712.111	2858.840	1.88146
172843.964	543459.152	1231.461	-112.00000
172843.964	543584.316	1266.048	4.98357
172843.964	543709.481	1311.714	4.38426
172843.964	543834.645	1367.348	3.92395
172843.964	543959.810	1431.790	3.46125
172843.964	544084.974	1503.906	3.13674
172843.964	544210.138	1582.649	2.87623
172843.964	544335.303	1667.080	2.64486
172843.964	544460.467	1756.378	2.47189
172843.964	544585.632	1849.839	2.32081
172843.964	544710.796	1946.863	2.20082
172843.964	544835.960	2046.945	2.09508
172843.964	544961.125	2149.656	2.00988
172843.964	545086.289	2254.638	1.94155
172843.964	545211.453	2361.587	1.88775
172843.964	545336.618	2470.249	1.84801
172843.964	545461.782	2580.406	1.81787
172843.964	545586.947	2691.875	1.79548
172843.964	545712.111	2804.501	1.77948
172966.112	543459.152	1112.923	-112.00000
172966.112	543584.316	1151.078	4.47681
172966.112	543709.481	1201.122	3.89069
172966.112	543834.645	1261.643	3.47179
172966.112	543959.810	1331.211	3.05606
172966.112	544084.974	1408.487	2.76929
172966.112	544210.138	1492.273	2.52547
172966.112	544335.303	1581.536	2.34653
172966.112	544460.467	1675.400	2.19670
172966.112	544585.632	1773.134	2.07976
172966.112	544710.796	1874.134	1.97854
172966.112	544835.960	1977.899	1.89852
172966.112	544961.125	2084.016	1.83472
172966.112	545086.289	2192.143	1.78904
172966.112	545211.453	2301.998	1.75608
172966.112	545336.618	2413.344	1.73276
172966.112	545461.782	2525.984	1.71690
172966.112	545586.947	2639.753	1.70765
172966.112	545712.111	2754.510	1.70344
173088.260	543459.152	995.258	4.61794
173088.260	543584.316	1037.748	3.90686
173088.260	543709.481	1092.994	3.40420
173088.260	543834.645	1159.174	2.97249
173088.260	543959.810	1234.530	2.67673
173088.260	544084.974	1317.489	2.41308
173088.260	544210.138	1406.706	2.22948
173088.260	544335.303	1501.065	2.07824
173088.260	544460.467	1599.658	1.96482
173088.260	544585.632	1701.748	1.87139

173088.260	544710.796	1806.743	1.79591
173088.260	544835.960	1914.165	1.73811
173088.260	544961.125	2023.626	1.69860
173088.260	545086.289	2134.815	1.67304
173088.260	545211.453	2247.473	1.65746
173088.260	545336.618	2361.392	1.64919
173088.260	545461.782	2476.396	1.64696
173088.260	545586.947	2592.342	1.64939
173088.260	545712.111	2709.108	1.65625
173210.409	543459.152	878.817	3.98565
173210.409	543584.316	926.662	3.37232
173210.409	543709.481	988.139	2.93908
173210.409	543834.645	1060.880	2.57050
173210.409	543959.810	1142.736	2.30866
173210.409	544084.974	1231.892	2.11856
173210.409	544210.138	1326.877	1.96623
173210.409	544335.303	1426.527	1.85376
173210.409	544460.467	1529.931	1.77121
173210.409	544585.632	1636.377	1.70594
173210.409	544710.796	1745.309	1.65649
173210.409	544835.960	1856.289	1.62411
173210.409	544961.125	1968.971	1.60491
173210.409	545086.289	2083.078	1.59695
173210.409	545211.453	2198.390	1.59517
173210.409	545336.618	2314.725	1.60015
173210.409	545461.782	2431.937	1.61033
173210.409	545586.947	2549.906	1.62293
173210.409	545712.111	2668.530	1.63817
173332.557	543459.152	764.161	3.42300
173332.557	543584.316	818.734	2.89061
173332.557	543709.481	887.717	2.53370
173332.557	543834.645	968.033	2.23423
173332.557	543959.810	1057.104	2.03129
173332.557	544084.974	1152.901	1.87906
173332.557	544210.138	1253.884	1.77095
173332.557	544335.303	1358.897	1.69689
173332.557	544460.467	1467.075	1.63735
173332.557	544585.632	1577.768	1.59522
173332.557	544710.796	1690.481	1.56934
173332.557	544835.960	1804.835	1.55871
173332.557	544961.125	1920.538	1.55817
173332.557	545086.289	2037.361	1.56383
173332.557	545211.453	2155.120	1.57552
173332.557	545336.618	2273.670	1.59113
173332.557	545461.782	2392.894	1.60957
173332.557	545586.947	2512.696	1.62981
173332.557	545712.111	2632.997	1.65222
173454.706	543459.152	652.231	2.96065
173454.706	543584.316	715.394	2.51384
173454.706	543709.481	793.413	2.19017
173454.706	543834.645	882.356	1.97950
173454.706	543959.810	979.250	1.83547
173454.706	544084.974	1081.963	1.73208
173454.706	544210.138	1188.986	1.65947
173454.706	544335.303	1299.255	1.60655
173454.706	544460.467	1412.010	1.56788
173454.706	544585.632	1526.700	1.54685
173454.706	544710.796	1642.920	1.54020
173454.706	544835.960	1760.367	1.54587
173454.706	544961.125	1878.811	1.55840
173454.706	545086.289	1998.074	1.57649
173454.706	545211.453	2118.019	1.59724
173454.706	545336.618	2238.535	1.61936
173454.706	545461.782	2359.535	1.64448
173454.706	545586.947	2480.948	1.67098
173454.706	545712.111	2602.717	1.69840
173576.854	543459.152	544.710	2.66990

173576.854	543584.316	618.944	2.29666
173576.854	543709.481	707.677	2.02022
173576.854	543834.645	806.136	1.86085
173576.854	543959.810	911.172	1.76094
173576.854	544084.974	1020.758	1.68703
173576.854	544210.138	1133.575	1.62837
173576.854	544335.303	1248.746	1.58828
173576.854	544460.467	1365.678	1.56583
173576.854	544585.632	1483.953	1.56110
173576.854	544710.796	1603.275	1.56938
173576.854	544835.960	1723.426	1.58453
173576.854	544961.125	1844.244	1.60555
173576.854	545086.289	1965.605	1.62994
173576.854	545211.453	2087.416	1.65663
173576.854	545336.618	2209.602	1.68486
173576.854	545461.782	2332.104	1.71425
173576.854	545586.947	2454.874	1.74425
173576.854	545712.111	2577.875	1.77499
173699.002	543459.152	444.806	2.77064
173699.002	543584.316	533.138	2.33950
173699.002	543709.481	633.996	2.08306
173699.002	543834.645	742.293	1.92395
173699.002	543959.810	855.207	1.81768
173699.002	544084.974	971.129	1.74288
173699.002	544210.138	1089.098	1.68664
173699.002	544335.303	1208.516	1.64881
173699.002	544460.467	1328.992	1.63288
173699.002	544585.632	1450.263	1.63802
173699.002	544710.796	1572.143	1.65211
173699.002	544835.960	1694.503	1.67252
173699.002	544961.125	1817.245	1.69697
173699.002	545086.289	1940.296	1.72525
173699.002	545211.453	2063.601	1.75446
173699.002	545336.618	2187.118	1.78483
173699.002	545461.782	2310.812	1.81597
173699.002	545586.947	2434.656	1.84771
173699.002	545712.111	2558.629	1.87847
173821.151	543459.152	602.765	3.50835
173821.151	543584.316	584.433	2.94713
173821.151	543709.481	577.006	2.53864
173821.151	543834.645	694.250	2.23328
173821.151	543959.810	813.857	2.04941
173821.151	544084.974	934.920	1.92826
173821.151	544210.138	1056.939	1.84721
173821.151	544335.303	1179.617	1.79576
173821.151	544460.467	1302.768	1.78177
173821.151	544585.632	1426.270	1.78371
173821.151	544710.796	1550.038	1.79684
173821.151	544835.960	1674.015	1.81639
173821.151	544961.125	1798.155	1.83984
173821.151	545086.289	1922.429	1.86653
173821.151	545211.453	2046.811	1.89512
173821.151	545336.618	2171.283	1.92510
173821.151	545461.782	2295.830	1.95562
173821.151	545586.947	2420.441	1.98567
173821.151	545712.111	2545.106	2.01643
173943.299	543459.152	744.143	4.01479
173943.299	543584.316	790.889	3.44378
173943.299	543709.481	790.045	2.98058
173943.299	543834.645	789.616	2.64607
173943.299	543959.810	913.703	2.38572
173943.299	544084.974	1038.081	2.23433
173943.299	544210.138	1038.241	2.14937
173943.299	544335.303	1162.893	2.07380
173943.299	544460.467	1287.645	2.04058
173943.299	544585.632	1412.470	2.04476
173943.299	544710.796	1537.350	2.04460

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

173943.299	544835.960	1662.272	2.05486
173943.299	544961.125	1787.229	2.07051
173943.299	545086.289	1912.213	2.09034
173943.299	545211.453	2037.219	2.11317
173943.299	545336.618	2162.243	2.13662
173943.299	545461.782	2287.282	2.16174
173943.299	545586.947	2412.335	2.18857
173943.299	545712.111	2537.399	2.21660

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

14.2 MURO DI SOSTEGNO - FASE SISMICA

14.2.1 INPUT

Document Name

File Name: pk1+805_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/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

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

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

Surface Options

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

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.126
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.063
2 Distributed Loads present:
Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 10 kN/m²
Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 10 kN/m²

Material Properties

Material: Material 1
Strength Type: Mohr-Coulomb

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: None

Material: Material 2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: None

Material: muro
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 1 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

List of All Coordinates

Material Boundary

173579.218 543262.920
173579.218 543244.036
173549.218 543244.036
173549.218 543174.036
174039.218 543174.036
174039.218 543244.036
173639.218 543244.036
173639.218 543283.245
173639.218 543311.320
173639.218 543689.543

Material Boundary

173621.628 543282.295
173639.218 543283.245
177623.427 543498.303

External Boundary

177623.427 544367.903
176859.869 544349.235
176859.869 544359.235
176729.869 544359.235
176489.357 544221.799
175737.836 544221.799
175737.836 544211.799
175624.335 544206.131
175168.759 544184.976
174997.193 544177.693
174962.756 544176.232
174962.756 544186.239
174814.520 544186.652
173810.210 543689.543
173639.218 543689.543
173639.218 543696.036
173579.218 543696.036
173579.218 543262.920
173426.949 543259.362

172552.897 543166.045
172464.642 543163.272
171663.080 543065.044
170900.885 542967.921
170900.885 541927.081
177623.427 541927.081
177623.427 543498.303

Focus/Block Search Line

174042.584 541930.009
174042.584 543176.656

Search Grid

171256.035 543459.152
173943.299 543459.152
173943.299 545712.111
171256.035 545712.111

Distributed Load

175626.975 544206.263
175624.335 544206.131
175168.759 544184.976
174997.955 544177.726

Distributed Load

177623.427 544367.903
176872.248 544349.538

14.2.2 OUTPUT

Raw Data for Minimum Circle Results

Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety
171256.035	543459.152	2800.832	-1000.00000
171256.035	543584.316	2816.211	-1000.00000
171256.035	543709.481	2837.034	-1000.00000
171256.035	543834.645	2863.181	-1000.00000
171256.035	543959.810	2894.510	-1000.00000
171256.035	544084.974	2930.853	-1000.00000
171256.035	544210.138	2972.027	-1000.00000
171256.035	544335.303	3017.834	-1000.00000
171256.035	544460.467	3068.066	-1000.00000
171256.035	544585.632	3122.510	-1000.00000
171256.035	544710.796	3180.950	-1000.00000
171256.035	544835.960	3243.170	-1000.00000
171256.035	544961.125	3308.955	-1000.00000
171256.035	545086.289	3378.100	-1000.00000
171256.035	545211.453	3450.400	-1000.00000
171256.035	545336.618	3525.662	-1000.00000
171256.035	545461.782	3603.701	-1000.00000
171256.035	545586.947	3684.340	-1000.00000
171256.035	545712.111	3767.412	-1000.00000
171378.183	543459.152	2679.335	-1000.00000
171378.183	543584.316	2695.407	-1000.00000
171378.183	543709.481	2717.156	-1000.00000
171378.183	543834.645	2744.446	-1000.00000
171378.183	543959.810	2777.114	-1000.00000
171378.183	544084.974	2814.973	-1000.00000
171378.183	544210.138	2857.817	-1000.00000
171378.183	544335.303	2905.425	-1000.00000
171378.183	544460.467	2957.567	-1000.00000
171378.183	544585.632	3014.008	-1000.00000

171378.183	544710.796	3074.511	-1000.00000
171378.183	544835.960	3138.841	-1000.00000
171378.183	544961.125	3206.768	-1000.00000
171378.183	545086.289	3278.068	-1000.00000
171378.183	545211.453	3352.527	-1000.00000
171378.183	545336.618	3429.937	-1000.00000
171378.183	545461.782	3510.105	-1000.00000
171378.183	545586.947	3592.845	-1000.00000
171378.183	545712.111	3677.984	-1000.00000
171500.332	543459.152	2557.900	-1000.00000
171500.332	543584.316	2574.730	-1000.00000
171500.332	543709.481	2597.489	-1000.00000
171500.332	543834.645	2626.023	-1000.00000
171500.332	543959.810	2660.146	-1000.00000
171500.332	544084.974	2699.646	-1000.00000
171500.332	544210.138	2744.291	-1000.00000
171500.332	544335.303	2793.834	-1000.00000
171500.332	544460.467	2848.020	-1000.00000
171500.332	544585.632	2906.589	-1000.00000
171500.332	544710.796	2969.282	-1000.00000
171500.332	544835.960	3035.843	-1000.00000
171500.332	544961.125	3106.023	-1000.00000
171500.332	545086.289	3179.583	-1000.00000
171500.332	545211.453	3256.294	-1000.00000
171500.332	545336.618	3335.938	-1000.00000
171500.332	545461.782	3418.311	-1000.00000
171500.332	545586.947	3503.220	-1000.00000
171500.332	545712.111	3590.485	-1000.00000
171622.480	543459.152	2436.536	-1000.00000
171622.480	543584.316	2454.199	-1000.00000
171622.480	543709.481	2478.065	-1000.00000
171622.480	543834.645	2507.958	-1000.00000
171622.480	543959.810	2543.665	-1000.00000
171622.480	544084.974	2584.946	-1000.00000
171622.480	544210.138	2631.538	-1000.00000
171622.480	544335.303	2683.164	-1000.00000
171622.480	544460.467	2739.539	-1000.00000
171622.480	544585.632	2800.378	-1000.00000
171622.480	544710.796	2865.395	-1000.00000
171622.480	544835.960	2934.314	-1000.00000
171622.480	544961.125	3006.864	-1000.00000
171622.480	545086.289	3082.792	-1000.00000
171622.480	545211.453	3161.852	-1000.00000
171622.480	545336.618	3243.816	-1000.00000
171622.480	545461.782	3328.469	-1000.00000
171622.480	545586.947	3415.612	-1000.00000
171622.480	545712.111	3505.059	-1000.00000
171744.628	543459.152	2315.255	-1000.00000
171744.628	543584.316	2333.835	-1000.00000
171744.628	543709.481	2358.920	-1000.00000
171744.628	543834.645	2390.304	-1000.00000
171744.628	543959.810	2427.742	-1000.00000
171744.628	544084.974	2470.960	-1000.00000
171744.628	544210.138	2519.660	-1000.00000
171744.628	544335.303	2573.531	-1000.00000
171744.628	544460.467	2632.256	-1000.00000
171744.628	544585.632	2695.517	-1000.00000
171744.628	544710.796	2763.003	-1000.00000
171744.628	544835.960	2834.412	-1000.00000
171744.628	544961.125	2909.455	-1000.00000
171744.628	545086.289	2987.859	-1000.00000
171744.628	545211.453	3069.365	-1000.00000
171744.628	545336.618	3153.734	-1000.00000
171744.628	545461.782	3240.741	-1000.00000
171744.628	545586.947	3330.181	-1000.00000
171744.628	545712.111	3421.861	-1000.00000
171866.777	543459.152	2194.070	-1000.00000

171866.777	543584.316	2213.668	-1000.00000
171866.777	543709.481	2240.098	-1000.00000
171866.777	543834.645	2273.123	-1000.00000
171866.777	543959.810	2312.459	-1000.00000
171866.777	544084.974	2357.791	-1000.00000
171866.777	544210.138	2408.781	-1000.00000
171866.777	544335.303	2465.076	-1000.00000
171866.777	544460.467	2526.323	-1000.00000
171866.777	544585.632	2592.171	-1000.00000
171866.777	544710.796	2662.278	-1000.00000
171866.777	544835.960	2736.317	-1000.00000
171866.777	544961.125	2813.977	-1000.00000
171866.777	545086.289	2894.968	-1000.00000
171866.777	545211.453	2979.017	-1000.00000
171866.777	545336.618	3065.873	-1000.00000
171866.777	545461.782	3155.304	-1000.00000
171866.777	545586.947	3247.097	-1000.00000
171866.777	545712.111	3341.058	-1000.00000
171988.925	543459.152	2072.998	-1000.00000
171988.925	543584.316	2093.729	-1000.00000
171988.925	543709.481	2121.655	-1000.00000
171988.925	543834.645	2156.494	-1000.00000
171988.925	543959.810	2197.918	-1000.00000
171988.925	544084.974	2245.564	-1000.00000
171988.925	544210.138	2299.044	-1000.00000
171988.925	544335.303	2357.961	-1000.00000
171988.925	544460.467	2421.918	-1000.00000
171988.925	544585.632	2490.528	-1000.00000
171988.925	544710.796	2563.416	-1000.00000
171988.925	544835.960	2640.229	-1000.00000
171988.925	544961.125	2720.633	-1000.00000
171988.925	545086.289	2804.321	-1000.00000
171988.925	545211.453	2891.006	-1000.00000
171988.925	545336.618	2980.428	-1000.00000
171988.925	545461.782	3072.347	-1000.00000
171988.925	545586.947	3166.547	-1000.00000
171988.925	545712.111	3262.828	-1000.00000
172111.074	543459.152	1952.060	-1000.00000
172111.074	543584.316	1974.062	-1000.00000
172111.074	543709.481	2003.656	-1000.00000
172111.074	543834.645	2040.511	-1000.00000
172111.074	543959.810	2084.242	-1000.00000
172111.074	544084.974	2134.426	-1000.00000
172111.074	544210.138	2190.621	-1000.00000
172111.074	544335.303	2252.376	-1000.00000
172111.074	544460.467	2319.247	-1000.00000
172111.074	544585.632	2390.805	-1000.00000
172111.074	544710.796	2466.641	-1000.00000
172111.074	544835.960	2546.375	-1000.00000
172111.074	544961.125	2629.651	-1000.00000
172111.074	545086.289	2716.143	-1000.00000
172111.074	545211.453	2805.554	-1000.00000
172111.074	545336.618	2897.615	-1000.00000
172111.074	545461.782	2992.079	-1000.00000
172111.074	545586.947	3088.727	-1000.00000
172111.074	545712.111	3187.361	-1000.00000
172233.222	543459.152	1831.283	-1000.00000
172233.222	543584.316	1854.718	-1000.00000
172233.222	543709.481	1886.185	-1000.00000
172233.222	543834.645	1925.290	-1000.00000
172233.222	543959.810	1971.579	-1000.00000
172233.222	544084.974	2024.558	-1000.00000
172233.222	544210.138	2083.717	-1000.00000
172233.222	544335.303	2148.547	-1000.00000
172233.222	544460.467	2218.550	-1000.00000
172233.222	544585.632	2293.252	-1000.00000
172233.222	544710.796	2372.210	-1000.00000

172233.222	544835.960	2455.012	-1000.00000
172233.222	544961.125	2541.283	-1000.00000
172233.222	545086.289	2630.683	-1000.00000
172233.222	545211.453	2722.902	-1000.00000
172233.222	545336.618	2817.664	-1000.00000
172233.222	545461.782	2914.720	-1000.00000
172233.222	545586.947	3013.850	-1000.00000
172233.222	545712.111	3114.856	-1000.00000
172355.370	543459.152	1710.700	-1000.00000
172355.370	543584.316	1735.764	-1000.00000
172355.370	543709.481	1769.348	-1000.00000
172355.370	543834.645	1810.978	-1000.00000
172355.370	543959.810	1860.113	-1000.00000
172355.370	544084.974	1916.177	-1000.00000
172355.370	544210.138	1978.580	-1000.00000
172355.370	544335.303	2046.742	-1000.00000
172355.370	544460.467	2120.109	-1000.00000
172355.370	544585.632	2198.159	-1000.00000
172355.370	544710.796	2280.412	-1000.00000
172355.370	544835.960	2366.428	-1000.00000
172355.370	544961.125	2455.814	-1000.00000
172355.370	545086.289	2548.213	-1000.00000
172355.370	545211.453	2643.311	-1000.00000
172355.370	545336.618	2740.826	1.76144
172355.370	545461.782	2840.510	1.70532
172355.370	545586.947	2942.141	1.65634
172355.370	545712.111	3045.525	1.61437
172477.519	543459.152	1590.357	-1000.00000
172477.519	543584.316	1629.222	3.99298
172477.519	543709.481	1653.279	3.60746
172477.519	543834.645	1697.758	3.29228
172477.519	543959.810	1756.001	3.02735
172477.519	544084.974	1809.550	2.79416
172477.519	544210.138	1875.504	2.56858
172477.519	544335.303	1947.278	2.40284
172477.519	544460.467	2024.254	2.26081
172477.519	544585.632	2105.859	2.13088
172477.519	544710.796	2191.579	2.02428
172477.519	544835.960	2280.948	1.93077
172477.519	544961.125	2373.554	1.84505
172477.519	545086.289	2469.034	1.77188
172477.519	545211.453	2567.067	1.70620
172477.519	545336.618	2667.371	1.64742
172477.519	545461.782	2769.699	1.59875
172477.519	545586.947	2873.836	1.55730
172477.519	545712.111	2979.591	1.52212
172599.667	543459.152	1470.311	-112.00000
172599.667	543584.316	1499.399	3.81024
172599.667	543709.481	1538.152	3.42164
172599.667	543834.645	1611.751	3.12066
172599.667	543959.810	1641.749	2.84476
172599.667	544084.974	1705.008	2.61900
172599.667	544210.138	1774.851	2.39675
172599.667	544335.303	1850.533	2.23763
172599.667	544460.467	1931.368	2.09555
172599.667	544585.632	2016.736	1.98013
172599.667	544710.796	2106.086	1.88044
172599.667	544835.960	2198.932	1.79120
172599.667	544961.125	2294.851	1.71535
172599.667	545086.289	2393.472	1.64872
172599.667	545211.453	2494.476	1.58941
172599.667	545336.618	2597.585	1.54079
172599.667	545461.782	2702.557	1.50010
172599.667	545586.947	2809.184	1.46548
172599.667	545712.111	2917.284	1.43633
172721.815	543459.152	1350.642	4.09995
172721.815	543584.316	1382.251	3.60660

ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0537_F0.doc

Rev
F0

Data
20/06/2011

172721.815	543709.481	1424.196	3.21526
172721.815	543834.645	1475.595	2.90565
172721.815	543959.810	1535.500	2.64946
172721.815	544084.974	1602.957	2.39545
172721.815	544210.138	1677.056	2.21495
172721.815	544335.303	1756.956	2.05822
172721.815	544460.467	1841.902	1.93263
172721.815	544585.632	1931.228	1.82620
172721.815	544710.796	2024.356	1.73339
172721.815	544835.960	2120.783	1.65513
172721.815	544961.125	2220.081	1.58757
172721.815	545086.289	2321.881	1.52946
172721.815	545211.453	2425.867	1.48142
172721.815	545336.618	2531.772	1.44193
172721.815	545461.782	2639.362	1.40944
172721.815	545586.947	2748.442	1.38296
172721.815	545712.111	2858.840	1.36207
172843.964	543459.152	1231.461	3.87404
172843.964	543584.316	1266.048	3.37345
172843.964	543709.481	1311.714	2.98715
172843.964	543834.645	1367.348	2.68800
172843.964	543959.810	1431.790	2.40514
172843.964	544084.974	1503.906	2.19914
172843.964	544210.138	1582.649	2.03224
172843.964	544335.303	1667.080	1.88588
172843.964	544460.467	1756.378	1.77312
172843.964	544585.632	1849.839	1.67505
172843.964	544710.796	1946.863	1.59571
172843.964	544835.960	2046.945	1.52586
172843.964	544961.125	2149.656	1.46873
172843.964	545086.289	2254.638	1.42189
172843.964	545211.453	2361.587	1.38419
172843.964	545336.618	2470.249	1.35517
172843.964	545461.782	2580.406	1.33235
172843.964	545586.947	2691.875	1.31458
172843.964	545712.111	2804.501	1.30100
172966.112	543459.152	1112.923	3.62405
172966.112	543584.316	1151.078	3.13753
172966.112	543709.481	1201.122	2.74374
172966.112	543834.645	1261.643	2.45754
172966.112	543959.810	1331.211	2.19046
172966.112	544084.974	1408.487	1.99974
172966.112	544210.138	1492.273	1.83889
172966.112	544335.303	1581.536	1.71725
172966.112	544460.467	1675.400	1.61565
172966.112	544585.632	1773.134	1.53486
172966.112	544710.796	1874.134	1.46507
172966.112	544835.960	1977.899	1.40901
172966.112	544961.125	2084.016	1.36358
172966.112	545086.289	2192.143	1.32966
172966.112	545211.453	2301.998	1.30393
172966.112	545336.618	2413.344	1.28467
172966.112	545461.782	2525.984	1.27051
172966.112	545586.947	2639.753	1.26073
172966.112	545712.111	2754.510	1.25436
173088.260	543459.152	995.258	3.35858
173088.260	543584.316	1037.748	2.84933
173088.260	543709.481	1092.994	2.48820
173088.260	543834.645	1159.174	2.18873
173088.260	543959.810	1234.530	1.97828
173088.260	544084.974	1317.489	1.79655
173088.260	544210.138	1406.706	1.66570
173088.260	544335.303	1501.065	1.55837
173088.260	544460.467	1599.658	1.47613
173088.260	544585.632	1701.748	1.40845
173088.260	544710.796	1806.743	1.35327
173088.260	544835.960	1914.165	1.30995

173088.260	544961.125	2023.626	1.27879
173088.260	545086.289	2134.815	1.25696
173088.260	545211.453	2247.473	1.24213
173088.260	545336.618	2361.392	1.23226
173088.260	545461.782	2476.396	1.22658
173088.260	545586.947	2592.342	1.22416
173088.260	545712.111	2709.108	1.22482
173210.409	543459.152	878.817	3.03537
173210.409	543584.316	926.662	2.56077
173210.409	543709.481	988.139	2.22722
173210.409	543834.645	1060.880	1.95568
173210.409	543959.810	1142.736	1.76061
173210.409	544084.974	1231.892	1.61785
173210.409	544210.138	1326.877	1.50412
173210.409	544335.303	1426.527	1.41877
173210.409	544460.467	1529.931	1.35482
173210.409	544585.632	1636.377	1.30418
173210.409	544710.796	1745.309	1.26484
173210.409	544835.960	1856.289	1.23728
173210.409	544961.125	1968.971	1.21891
173210.409	545086.289	2083.078	1.20836
173210.409	545211.453	2198.390	1.20224
173210.409	545336.618	2314.725	1.20089
173210.409	545461.782	2431.937	1.20329
173210.409	545586.947	2549.906	1.20735
173210.409	545712.111	2668.530	1.21326
173332.557	543459.152	764.161	2.72852
173332.557	543584.316	818.734	2.28241
173332.557	543709.481	887.717	1.98605
173332.557	543834.645	968.033	1.74925
173332.557	543959.810	1057.104	1.58706
173332.557	544084.974	1152.901	1.46626
173332.557	544210.138	1253.884	1.37921
173332.557	544335.303	1358.897	1.31783
173332.557	544460.467	1467.075	1.26864
173332.557	544585.632	1577.768	1.23268
173332.557	544710.796	1690.481	1.20857
173332.557	544835.960	1804.835	1.19503
173332.557	544961.125	1920.538	1.18879
173332.557	545086.289	2037.361	1.18715
173332.557	545211.453	2155.120	1.18979
173332.557	545336.618	2273.670	1.19526
173332.557	545461.782	2392.894	1.20276
173332.557	545586.947	2512.696	1.21160
173332.557	545712.111	2632.997	1.22192
173454.706	543459.152	652.231	2.46949
173454.706	543584.316	715.394	2.05782
173454.706	543709.481	793.413	1.77289
173454.706	543834.645	882.356	1.58813
173454.706	543959.810	979.250	1.46180
173454.706	544084.974	1081.963	1.37155
173454.706	544210.138	1188.986	1.30712
173454.706	544335.303	1299.255	1.25986
173454.706	544460.467	1412.010	1.22455
173454.706	544585.632	1526.700	1.20231
173454.706	544710.796	1642.920	1.19050
173454.706	544835.960	1760.367	1.18760
173454.706	544961.125	1878.811	1.18979
173454.706	545086.289	1998.074	1.19609
173454.706	545211.453	2118.019	1.20435
173454.706	545336.618	2238.535	1.21370
173454.706	545461.782	2359.535	1.22515
173454.706	545586.947	2480.948	1.23758
173454.706	545712.111	2602.717	1.25065
173576.854	543459.152	544.710	2.32968
173576.854	543584.316	618.944	1.93872
173576.854	543709.481	707.677	1.67226

173576.854	543834.645	806.136	1.51679
173576.854	543959.810	911.172	1.41755
173576.854	544084.974	1020.758	1.34580
173576.854	544210.138	1133.575	1.29059
173576.854	544335.303	1248.746	1.25160
173576.854	544460.467	1365.678	1.22660
173576.854	544585.632	1483.953	1.21464
173576.854	544710.796	1603.275	1.21216
173576.854	544835.960	1723.426	1.21496
173576.854	544961.125	1844.244	1.22211
173576.854	545086.289	1965.605	1.23182
173576.854	545211.453	2087.416	1.24328
173576.854	545336.618	2209.602	1.25595
173576.854	545461.782	2332.104	1.26942
173576.854	545586.947	2454.874	1.28338
173576.854	545712.111	2577.875	1.29784
173699.002	543459.152	444.806	2.53528
173699.002	543584.316	533.138	2.02383
173699.002	543709.481	633.996	1.74412
173699.002	543834.645	742.293	1.57747
173699.002	543959.810	855.207	1.46883
173699.002	544084.974	971.129	1.39338
173699.002	544210.138	1089.098	1.33797
173699.002	544335.303	1208.516	1.29915
173699.002	544460.467	1328.992	1.27674
173699.002	544585.632	1450.263	1.26982
173699.002	544710.796	1572.143	1.26995
173699.002	544835.960	1694.503	1.27490
173699.002	544961.125	1817.245	1.28308
173699.002	545086.289	1940.296	1.29428
173699.002	545211.453	2063.601	1.30626
173699.002	545336.618	2187.118	1.31920
173699.002	545461.782	2310.812	1.33277
173699.002	545586.947	2434.656	1.34677
173699.002	545712.111	2558.629	1.36030
173821.151	543459.152	602.765	3.13010
173821.151	543584.316	584.433	2.53732
173821.151	543709.481	698.625	2.11608
173821.151	543834.645	694.250	1.82320
173821.151	543959.810	813.857	1.64914
173821.151	544084.974	934.920	1.53600
173821.151	544210.138	1056.939	1.45947
173821.151	544335.303	1179.617	1.40786
173821.151	544460.467	1302.768	1.38355
173821.151	544585.632	1426.270	1.37193
173821.151	544710.796	1550.038	1.36907
173821.151	544835.960	1674.015	1.37149
173821.151	544961.125	1798.155	1.37725
173821.151	545086.289	1922.429	1.38565
173821.151	545211.453	2046.811	1.39571
173821.151	545336.618	2171.283	1.40692
173821.151	545461.782	2295.830	1.41873
173821.151	545586.947	2420.441	1.43055
173821.151	545712.111	2545.106	1.44295
173943.299	543459.152	856.746	3.48309
173943.299	543584.316	790.889	2.92356
173943.299	543709.481	790.045	2.47210
173943.299	543834.645	789.616	2.14879
173943.299	543959.810	913.703	1.91260
173943.299	544084.974	1038.081	1.76990
173943.299	544210.138	1038.241	1.68357
173943.299	544335.303	1162.893	1.60937
173943.299	544460.467	1287.645	1.56738
173943.299	544585.632	1412.470	1.55529
173943.299	544710.796	1537.350	1.53999
173943.299	544835.960	1662.272	1.53306
173943.299	544961.125	1787.229	1.53084

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

173943.299	545086.289	1912.213	1.53223
173943.299	545211.453	2037.219	1.53617
173943.299	545336.618	2162.243	1.54122
173943.299	545461.782	2287.282	1.54780
173943.299	545586.947	2412.335	1.55575
173943.299	545712.111	2537.399	1.56471

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

14.3 PARATIA PROVVISORIA

14.3.1 INPUT

Document Name

File Name: pk1+805_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/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

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

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

Surface Options

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

Loading

2 Distributed Loads present:
Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 26 kN/m²
Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 26 kN/m²

Material Properties

Material: Material 1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: None

Material: Material 2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: None

List of All Coordinates

Material Boundary

182760.006 562292.071
185813.029 562292.071
188214.490 562292.071
190128.909 562990.986

External Boundary

190131.518 564365.044
190046.752 564265.044
189892.937 564166.045
189811.339 564065.044
189668.357 563965.044
189542.147 563866.045
189280.255 563765.044
189025.793 563665.044
189002.989 563643.156
188696.655 563643.156
188386.172 563476.333
187418.569 563489.701
187396.921 563485.101
186195.175 563507.404
186175.487 563511.443
186034.243 563511.477
184904.775 563090.877
184808.943 563090.877
184663.289 563075.798
184662.289 563080.901
183455.896 563103.599
183434.353 563108.005
183294.353 563107.400
182760.006 562774.275
182760.006 562292.071
182760.006 562213.424
182320.207 562213.424
182320.351 562293.417
182284.749 562292.705
182216.085 562265.044
180697.985 562165.044
180166.675 562065.044
179782.003 561965.044
179318.961 561865.044
178409.642 561765.044
178409.642 559102.984
190121.527 559102.984
190128.909 562990.986

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0537_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Focus/Block Search Line
182759.447 559114.276
182759.447 561308.714

Search Grid
178975.265 563788.858
183675.158 563788.858
183675.158 568133.774
178975.265 568133.774

Distributed Load
184643.983 563081.245
183455.896 563103.599

Distributed Load
187396.921 563485.101
186195.175 563507.404

14.3.2 OUTPUT

Raw Data for Minimum Circle Results

Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety
178975.265	563788.858	4524.506	-1000.00000
178975.265	564017.538	4653.790	-1000.00000
178975.265	564246.218	4790.508	-1000.00000
178975.265	564474.898	4934.040	-1000.00000
178975.265	564703.577	5083.811	-1000.00000
178975.265	564932.257	5239.284	-1000.00000
178975.265	565160.937	5399.968	-1000.00000
178975.265	565389.617	5565.411	-1000.00000
178975.265	565618.296	5735.202	-1000.00000
178975.265	565846.976	5908.964	-1000.00000
178975.265	566075.656	6086.359	-1000.00000
178975.265	566304.336	6267.078	-1000.00000
178975.265	566533.016	6450.842	-1000.00000
178975.265	566761.695	6637.397	-1000.00000
178975.265	566990.375	6826.515	-1000.00000
178975.265	567219.055	7017.989	-1000.00000
178975.265	567447.735	7211.630	-1000.00000
178975.265	567676.415	7407.270	-1000.00000
178975.265	567905.094	7604.753	-1000.00000
178975.265	568133.774	7803.940	-1000.00000
179199.069	563788.858	4339.056	-1000.00000
179199.069	564017.538	4473.703	-1000.00000
179199.069	564246.218	4615.758	-1000.00000
179199.069	564474.898	4764.558	-1000.00000
179199.069	564703.577	4919.491	-1000.00000
179199.069	564932.257	5079.996	-1000.00000
179199.069	565160.937	5245.561	-1000.00000
179199.069	565389.617	5415.723	-1000.00000
179199.069	565618.296	5590.062	-1000.00000
179199.069	565846.976	5768.199	-1000.00000
179199.069	566075.656	5949.792	-1000.00000
179199.069	566304.336	6134.536	-1000.00000
179199.069	566533.016	6322.153	-1000.00000
179199.069	566761.695	6512.396	-1000.00000
179199.069	566990.375	6705.040	-1000.00000
179199.069	567219.055	6899.886	-1000.00000
179199.069	567447.735	7096.750	-1000.00000
179199.069	567676.415	7295.471	-1000.00000
179199.069	567905.094	7495.900	-1000.00000
179199.069	568133.774	7697.905	-1000.00000

179422.874	563788.858	4157.384	-1000.00000
179422.874	564017.538	4297.726	-1000.00000
179422.874	564246.218	4445.408	-1000.00000
179422.874	564474.898	4599.722	-1000.00000
179422.874	564703.577	4760.023	-1000.00000
179422.874	564932.257	4925.727	-1000.00000
179422.874	565160.937	5096.307	-1000.00000
179422.874	565389.617	5271.289	-1000.00000
179422.874	565618.296	5450.250	-1000.00000
179422.874	565846.976	5632.810	-1000.00000
179422.874	566075.656	5818.630	-1000.00000
179422.874	566304.336	6007.409	-1000.00000
179422.874	566533.016	6198.875	-1000.00000
179422.874	566761.695	6392.787	-1000.00000
179422.874	566990.375	6588.930	-1000.00000
179422.874	567219.055	6787.109	-1000.00000
179422.874	567447.735	6987.152	-1000.00000
179422.874	567676.415	7188.903	-1000.00000
179422.874	567905.094	7392.223	-1000.00000
179422.874	568133.774	7596.984	-1000.00000
179646.678	563788.858	3980.006	-1000.00000
179646.678	564017.538	4126.386	-1000.00000
179646.678	564246.218	4279.984	-1000.00000
179646.678	564474.898	4440.051	-1000.00000
179646.678	564703.577	4605.912	-1000.00000
179646.678	564932.257	4776.965	-1000.00000
179646.678	565160.937	4952.671	-1000.00000
179646.678	565389.617	5132.553	-1000.00000
179646.678	565618.296	5316.186	-1000.00000
179646.678	565846.976	5503.195	-1000.00000
179646.678	566075.656	5693.247	-1000.00000
179646.678	566304.336	5886.049	-1000.00000
179646.678	566533.016	6081.337	-1000.00000
179646.678	566761.695	6278.880	-1000.00000
179646.678	566990.375	6478.472	-1000.00000
179646.678	567219.055	6679.930	-1000.00000
179646.678	567447.735	6883.088	-1000.00000
179646.678	567676.415	7087.802	-1000.00000
179646.678	567905.094	7293.940	-1000.00000
179646.678	568133.774	7501.385	-1000.00000
179870.482	563788.858	3807.523	-1000.00000
179870.482	564017.538	3960.283	-1000.00000
179870.482	564246.218	4120.078	-1000.00000
179870.482	564474.898	4286.121	-1000.00000
179870.482	564703.577	4457.714	-1000.00000
179870.482	564932.257	4634.240	-1000.00000
179870.482	565160.937	4815.157	-1000.00000
179870.482	565389.617	4999.988	-1000.00000
179870.482	565618.296	5188.315	-1000.00000
179870.482	565846.976	5379.771	-1000.00000
179870.482	566075.656	5574.034	-1000.00000
179870.482	566304.336	5770.819	-1000.00000
179870.482	566533.016	5969.878	-1000.00000
179870.482	566761.695	6170.990	-1000.00000
179870.482	566990.375	6373.962	-1000.00000
179870.482	567219.055	6578.620	-1000.00000
179870.482	567447.735	6784.813	-1000.00000
179870.482	567676.415	6992.405	-1000.00000
179870.482	567905.094	7201.274	-1000.00000
179870.482	568133.774	7411.313	-1000.00000
180094.287	563788.858	3640.631	-1000.00000
180094.287	564017.538	3800.106	-1000.00000
180094.287	564246.218	3966.359	-1000.00000
180094.287	564474.898	4138.574	-1000.00000
180094.287	564703.577	4316.037	-1000.00000
180094.287	564932.257	4498.127	-1000.00000
180094.287	565160.937	4684.303	-1000.00000

180094.287	565389.617	4874.099	-1000.00000
180094.287	565618.296	5067.108	-1000.00000
180094.287	565846.976	5262.975	-1000.00000
180094.287	566075.656	5461.393	-1000.00000
180094.287	566304.336	5662.095	-1000.00000
180094.287	566533.016	5864.845	-1000.00000
180094.287	566761.695	6069.438	-1000.00000
180094.287	566990.375	6275.695	-1000.00000
180094.287	567219.055	6483.456	-1000.00000
180094.287	567447.735	6692.582	-1000.00000
180094.287	567676.415	6902.948	-1000.00000
180094.287	567905.094	7114.444	-1000.00000
180094.287	568133.774	7326.972	-1000.00000
180318.091	563788.858	3480.134	-1000.00000
180318.091	564017.538	3646.635	-1000.00000
180318.091	564246.218	3819.574	-1000.00000
180318.091	564474.898	3998.116	-1000.00000
180318.091	564703.577	4181.544	-1000.00000
180318.091	564932.257	4369.243	-1000.00000
180318.091	565160.937	4560.684	-1000.00000
180318.091	565389.617	4755.416	-1000.00000
180318.091	565618.296	4953.051	-1000.00000
180318.091	565846.976	5153.255	-1000.00000
180318.091	566075.656	5355.740	-1000.00000
180318.091	566304.336	5560.257	-1000.00000
180318.091	566533.016	5766.589	-1000.00000
180318.091	566761.695	5974.548	-1000.00000
180318.091	566990.375	6183.970	-1000.00000
180318.091	567219.055	6394.712	-1000.00000
180318.091	567447.735	6606.648	-1000.00000
180318.091	567676.415	6819.665	-1000.00000
180318.091	567905.094	7033.665	-1000.00000
180318.091	568133.774	7248.563	-1000.00000
180541.896	563788.858	3326.958	-1000.00000
180541.896	564017.538	3500.751	-1000.00000
180541.896	564246.218	3680.552	-1000.00000
180541.896	564474.898	3865.521	-1000.00000
180541.896	564703.577	4054.951	-1000.00000
180541.896	564932.257	4248.246	-1000.00000
180541.896	565160.937	4444.902	-1000.00000
180541.896	565389.617	4644.491	-1000.00000
180541.896	565618.296	4846.652	-1000.00000
180541.896	565846.976	5051.075	-1000.00000
180541.896	566075.656	5257.496	-1000.00000
180541.896	566304.336	5465.690	-1000.00000
180541.896	566533.016	5675.461	-1000.00000
180541.896	566761.695	5886.641	-1000.00000
180541.896	566990.375	6099.082	-1000.00000
180541.896	567219.055	6312.659	-1000.00000
180541.896	567447.735	6527.259	-1000.00000
180541.896	567676.415	6742.784	-1000.00000
180541.896	567905.094	6959.150	-1000.00000
180541.896	568133.774	7176.279	-1000.00000
180765.700	563788.858	3182.160	-1000.00000
180765.700	564017.538	3363.444	-1000.00000
180765.700	564246.218	3550.205	-1000.00000
180765.700	564474.898	3741.623	-1000.00000
180765.700	564703.577	3937.020	-1000.00000
180765.700	564932.257	4135.830	-1000.00000
180765.700	565160.937	4337.585	-1000.00000
180765.700	565389.617	4541.893	-1000.00000
180765.700	565618.296	4748.424	-1000.00000
180765.700	565846.976	4956.899	-1000.00000
180765.700	566075.656	5167.084	-1000.00000
180765.700	566304.336	5378.779	-1000.00000
180765.700	566533.016	5591.811	-1000.00000
180765.700	566761.695	5806.034	-1000.00000

180765.700	566990.375	6021.320	-1000.00000
180765.700	567219.055	6237.560	-1000.00000
180765.700	567447.735	6454.657	-1000.00000
180765.700	567676.415	6672.528	-1000.00000
180765.700	567905.094	6891.100	-1000.00000
180765.700	568133.774	7110.307	-1000.00000
180989.505	563788.858	3046.935	4.20420
180989.505	564017.538	3235.803	3.94587
180989.505	564246.218	3429.522	3.78270
180989.505	564474.898	3627.315	3.65880
180989.505	564703.577	3828.550	3.56627
180989.505	564932.257	4032.711	-1000.00000
180989.505	565160.937	4239.377	-1000.00000
180989.505	565389.617	4448.198	-1000.00000
180989.505	565618.296	4658.884	-1000.00000
180989.505	565846.976	4871.193	-1000.00000
180989.505	566075.656	5084.922	-1000.00000
180989.505	566304.336	5299.899	-1000.00000
180989.505	566533.016	5515.979	-1000.00000
180989.505	566761.695	5733.036	-1000.00000
180989.505	566990.375	5950.964	-1000.00000
180989.505	567219.055	6169.670	-1000.00000
180989.505	567447.735	6389.074	-1000.00000
180989.505	567676.415	6609.108	-1000.00000
180989.505	567905.094	6829.709	-1000.00000
180989.505	568133.774	7050.825	-1000.00000
181213.309	563788.858	2922.611	3.92608
181213.309	564017.538	3119.017	3.73817
181213.309	564246.218	3319.559	3.60686
181213.309	564474.898	3523.529	3.51035
181213.309	564703.577	3730.367	3.43920
181213.309	564932.257	3939.620	3.38735
181213.309	565160.937	4150.923	3.35253
181213.309	565389.617	4363.978	3.32251
181213.309	565618.296	4578.542	3.30211
181213.309	565846.976	4794.410	3.27975
181213.309	566075.656	5011.415	3.25561
181213.309	566304.336	5229.415	3.23012
181213.309	566533.016	5448.290	3.20264
181213.309	566761.695	5667.940	-1000.00000
181213.309	566990.375	5888.278	-1000.00000
181213.309	567219.055	6109.228	-1000.00000
181213.309	567447.735	6330.728	-1000.00000
181213.309	567676.415	6552.721	-1000.00000
181213.309	567905.094	6775.159	-1000.00000
181213.309	568133.774	6997.999	-1000.00000
181437.113	563788.858	2810.637	3.74145
181437.113	564017.538	3014.348	3.58784
181437.113	564246.218	3221.412	3.47835
181437.113	564474.898	3431.222	3.40560
181437.113	564703.577	3643.304	3.35535
181437.113	564932.257	3857.283	3.31697
181437.113	565160.937	4072.860	3.29355
181437.113	565389.617	4289.794	3.27132
181437.113	565618.296	4507.889	3.24697
181437.113	565846.976	4726.985	3.22201
181437.113	566075.656	4946.949	3.19501
181437.113	566304.336	5167.669	3.16689
181437.113	566533.016	5389.053	3.13997
181437.113	566761.695	5611.022	3.11267
181437.113	566990.375	5833.510	3.08669
181437.113	567219.055	6056.459	3.06698
181437.113	567447.735	6279.820	3.05311
181437.113	567676.415	6503.551	3.04395
181437.113	567905.094	6727.615	3.03866
181437.113	568133.774	6951.979	3.03666
181660.918	563788.858	2712.541	3.59027

181660.918	564017.538	2923.096	3.47600
181660.918	564246.218	3136.191	3.39778
181660.918	564474.898	3351.341	3.34644
181660.918	564703.577	3568.173	3.30861
181660.918	564932.257	3786.401	3.28784
181660.918	565160.937	4005.794	3.26627
181660.918	565389.617	4226.172	3.24144
181660.918	565618.296	4447.389	3.21411
181660.918	565846.976	4669.324	3.18377
181660.918	566075.656	4891.881	3.15416
181660.918	566304.336	5114.978	3.12376
181660.918	566533.016	5338.548	3.09293
181660.918	566761.695	5562.533	3.06729
181660.918	566990.375	5786.885	3.04901
181660.918	567219.055	6011.563	3.03790
181660.918	567447.735	6236.533	3.03196
181660.918	567676.415	6461.762	3.02987
181660.918	567905.094	6687.226	3.03112
181660.918	568133.774	6912.902	3.03266
181884.722	563788.858	2629.878	3.46778
181884.722	564017.538	2846.554	3.39414
181884.722	564246.218	3064.975	3.34813
181884.722	564474.898	3284.792	3.31492
181884.722	564703.577	3505.744	3.29626
181884.722	564932.257	3727.627	3.27350
181884.722	565160.937	3950.286	3.24917
181884.722	565389.617	4173.597	3.22184
181884.722	565618.296	4397.459	3.18643
181884.722	565846.976	4621.792	3.15570
181884.722	566075.656	4846.533	3.12350
181884.722	566304.336	5071.625	3.09229
181884.722	566533.016	5297.025	3.06896
181884.722	566761.695	5522.694	3.05309
181884.722	566990.375	5748.601	3.04310
181884.722	567219.055	5974.719	3.03809
181884.722	567447.735	6201.025	3.03731
181884.722	567676.415	6427.500	3.04064
181884.722	567905.094	6654.125	3.04681
181884.722	568133.774	6880.886	3.05535
182108.527	563788.858	2564.139	3.37698
182108.527	564017.538	2785.933	3.34477
182108.527	564246.218	3008.758	3.32077
182108.527	564474.898	3232.401	3.31065
182108.527	564703.577	3456.703	3.29215
182108.527	564932.257	3681.543	3.26673
182108.527	565160.937	3906.830	3.23515
182108.527	565389.617	4132.489	3.20204
182108.527	565618.296	4358.463	3.16661
182108.527	565846.976	4584.705	3.13004
182108.527	566075.656	4811.178	3.09938
182108.527	566304.336	5037.850	3.07968
182108.527	566533.016	5264.696	3.06764
182108.527	566761.695	5491.694	3.06140
182108.527	566990.375	5718.826	3.05992
182108.527	567219.055	5946.076	3.06234
182108.527	567447.735	6173.433	3.06482
182108.527	567676.415	6400.883	3.07351
182108.527	567905.094	6628.418	3.08433
182108.527	568133.774	6856.029	3.09695
182332.331	563788.858	2516.653	3.34301
182332.331	564017.538	2742.290	3.33754
182332.331	564246.218	2968.393	3.32548
182332.331	564474.898	3194.862	3.31149
182332.331	564703.577	3421.626	3.28862
182332.331	564932.257	3648.629	3.25481
182332.331	565160.937	3875.829	3.22124
182332.331	565389.617	4103.193	3.18462

182332.331	565618.296	4330.696	3.14809
182332.331	565846.976	4558.317	3.12132
182332.331	566075.656	4786.038	3.10409
182332.331	566304.336	5013.847	3.09414
182332.331	566533.016	5241.732	3.08999
182332.331	566761.695	5469.683	3.09062
182332.331	566990.375	5697.692	3.09510
182332.331	567219.055	5925.754	3.10492
182332.331	567447.735	6153.861	3.11564
182332.331	567676.415	6382.009	3.12850
182332.331	567905.094	6610.194	3.14308
182332.331	568133.774	6838.411	3.15903
182556.136	563788.858	2488.463	3.37594
182556.136	564017.538	2716.443	3.36496
182556.136	564246.218	2944.531	3.34979
182556.136	564474.898	3172.704	3.32375
182556.136	564703.577	3400.946	3.29032
182556.136	564932.257	3629.242	3.24608
182556.136	565160.937	3857.584	3.20618
182556.136	565389.617	4085.964	3.17213
182556.136	565618.296	4314.375	3.15054
182556.136	565846.976	4542.814	3.13797
182556.136	566075.656	4771.275	3.13236
182556.136	566304.336	4999.757	3.13241
182556.136	566533.016	5228.256	3.13685
182556.136	566761.695	5456.770	3.14482
182556.136	566990.375	5685.297	3.15568
182556.136	567219.055	5913.837	3.16778
182556.136	567447.735	6142.386	3.18341
182556.136	567676.415	6370.945	3.20058
182556.136	567905.094	6599.513	3.21899
182556.136	568133.774	6828.087	3.23830
182779.940	563788.858	2480.229	3.45906
182779.940	564017.538	2708.901	3.42880
182779.940	564246.218	2937.575	3.39132
182779.940	564474.898	3166.250	3.34875
182779.940	564703.577	3394.925	3.29362
182779.940	564932.257	3623.601	3.24643
182779.940	565160.937	3852.277	3.21343
182779.940	565389.617	4080.954	3.19357
182779.940	565618.296	4309.631	3.18369
182779.940	565846.976	4538.308	3.18145
182779.940	566075.656	4766.986	3.18493
182779.940	566304.336	4995.664	3.19301
182779.940	566533.016	5224.342	3.20454
182779.940	566761.695	5453.020	3.21873
182779.940	566990.375	5681.698	3.23506
182779.940	567219.055	5910.376	3.25317
182779.940	567447.735	6139.055	3.27084
182779.940	567676.415	6367.733	3.29073
182779.940	567905.094	6596.412	3.31152
182779.940	568133.774	6825.091	3.33310
183003.744	563788.858	2492.147	3.60296
183003.744	564017.538	2719.817	3.52789
183003.744	564246.218	2947.644	3.45569
183003.744	564474.898	3175.594	3.38731
183003.744	564703.577	3403.642	3.32179
183003.744	564932.257	3631.769	3.28670
183003.744	565160.937	3859.961	3.26604
183003.744	565389.617	4088.208	3.25594
183003.744	565618.296	4316.501	3.25396
183003.744	565846.976	4544.833	3.25828
183003.744	566075.656	4773.198	3.26736
183003.744	566304.336	5001.591	3.28015
183003.744	566533.016	5230.010	3.29599
183003.744	566761.695	5458.451	3.31419
183003.744	566990.375	5686.911	3.33398

<p>ADEGUAMENTO TOMBINO PK 1+805 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>Codice documento CS0537_F0.doc</p>	<p>Rev F0</p>	<p>Data 20/06/2011</p>
---	---	-------------------	----------------------------

183003.744	567219.055	5915.387	3.35488
183003.744	567447.735	6143.879	3.37721
183003.744	567676.415	6372.385	3.40035
183003.744	567905.094	6600.902	3.42561
183003.744	568133.774	6829.431	3.44977
183227.549	563788.858	2523.932	3.78142
183227.549	564017.538	2748.972	3.65450
183227.549	564246.218	2974.566	3.54387
183227.549	564474.898	3200.599	3.46420
183227.549	564703.577	3426.983	3.40666
183227.549	564932.257	3653.653	3.37778
183227.549	565160.937	3880.559	3.36340
183227.549	565389.617	4107.662	3.35954
183227.549	565618.296	4334.930	3.36294
183227.549	565846.976	4562.339	3.37173
183227.549	566075.656	4789.870	3.38459
183227.549	566304.336	5017.505	3.40063
183227.549	566533.016	5245.231	3.41884
183227.549	566761.695	5473.036	3.43888
183227.549	566990.375	5700.911	3.46049
183227.549	567219.055	5928.849	3.48345
183227.549	567447.735	6156.841	3.50746
183227.549	567676.415	6384.883	3.53234
183227.549	567905.094	6612.968	3.55781
183227.549	568133.774	6841.094	3.58363
183451.353	563788.858	2574.849	3.98122
183451.353	564017.538	2795.793	3.80496
183451.353	564246.218	3017.890	3.68651
183451.353	564474.898	3240.903	3.60892
183451.353	564703.577	3464.654	3.55913
183451.353	564932.257	3689.010	3.52470
183451.353	565160.937	3913.867	3.51003
183451.353	565389.617	4139.142	3.50568
183451.353	565618.296	4364.772	3.50926
183451.353	565846.976	4590.703	3.51904
183451.353	566075.656	4816.894	3.53259
183451.353	566304.336	5043.309	3.54896
183451.353	566533.016	5269.920	3.56773
183451.353	566761.695	5496.702	3.58846
183451.353	566990.375	5723.636	3.61066
183451.353	567219.055	5950.703	3.63408
183451.353	567447.735	6177.889	3.65849
183451.353	567676.415	6405.181	3.68373
183451.353	567905.094	6632.568	3.70967
183451.353	568133.774	6860.042	3.73061
183675.158	563788.858	2643.793	4.24640
183675.158	564017.538	2859.415	4.02663
183675.158	564246.218	3076.923	3.90299
183675.158	564474.898	3295.943	3.81977
183675.158	564703.577	3516.194	3.76440
183675.158	564932.257	3737.457	3.72886
183675.158	565160.937	3959.564	3.70761
183675.158	565389.617	4182.379	3.69766
183675.158	565618.296	4405.794	3.69624
183675.158	565846.976	4629.724	3.70132
183675.158	566075.656	4854.097	3.71158
183675.158	566304.336	5078.854	3.72682
183675.158	566533.016	5303.947	3.74555
183675.158	566761.695	5529.334	3.76622
183675.158	566990.375	5754.980	3.78839
183675.158	567219.055	5980.857	3.81172
183675.158	567447.735	6206.940	3.83421
183675.158	567676.415	6433.206	3.84333
183675.158	567905.094	6659.636	3.84700
183675.158	568133.774	6886.216	3.85265