

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

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

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

<p><i>Unità Funzionale</i></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+921 (ASSE C) – RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>CS0549_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 7	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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

INDICE.....	3
PREMESSA.....	7
1 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	9
2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	10
3 PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA	11
4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	12
4.1 CALCESTRUZZO PER MANUFATTI IDRAULICI.....	12
4.2 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI OPERE D'IMBOCCO (GETTI IN OPERA).....	13
4.3 CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONI OPERE D'IMBOCCO (GETTI IN OPERA).....	14
4.4 MISCELA CEMENTIZIA PER MICROPALI.....	15
4.5 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	16
4.6 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA PER MICROPALI.....	16
4.7 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA PER CONTRASTI.....	17
5 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA E DEL LUOGO	18
5.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA.....	20
5.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	22
5.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITÀ.....	54
5.3.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....	54
5.3.2 PARAMETRI SISMICI DI BASE.....	55
5.3.3 STATI LIMITE DI RIFERIMENTO	55
5.3.4 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	55
5.3.4.1 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	56
5.3.4.2 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	57
5.3.5 PARAMETRI PER LE VERIFICHE DI STABILITÀ DEL PENDIO.....	57
6 METODO DI CALCOLO A FESSURAZIONE.....	58
6.1 VALUTAZIONE DELLA DISTANZA MEDIA TRA LE FESSURE	59
6.2 VALUTAZIONE DELLA DEFORMAZIONE MEDIA DELLE BARRE DI ARMATURE	60
6.3 VALUTAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE (VALORE MEDIO E VALORE DI CALCOLO).....	61
6.4 DESCRIZIONE INPUT E OUTPUT DEL PROGRAMMA DI CALCOLO	62
7 FASI COSTRUTTIVE	63

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7.1	REALIZZAZIONE DEL PROLUNGAMENTO A MONTE.....	63
7.2	REALIZZAZIONE DEL PROLUNGAMENTO A VALLE	63
8	ANALISI POZZETTO DI CADUTA	65
8.1	ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE	65
8.1.1	SCHEMA STATICO	65
8.1.2	ANALISI DEI CARICHI.....	66
8.1.3	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	67
8.2	VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO	68
8.3	VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE.....	70
8.3.1	COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI	70
8.3.2	COMBINAZIONI FREQUENTI	72
8.4	VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO.....	74
8.4.1	FLESSIONE	74
8.4.2	TAGLIO	76
8.5	ANALISI SOLETTA SUPERIORE	78
8.5.1	ANALISI DEI CARICHI.....	78
8.5.2	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	79
8.6	VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO	81
8.7	VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE.....	83
8.7.1	COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI	83
8.7.2	COMBINAZIONI FREQUENTI	85
8.8	VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO.....	87
8.8.1	FLESSIONE	87
8.8.2	TAGLIO	89
9	ANALISI TORRINO	91
9.1	ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE	91
9.1.1	SCHEMA STATICO	91
9.1.2	ANALISI DEI CARICHI.....	92
9.1.3	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	93
9.2	VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO	94
9.3	VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE.....	96
9.4	VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO.....	96
9.4.1	FLESSIONE	96

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9.4.2	TAGLIO	98
10	ANALISI MURO DI SOSTEGNO	100
10.1	ANALISI DEI CARICHI	100
10.1.1	PESO PROPRIO	100
10.1.2	SPINTA DELLE TERRE	100
10.1.3	SOVRACCARICO PERMANENTE	101
10.2	COMBINAZIONI DI CARICO PER LE VERIFICHE	101
10.3	VERIFICHE GEOTECNICHE	102
10.3.1	SOLLECITAZIONI A LIVELLO INTRADOSSO FONDAZIONE	102
10.3.2	VERIFICHE A RIBALTAMENTO	103
10.3.3	VERIFICHE A SCIVOLAMENTO	103
10.3.4	VERIFICHE DI CAPACITÀ PORTANTE DELLA FONDAZIONE	104
10.3.5	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE MURO-TERRENO	108
10.4	VERIFICHE DELL'ELEVAZIONE	110
10.4.1	RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI DI VERIFICA	110
10.4.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	111
10.4.3	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE	112
10.4.4	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE	113
10.4.5	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO	115
10.5	VERIFICHE DELLA FONDAZIONE	116
10.5.1	RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI DI VERIFICA MENSOLA SNELLA	117
10.5.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	119
10.5.3	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE	120
10.5.4	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE	121
10.5.5	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO	123
10.5.6	RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI DI VERIFICA MENSOLA TOZZA	125
11	ANALISI DELLA PARATIA PROVVISORIA	126
11.1	CARATTERISTICHE DI CALCOLO	126
11.2	STRATIGRAFIA DI PROGETTO	128
11.3	PARAMETRI DI SPINTA	128
11.4	PARATIA H=6.50M	130
11.4.1	GEOMETRIA E FASI DI REALIZZAZIONE	130
11.4.2	VERIFICHE GEOTECNICHE	132

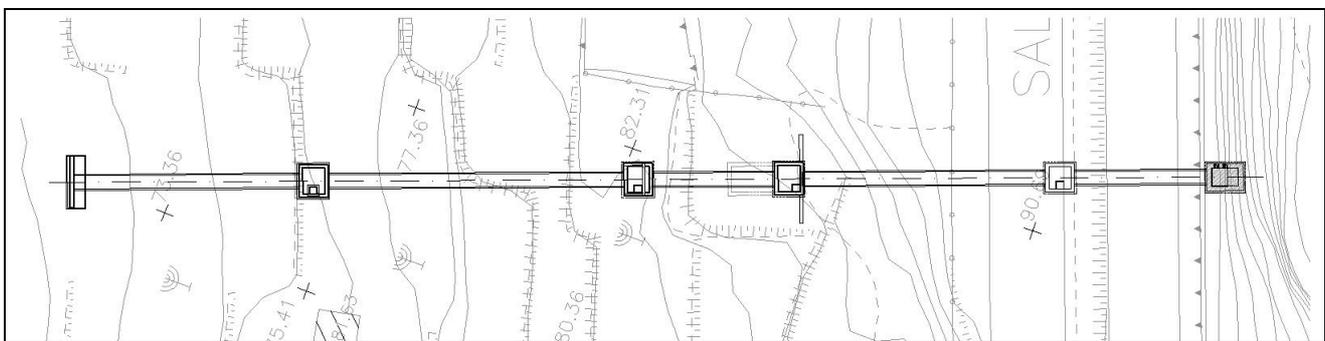
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.4.3	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE PARATIA-TERRENO	134
11.4.4	RISULTATI DELLE ANALISI.....	135
11.4.4.1	DIAGRAMMI DEL MOMENTO FLETTENTE	136
11.4.4.2	DIAGRAMMI DEL TAGLIO	137
11.4.4.3	STORIA DI CARICO DEI CONTRASTI	138
11.4.4.4	DIAGRAMMA DELLE DEFORMAZIONI.....	139
11.4.5	VERIFICHE DEI MICROPALI	140
11.4.6	VERIFICHE DEI CONTRASTI	141
12	TABULATI INPUT PARATIE.....	143
13	TABULATI SLIDE	151
13.1	MURO DI SOSTEGNO - FASE STATICA.....	151
13.1.1	INPUT	151
13.1.2	OUTPUT.....	153
13.2	MURO DI SOSTEGNO - FASE SISMICA	160
13.2.1	INPUT	160
13.2.2	OUTPUT.....	162
13.3	PARATIA PROVVISORIA	169
13.3.1	INPUT	169
13.3.2	OUTPUT.....	171

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PREMESSA

Il presente documento riporta la descrizione tecnico-funzionale dell'opera "Adeguamento tombino pk 1+921.82 (Asse C)", opera inquadrata nel Progetto Definitivo del Ponte sullo Stretto di Messina per l'adeguamento dell'autostrada esistente A3 "Salerno-Reggio Calabria".

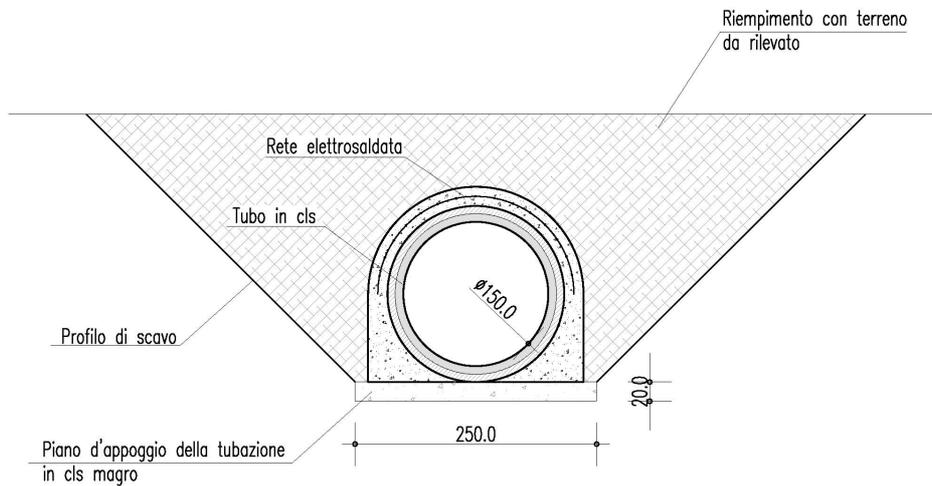


Stralcio planimetrico dell'opera

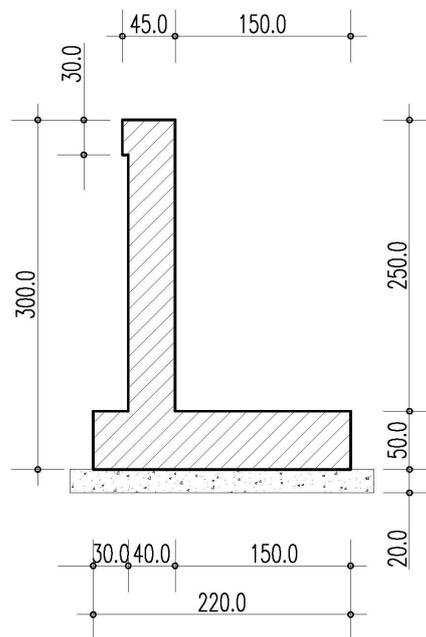
Si tratta di una struttura costituita dall'insieme di moduli circolari in cemento vibrocompresso armato di diametro interno pari a 1500 mm.

A valle dell'opera vi è un muro di sostegno con altezza pari a 2.50 m, ciabatta di fondazione di lunghezza pari a 2.20 m con un dente anteriore pari a 0.30 m. Lo spessore dell'elevazione è pari a 0.40 m mentre quello della fondazione è pari a 0.50 m.

Nelle illustrazioni seguenti si riportano le sezioni trasversali:



Sezione trasversale



Sezione trasversale muro

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3 PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA

▣ **SAP2000 Advanced Rel. 14.0.2 – Structural Analysis Program**

Computers and Structures, Inc. – Berkeley CA, USA

Programma di calcolo ad elementi finiti monodimensionali, bidimensionali e tridimensionali;

▣ **STS Stati Limite Rel. 1.1**

Distribuito dall'ing. Dante Sangalli

Programma di calcolo per la verifica alle Tensioni Ammissibili ed agli Stati Limite di sezioni in c.a. e c.a.p.;

▣ **Spettri di risposta ver. 1.0.3**

Distribuito dal Consiglio Superiore LL.PP.

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

▣ **Paratie Plus 2010 ver. 8.0.9.38**

Prodotto da Ce.A.S., Deep Excavation - Distribuito da Harpaceas s.r.l.

Programma di calcolo per l'analisi di paratie flessibili pluritirantate ad elementi finiti in campo non lineare.

▣ **SLIDE release 5.0**

Prodotto da Rocscience Inc.

Programma per l'analisi di stabilità di pendii.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

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

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

Caratteristiche del calcestruzzo:

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

Resistenze di calcolo a SLU:

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

Resistenze di calcolo a SLE:

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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						

4.3 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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

4.5 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

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

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 ($t \geq 40$ mm)	$f_{tk} = -$	$= 510.00$	N/mm^2
Tensione caratt. di snervamento ($t \geq 40$ mm)	$f_{yk} = -$	$= 355.00$	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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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						

4.7 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

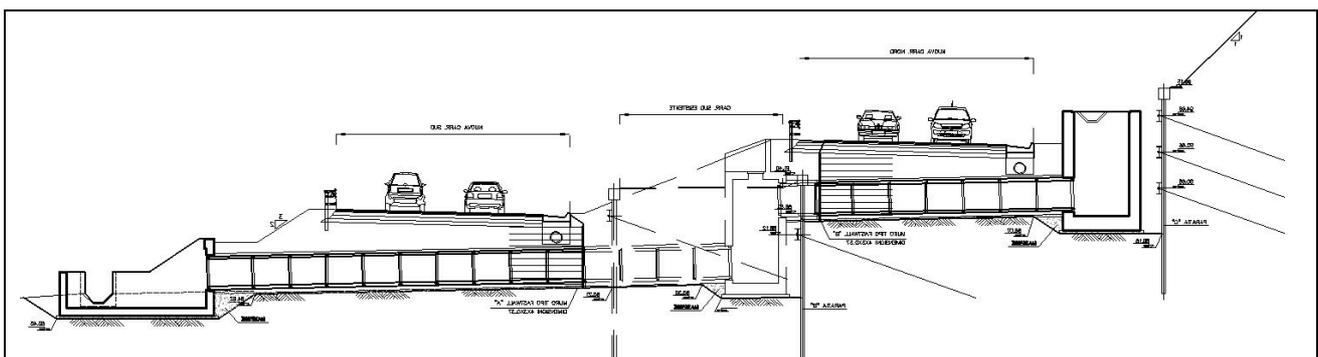
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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+921.82), mentre il prolungamento a monte con la progressiva dell'asse Rampa A in progetto (km 2+555.50).

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;
- b) Un tombino circolare $\varnothing 1500\text{mm}$ composto da elementi prefabbricati che sottopassa le corsie della carreggiata dell'Autostrada A3 direzione Salerno;
- c) Un pozzetto di caduta gettato in opera in c.a., 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 manufatto di sbocco in c.a. gettato in opera, in fregio alla carreggiata dell'Autostrada A3 direzione Reggio Calabria.



Profilo - Stato di fatto

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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) è prevista la parziale demolizione del manufatto d'imbocco (a) e la risistemazione delle parti mantenute in opera.

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 (e) e realizzazione di un pozzetto di caduta in c.a. gettato in opera di dimensioni interne in pianta 300x250cm;
- Posa in opera del nuovo tratto del tombino per garantire la continuità idraulica sotto la Rampa C in progetto: il tombino viene realizzato con 7 elementi prefabbricati circolari x1500mm (L=2.00m/cad) e posato in opera con una pendenza longitudinale del 2%;
- Realizzazione di un pozzetto di caduta in c.a. gettato in opera di dimensioni interne in pianta 300x250cm, 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 17 elementi prefabbricati circolari x1500mm (L=2.00m/cad) e posato in opera con una pendenza longitudinale del 2%;
- Realizzazione di un pozzetto di caduta in c.a. gettato in opera di dimensioni interne in pianta 300x250cm, 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 13 elementi prefabbricati circolari x1500mm (L=2.00m/cad) e posato in opera con una pendenza longitudinale del 2%;
- Realizzazione di un muro in c.a. per il sostegno del rilevato della Rampa F: la sezione trasversale del muro si compone di un'elevazione di dimensioni 250x40cm e di una ciabatta di fondazione di dimensioni 200x50cm; il suo sviluppo in pianta risulta pari a 6.00m.

Per procedere all'esecuzione delle opere descritte sarà necessario realizzare attorno al manufatto di sbocco 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 x220mm (interasse=30cm, lunghezza=15 m) solidarizzati in testa da un cordolo in c.a. gettato in opera.

Per garantire un'adeguata rigidezza 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

(realizzate con profili commerciali in acciaio). Nel caso in esame la soluzione adottata risulta doppiamente vantaggiosa: infatti, poichè il dislivello tra il tombino esistente e quello in progetto è molto accentuato (3.75m), in fase di scavo si avrà la necessità di sostenere il terreno al di sotto del tombino esistente. Verrà pertanto realizzata una parete di spritz-beton armata con rete elettrosaldata e si sfrutterà la presenza dei contrasti per il sostegno della parete stessa.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

$c_p' = 0$ kPa = coesione apparente

$\varphi_p' = 36$ a 38° =angolo di resistenza al taglio

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

$c_r' = 0$ kPa = coesione apparente

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

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

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

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

Per G ed E_0 una stima è data quindi da:

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

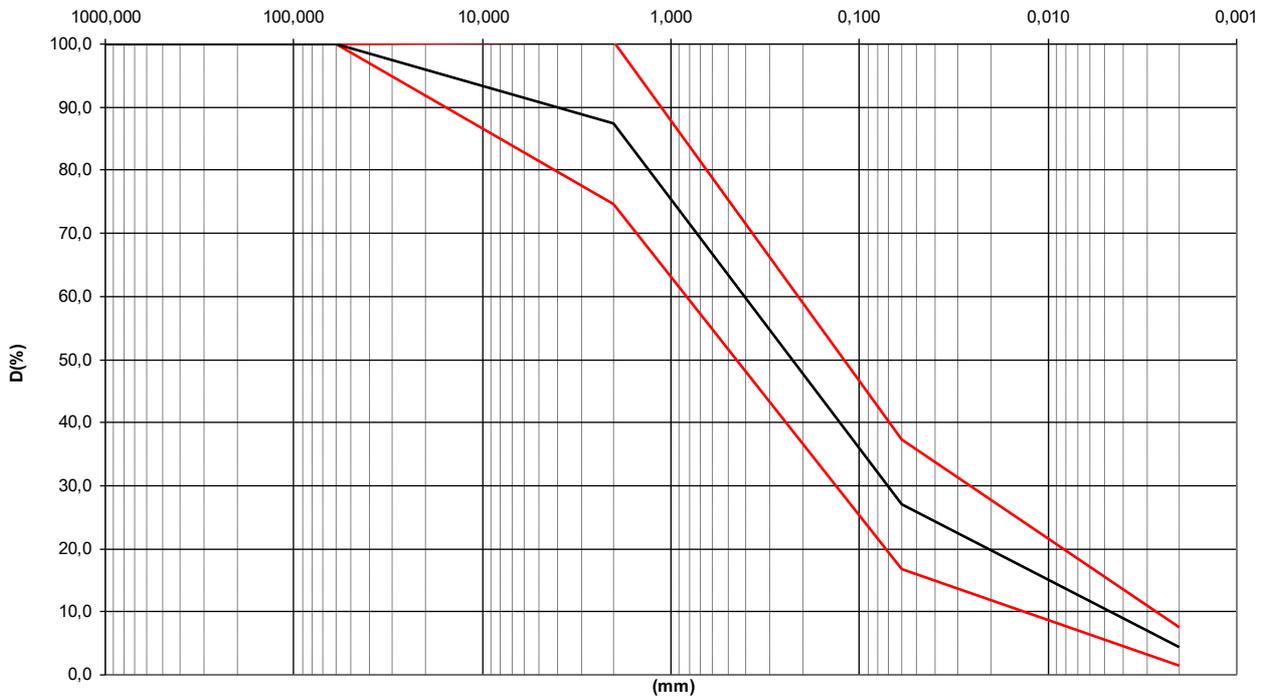
$$E_0 = 48 z^{0.85}$$

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

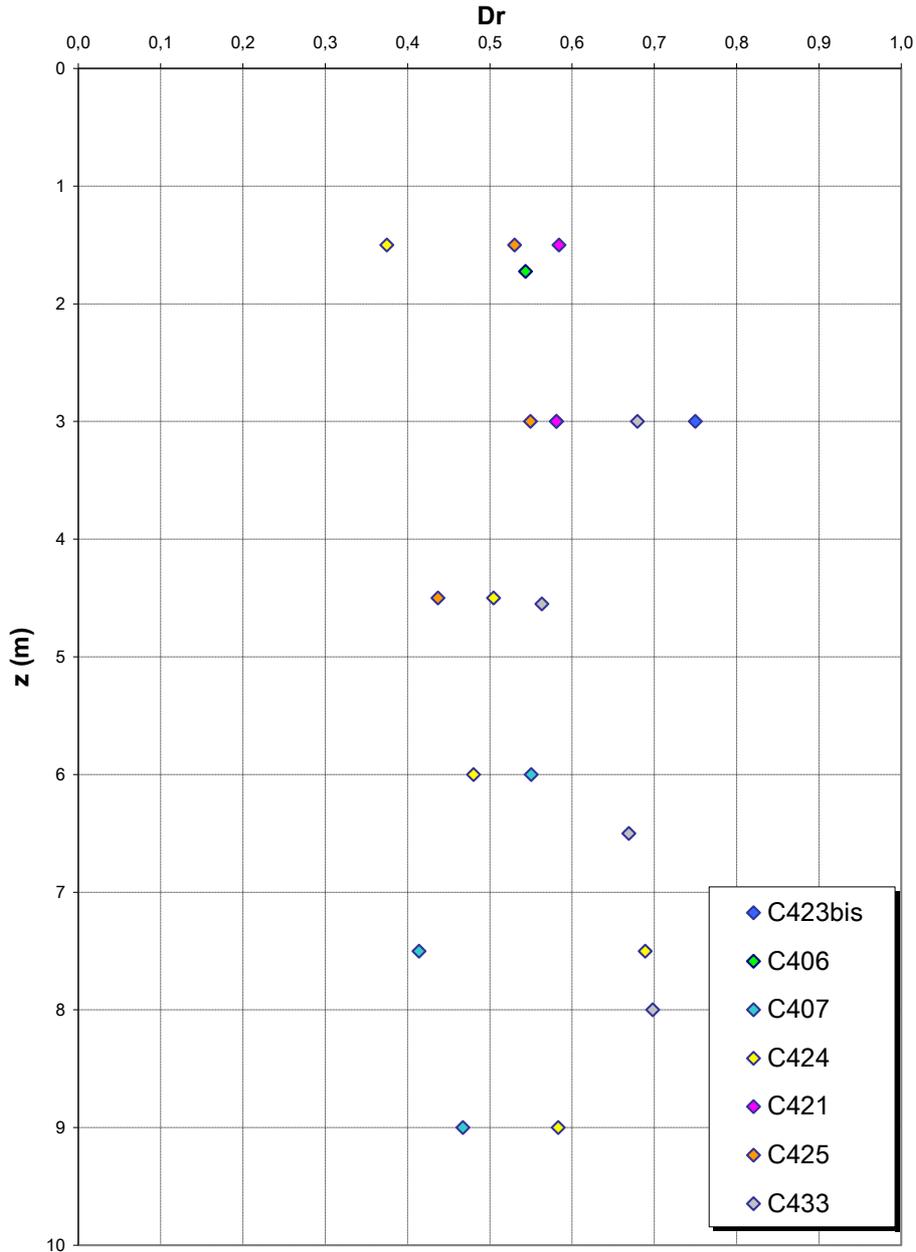
$$E = (6 \text{ a } 16) z^{0.85}$$

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

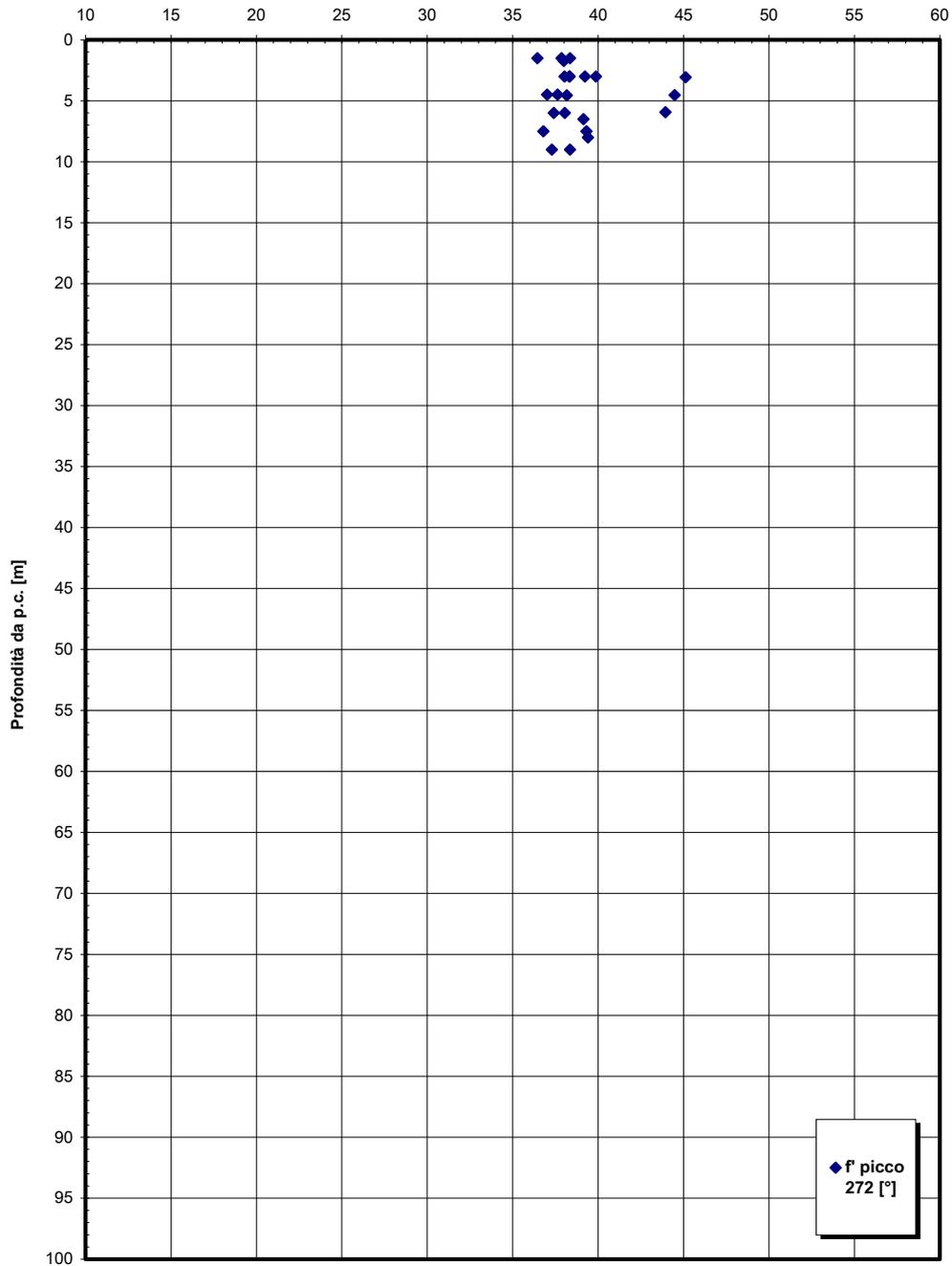
Depositi di versante

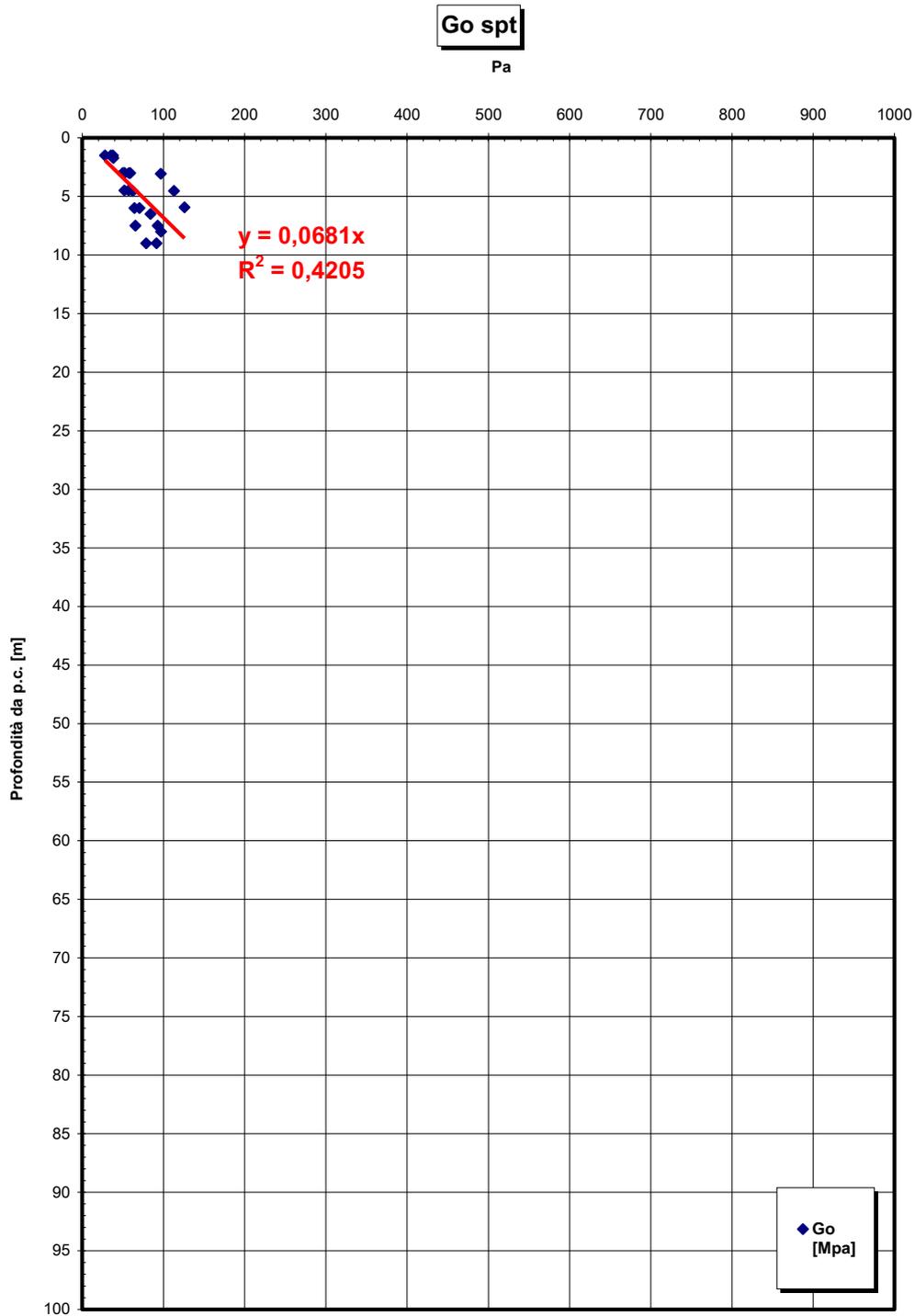


Dr Skempton (1986)
Componente sabbiosa prevalente
DEPOSITI DI VERSANTE

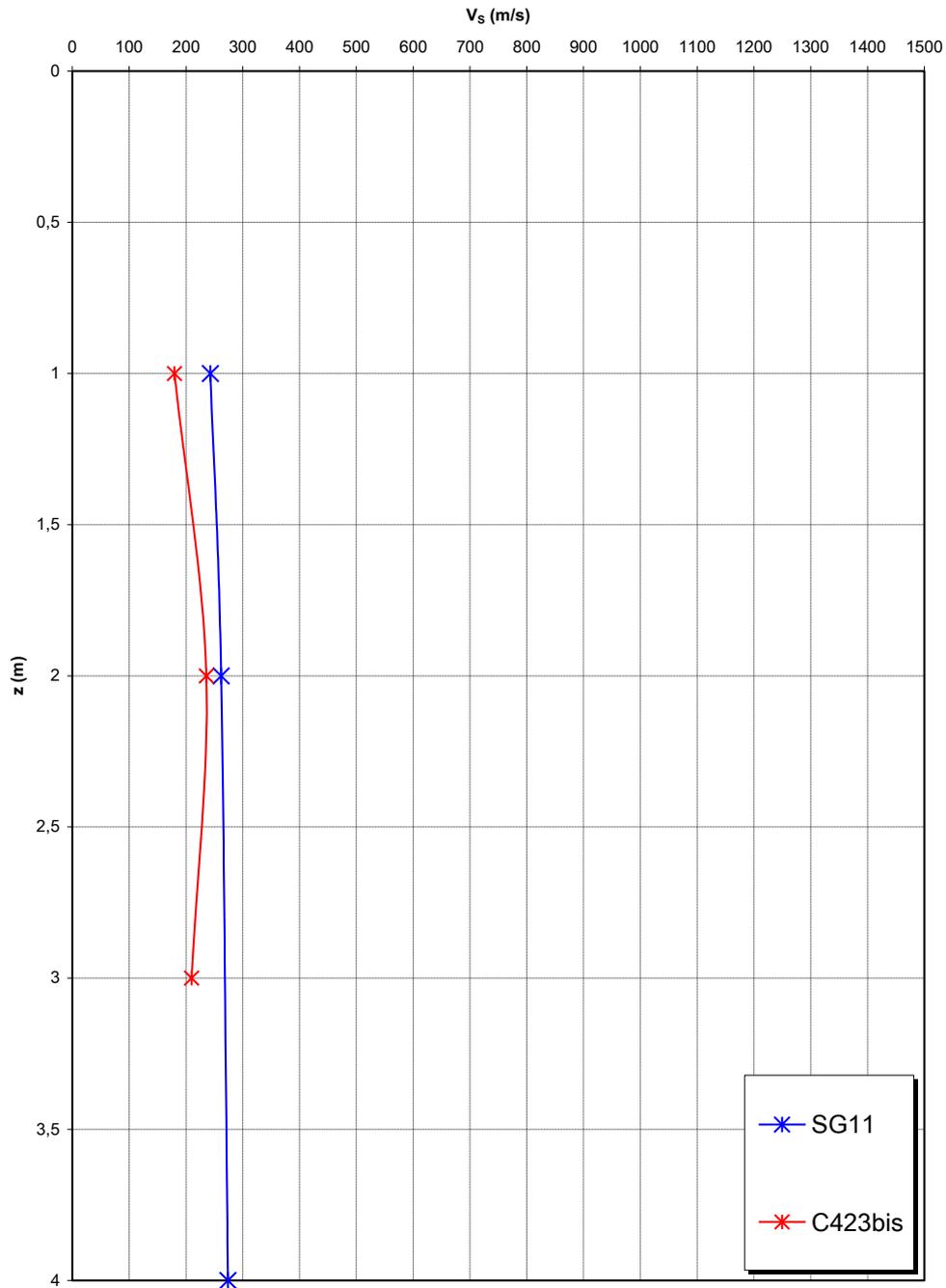


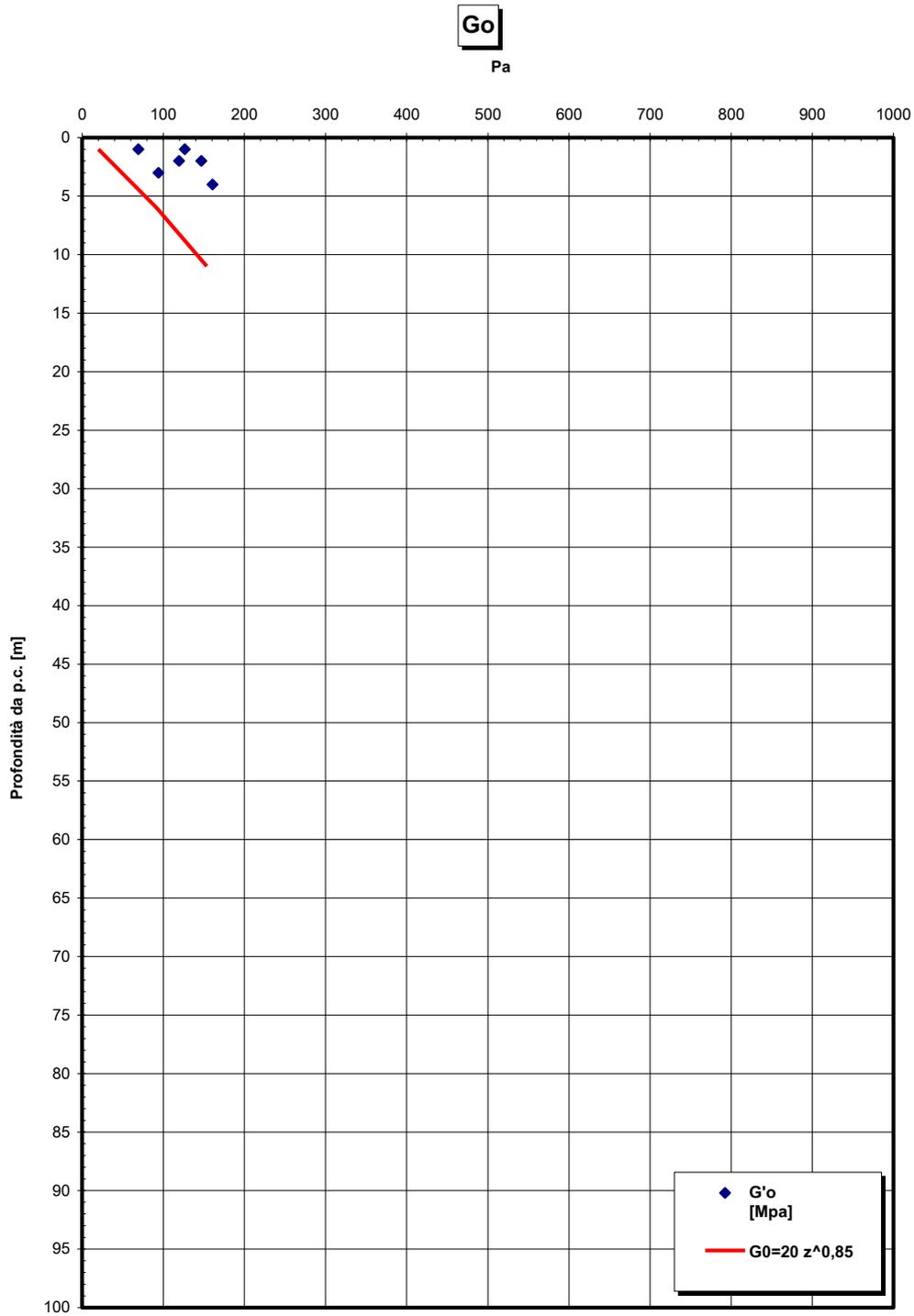
' picco



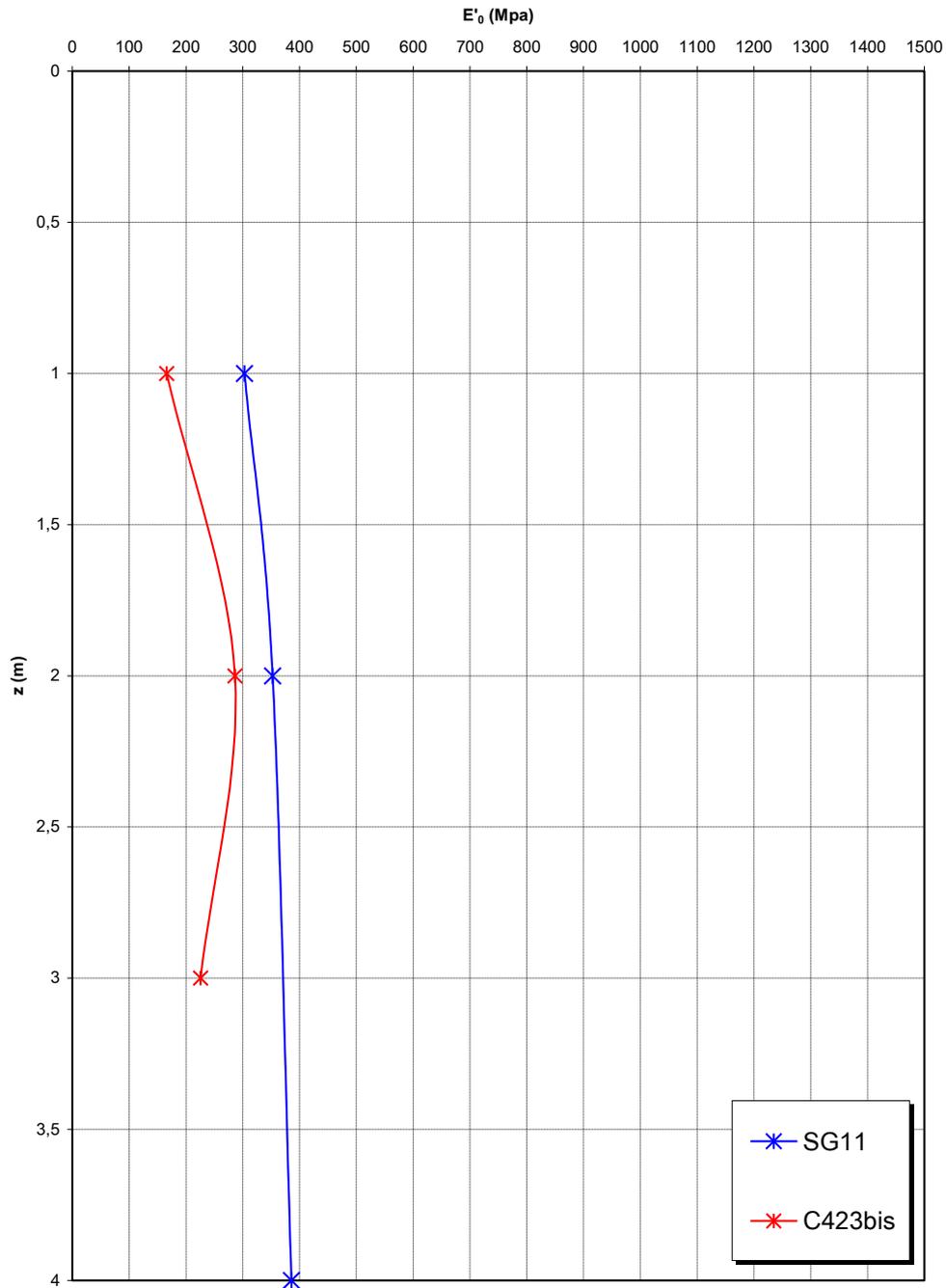


**Prove sismiche
DEPOSITI DI VERSANTE**





**Prove sismiche
DEPOSITI DI VERSANTE**



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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						

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	$\rho_d(KN/m^3)$	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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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

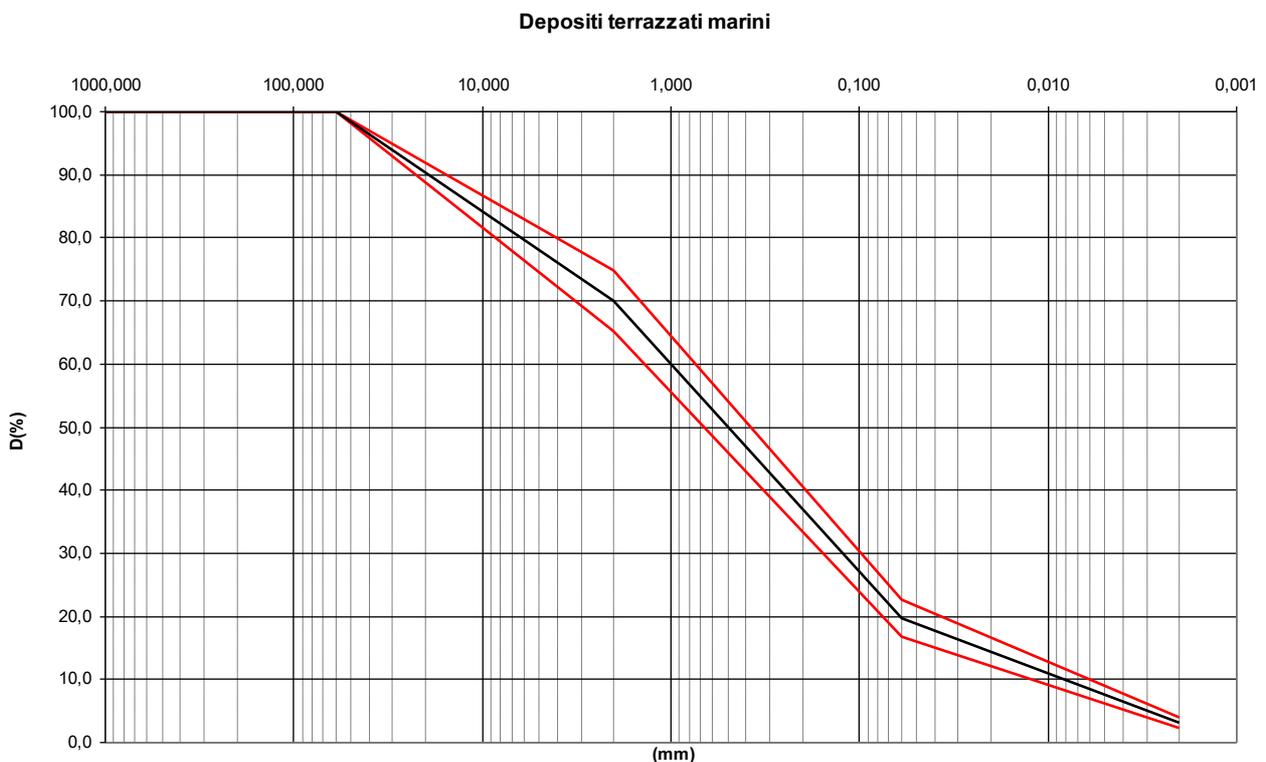
Dalle prove di laboratorio su campioni rimaneggiati si ottiene per l'angolo di attrito un valore di $30^\circ - 35^\circ$.

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

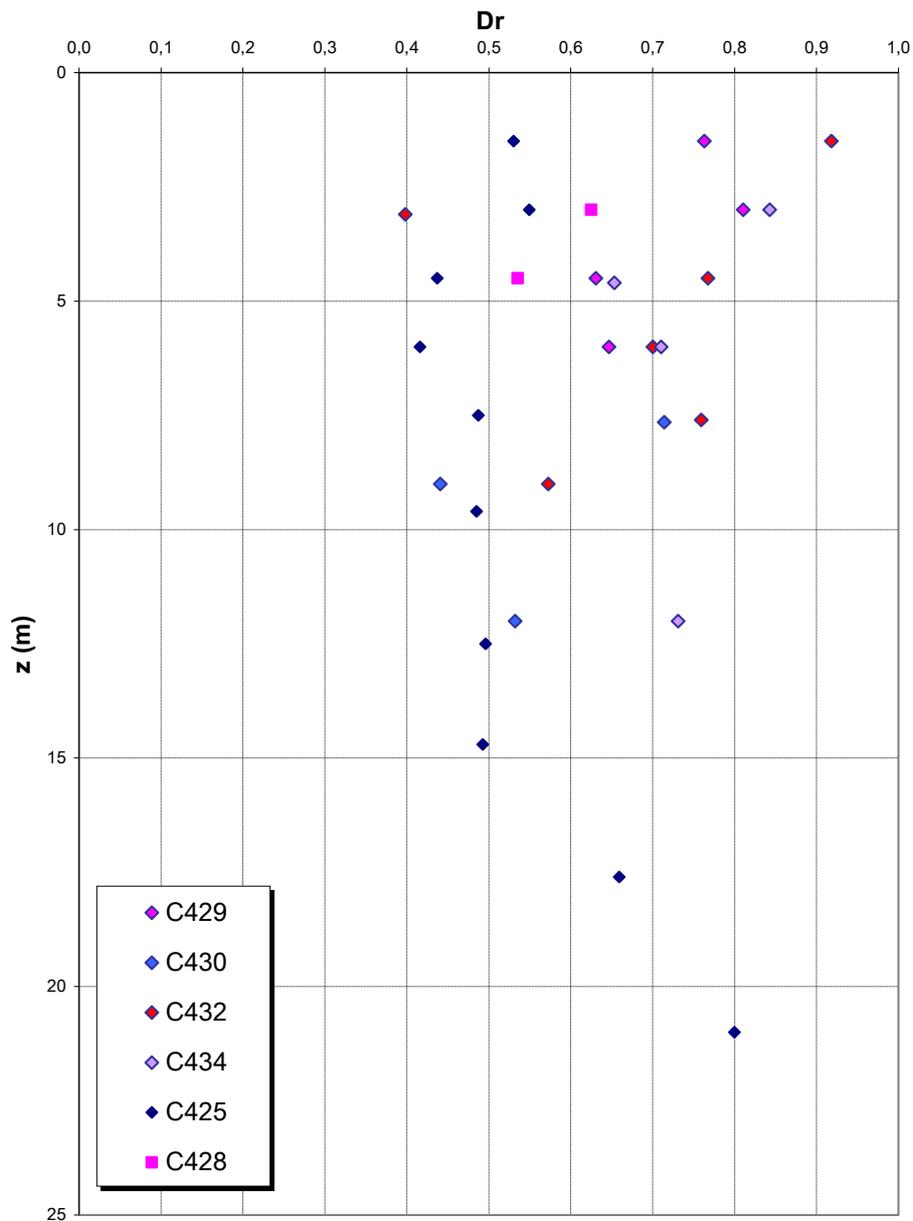
z(m)	G0(MPa)	E0(MPa)	E'(MPa)
0-10	100-250	240-600	32-80 / 80-200

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

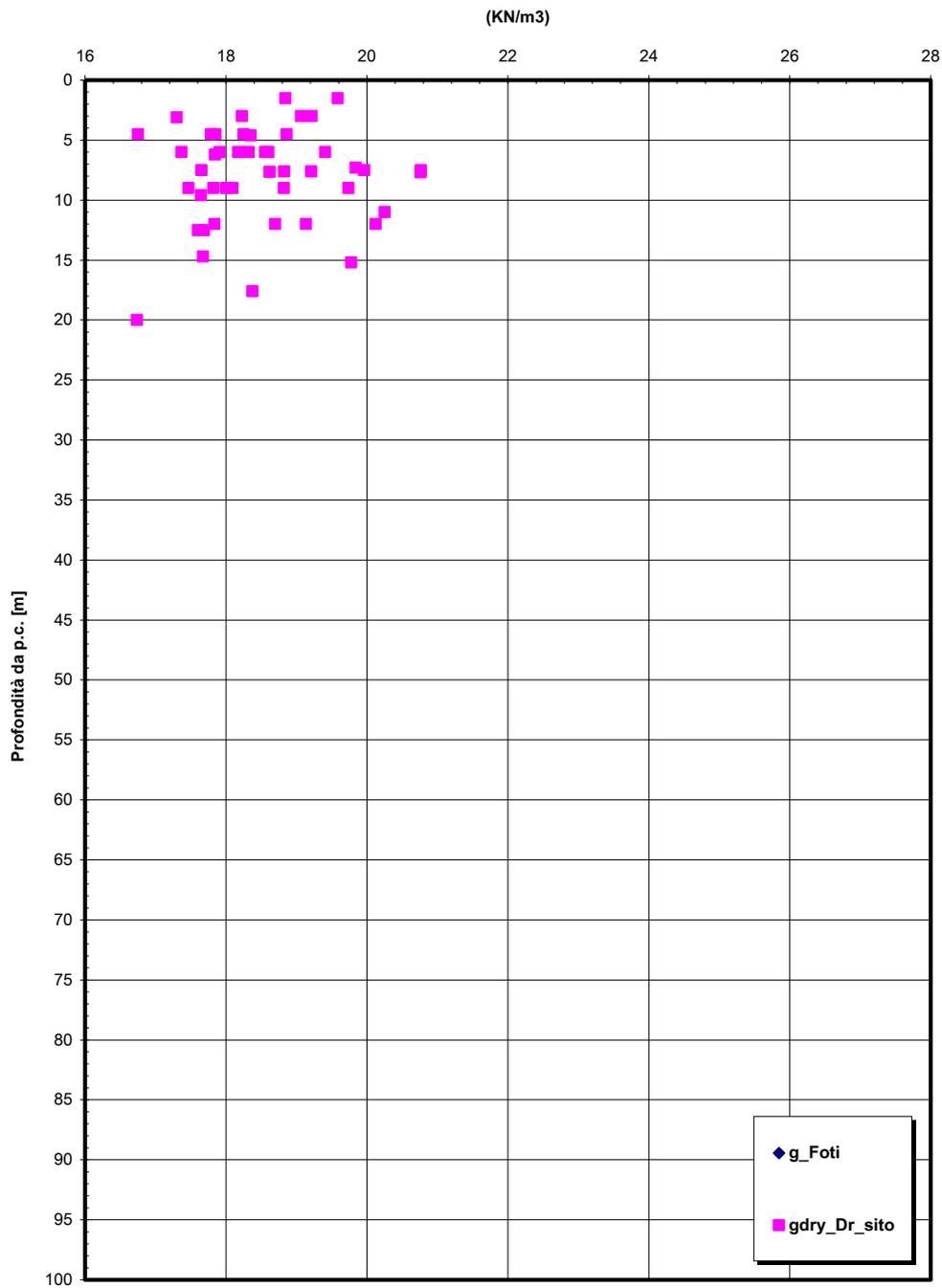
La prova pressiometrica (SN8) ha fornito un valore (primo carico) di E' di 120MPa a circa 18m di profondità.



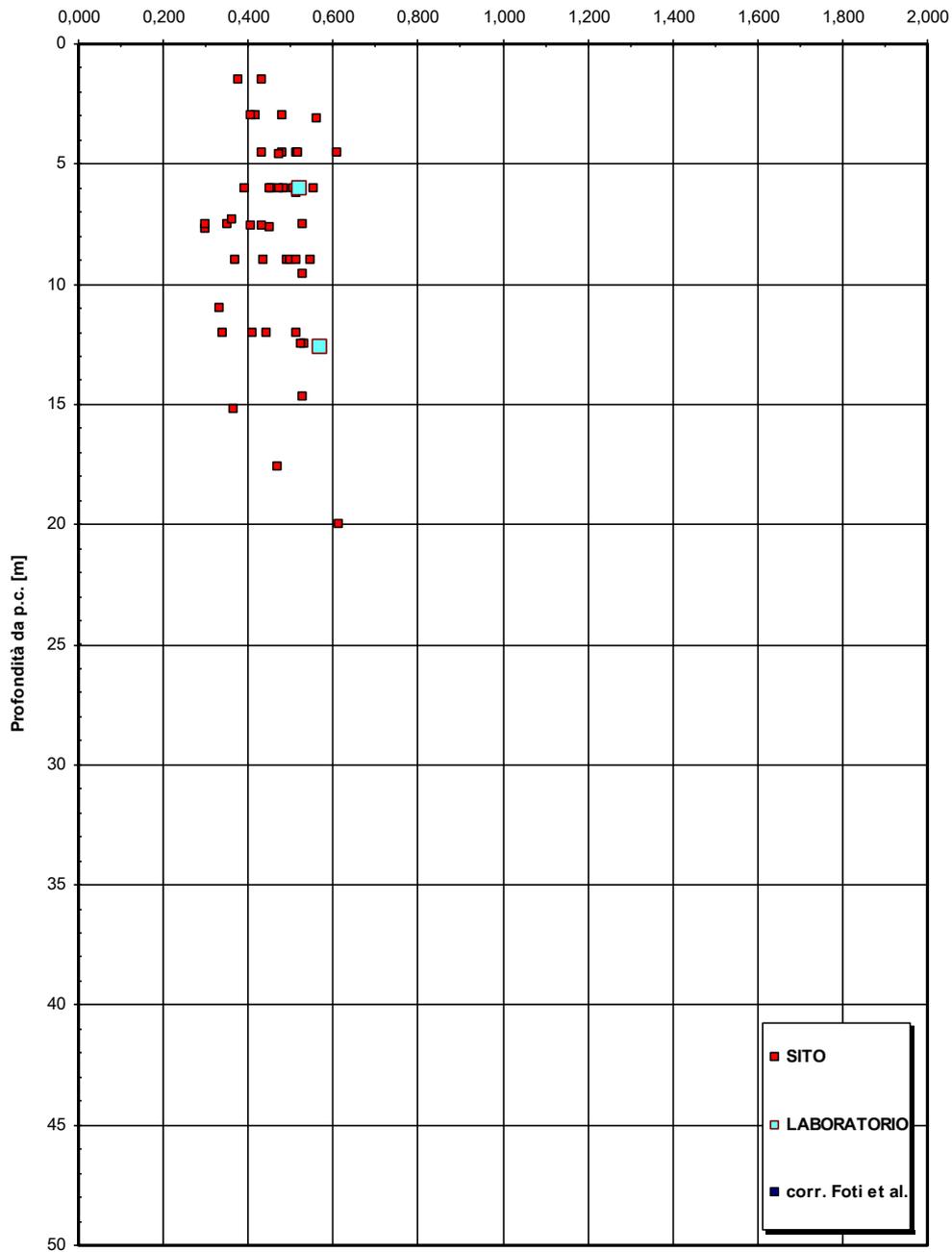
Dr Skempton (1986)
Componente sabbiosa prevalente
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI
- Rampa F -



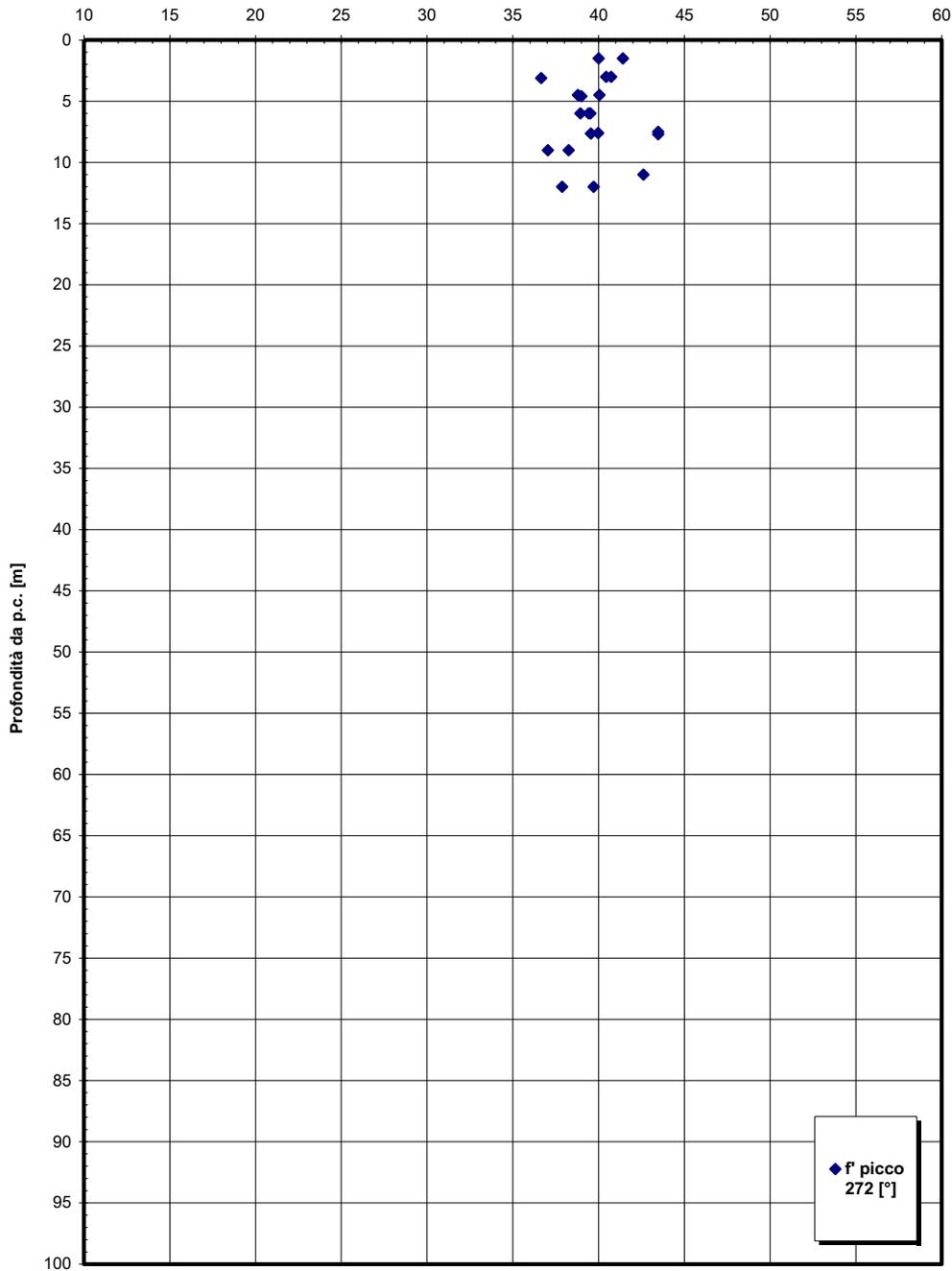
Ramo F

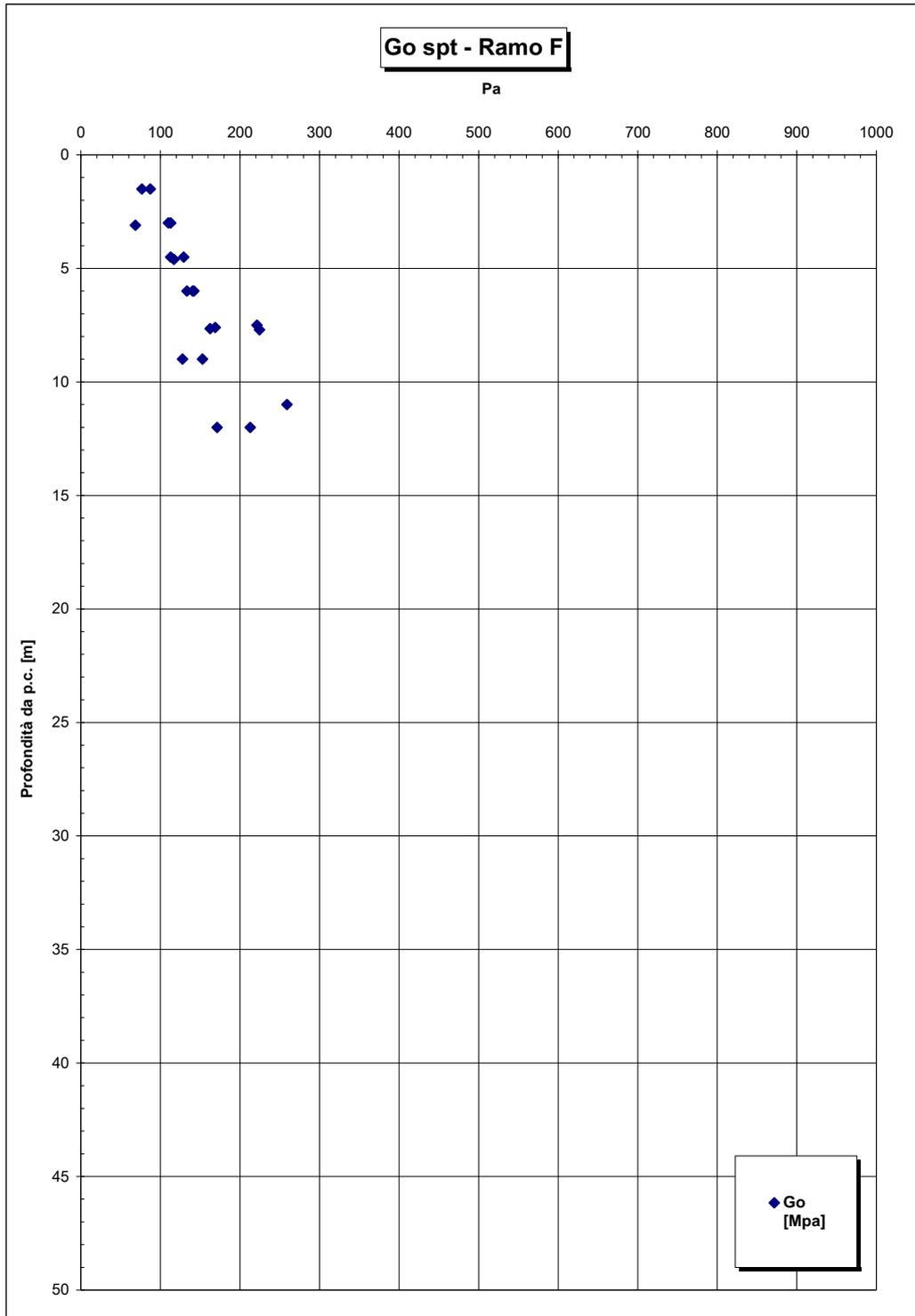


e Ramo F



' picco - Ramo F





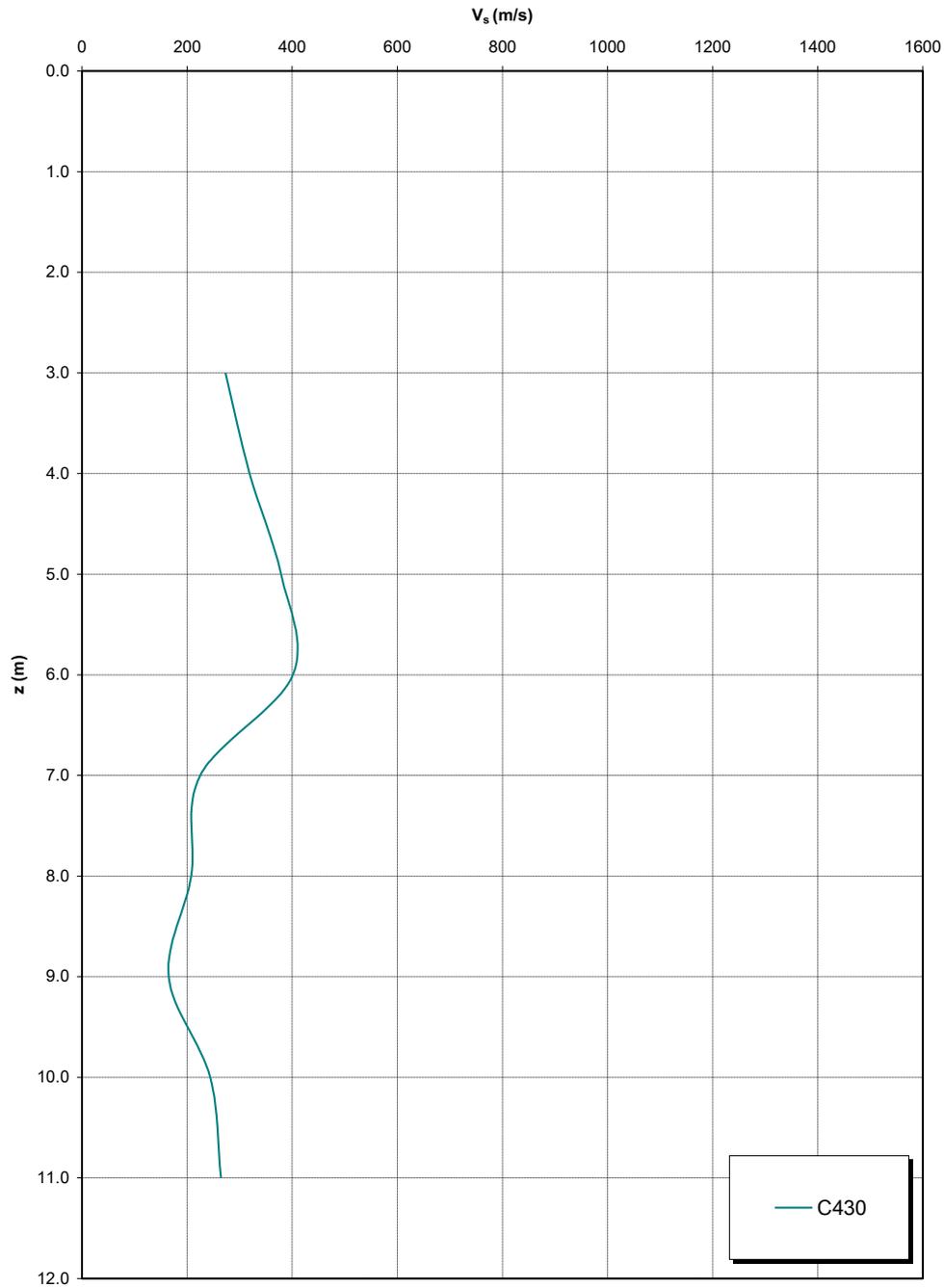
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0549_F0.doc

Rev
F0

Data
20/06/2011

Prove sismiche
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI
- Rampa F -



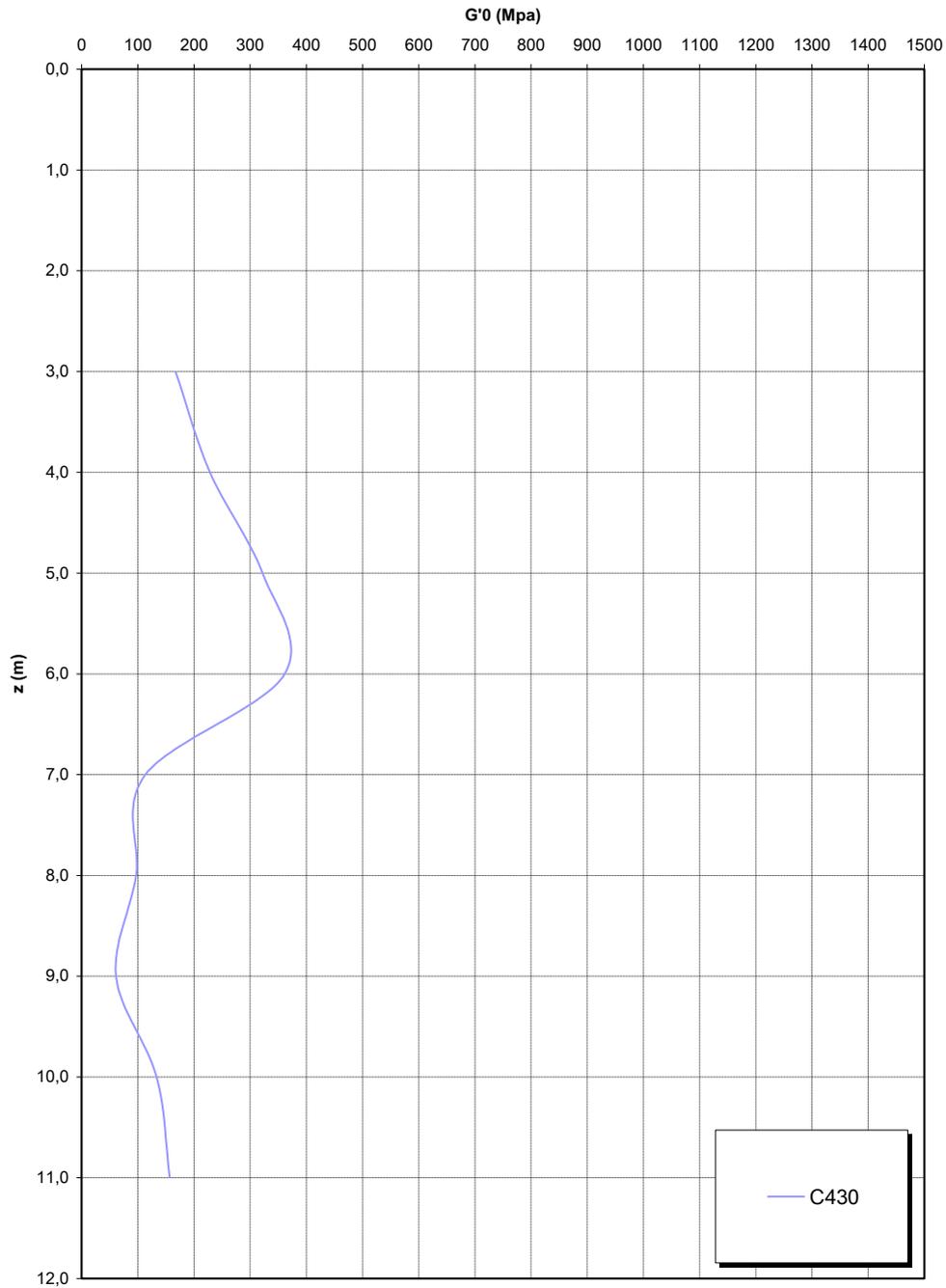
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0549_F0.doc

Rev
F0

Data
20/06/2011

Prove sismiche
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI
- Rampa F -



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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 ρ 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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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:

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

$E'=1000 \div 1500 \text{ Mpa}$ 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 $E_0 > 4000 \text{ MPa}$.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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

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

Si ritiene quindi ragionevole assumere tale range di valori operativi:

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

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

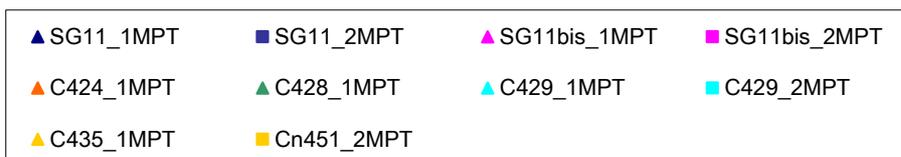
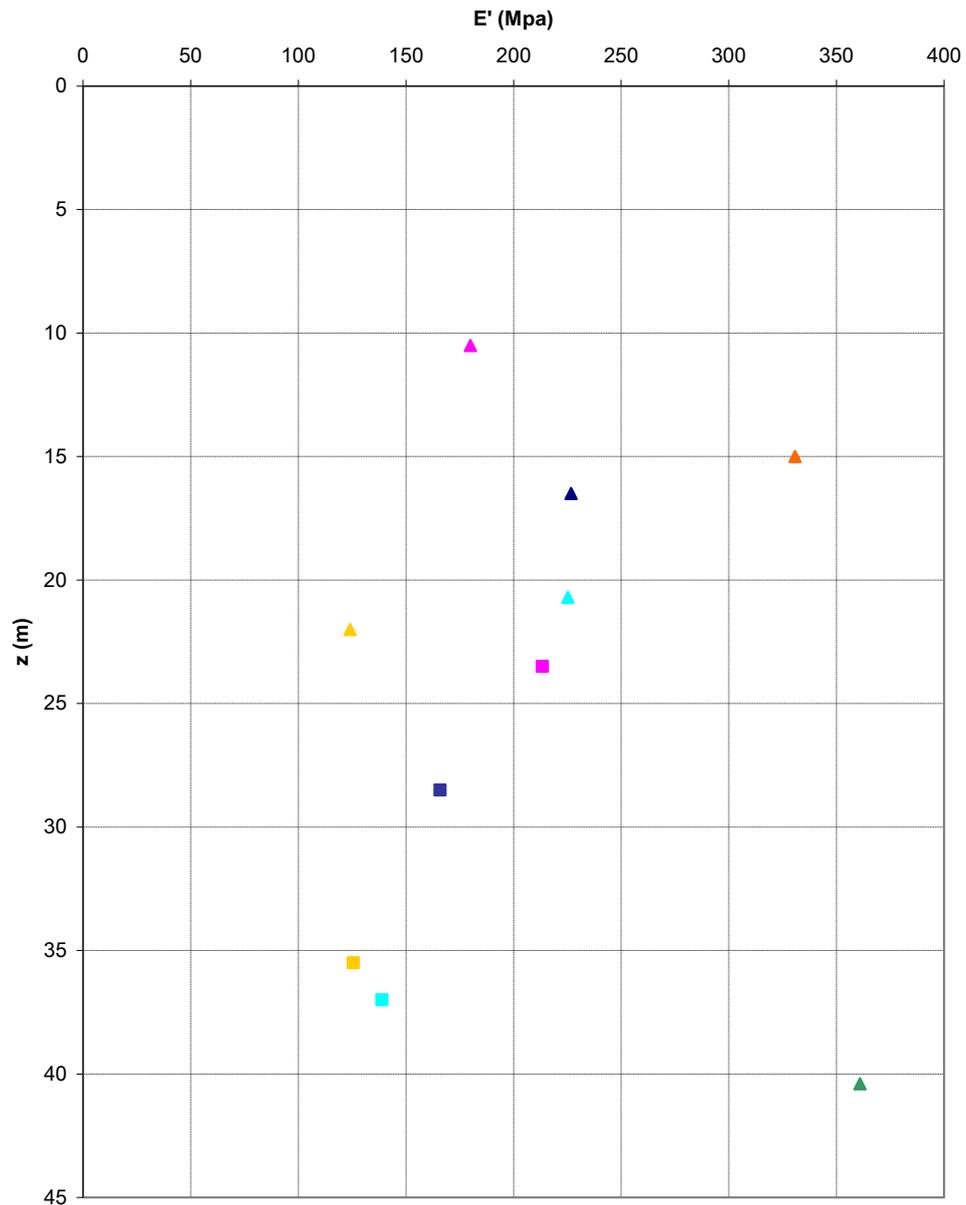
$E'=1000 \div 1500$ Mpa per profondità maggiori

Riepilogo caratteristiche fisiche plutoniti

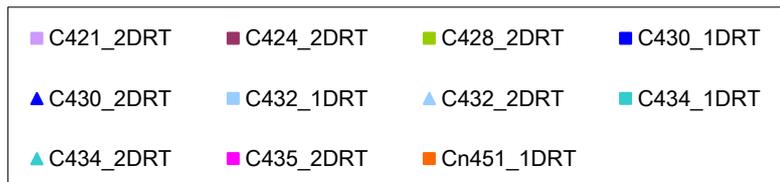
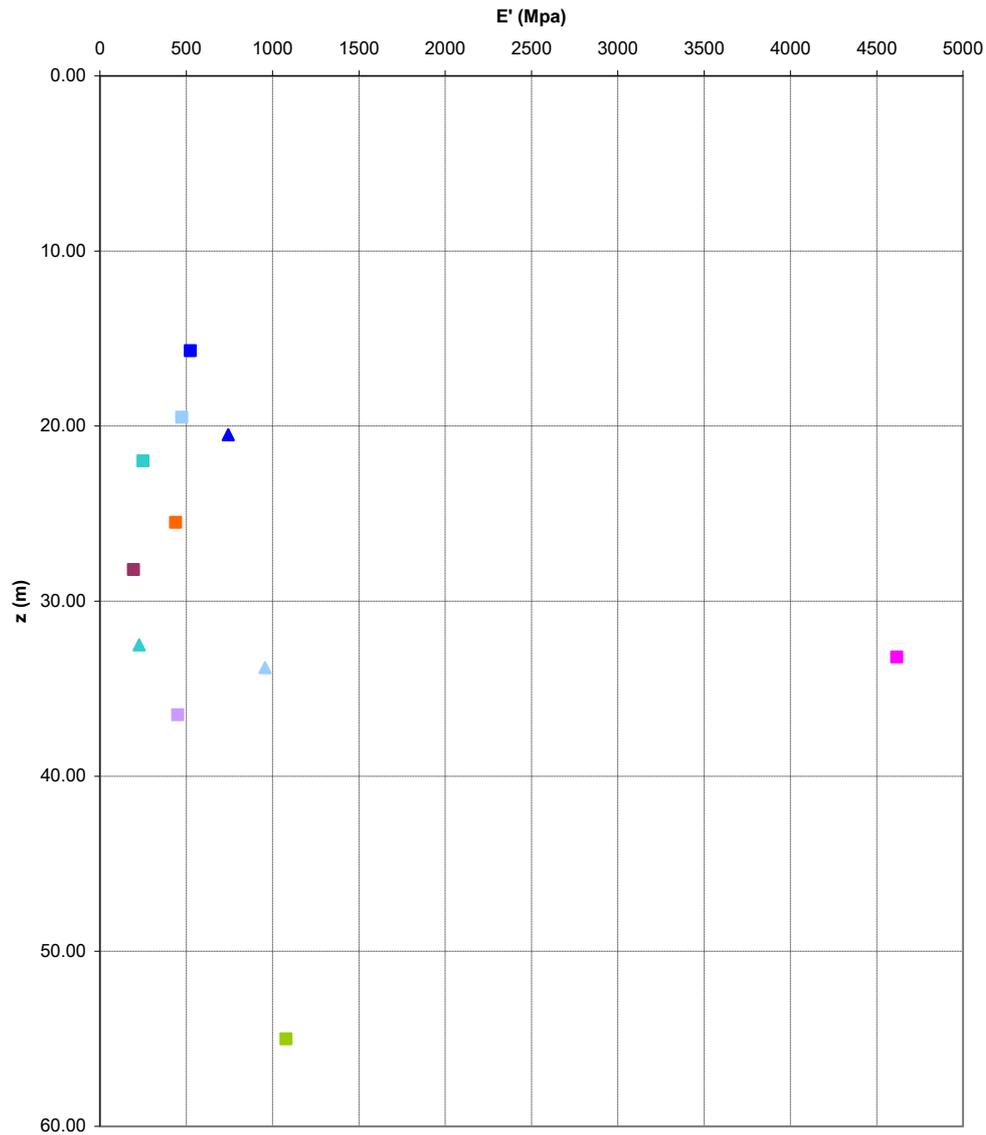
SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	(kN/m ³)	d (kN/m ³)	s (kN/m ³)
SG11bis	C1	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	4.1	19.91	18.0	25.80
SG11bis	C2	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	8.4	18.85	15.2	25.90
SG11bis	C3	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	11.45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

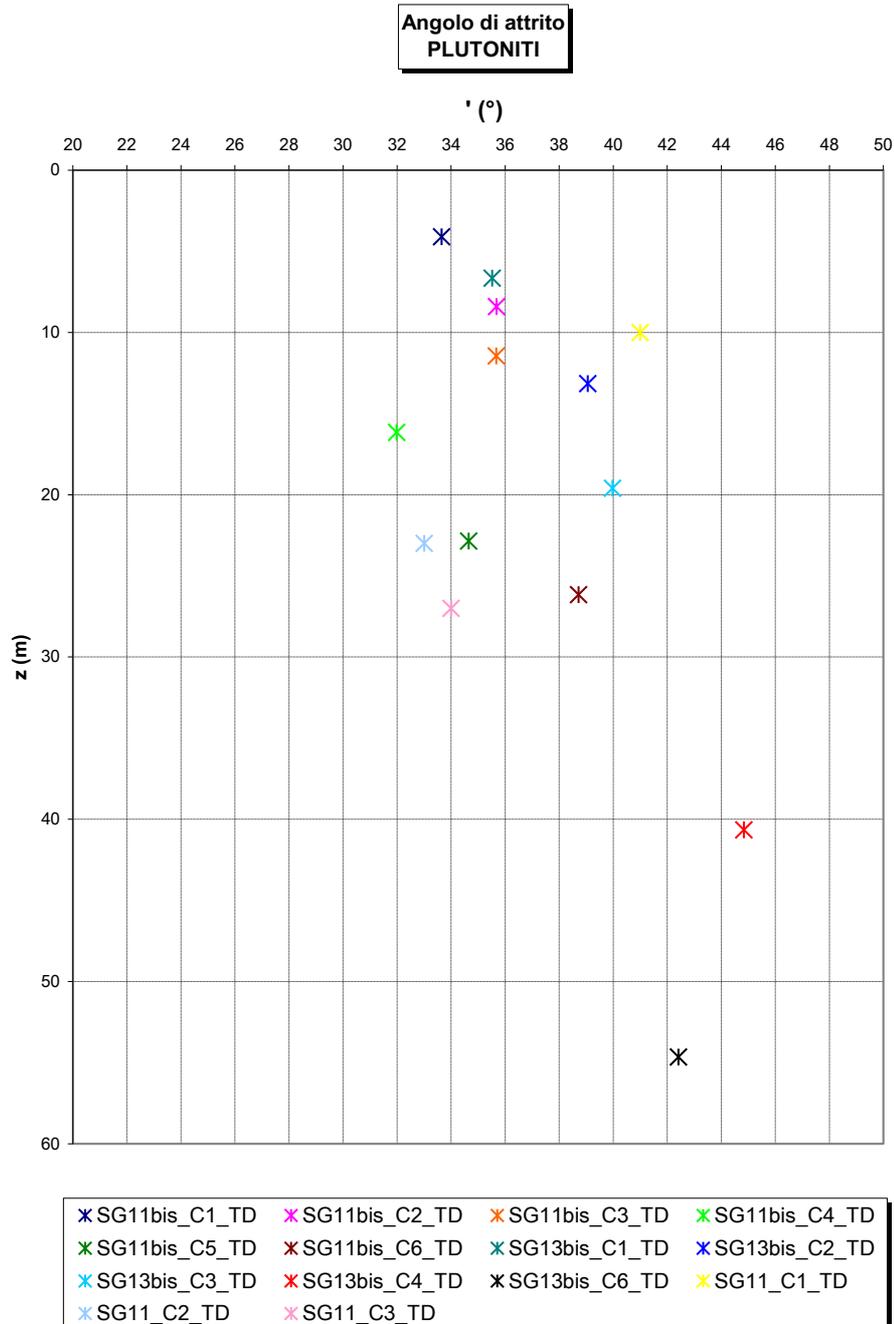


ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

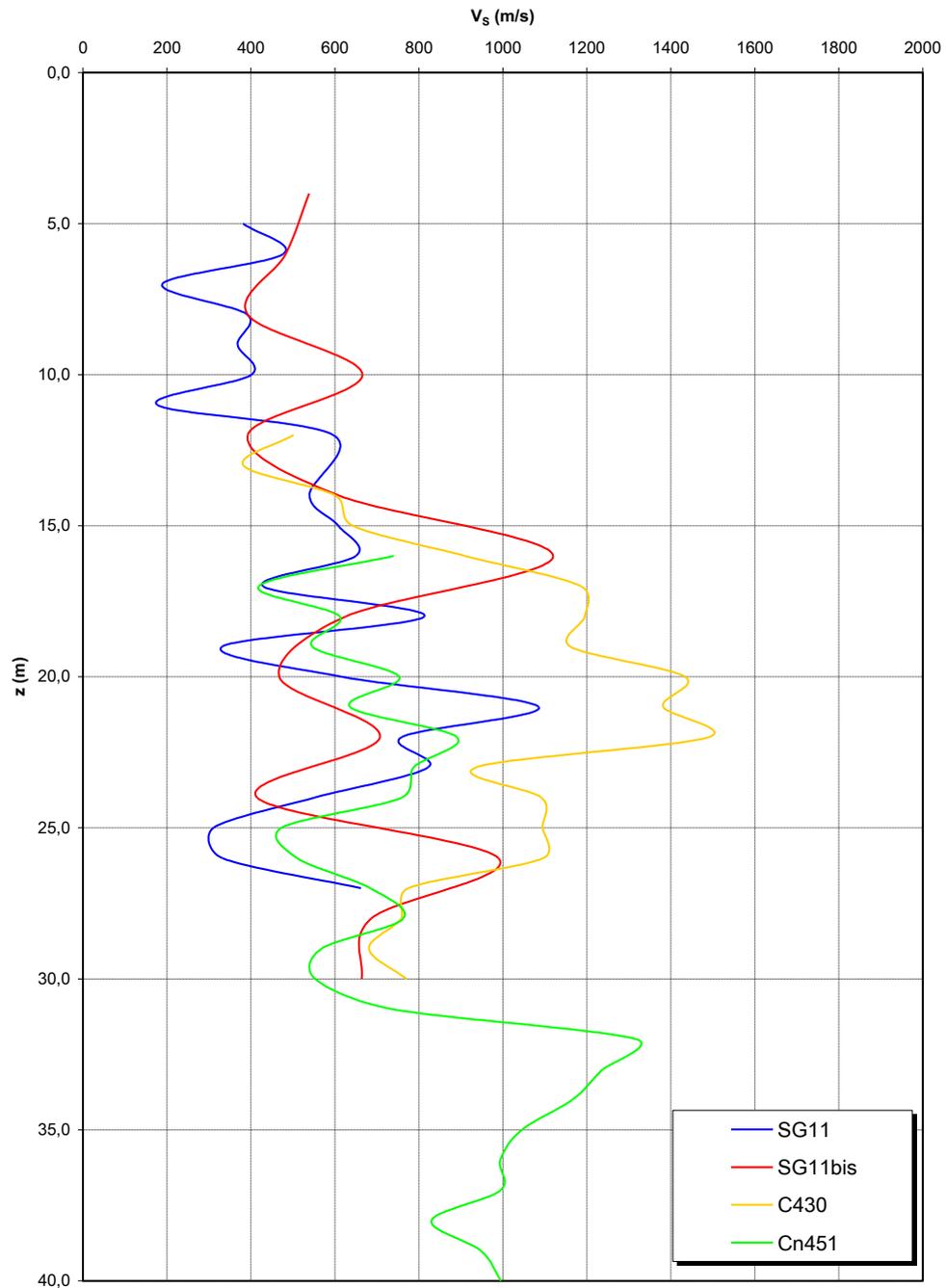
Codice documento
CS0549_F0.doc

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

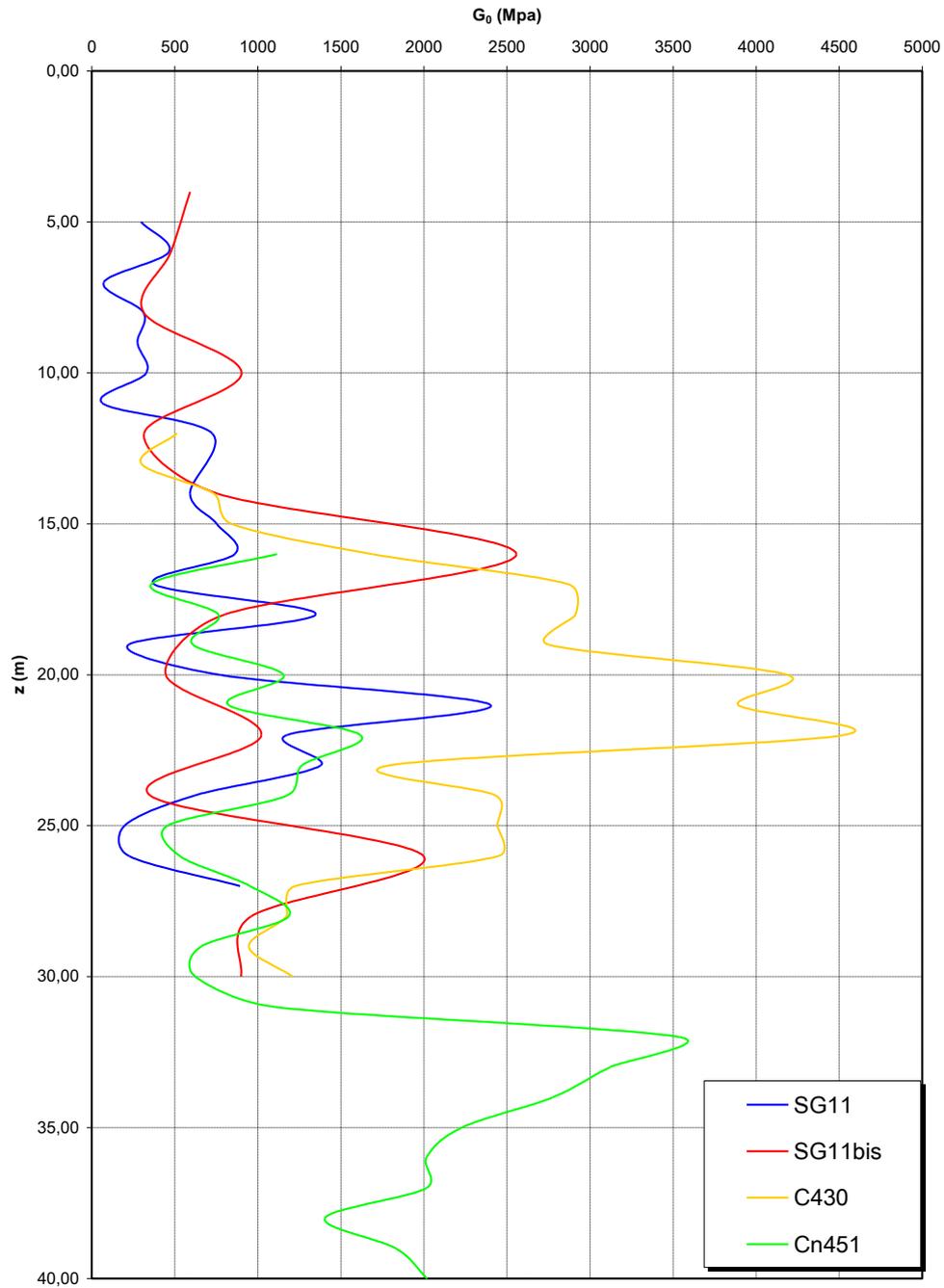
SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	Opera	PROVA	c' [kPa]	φ' [°]
SG11	C1/riman	10.0	Rampa C 1+200-3+300	TD	16.3	41
SG11	C2/ind	23.0	Rampa C 1+200-3+300	TD	11.6	33
SG11	C3/ind	27.0	Rampa C 1+200-3+300	TD	18.3	34
SG11bis	C1	4.1	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	21	34
SG11bis	C2	8.4	Rampa A 2+100-2+370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



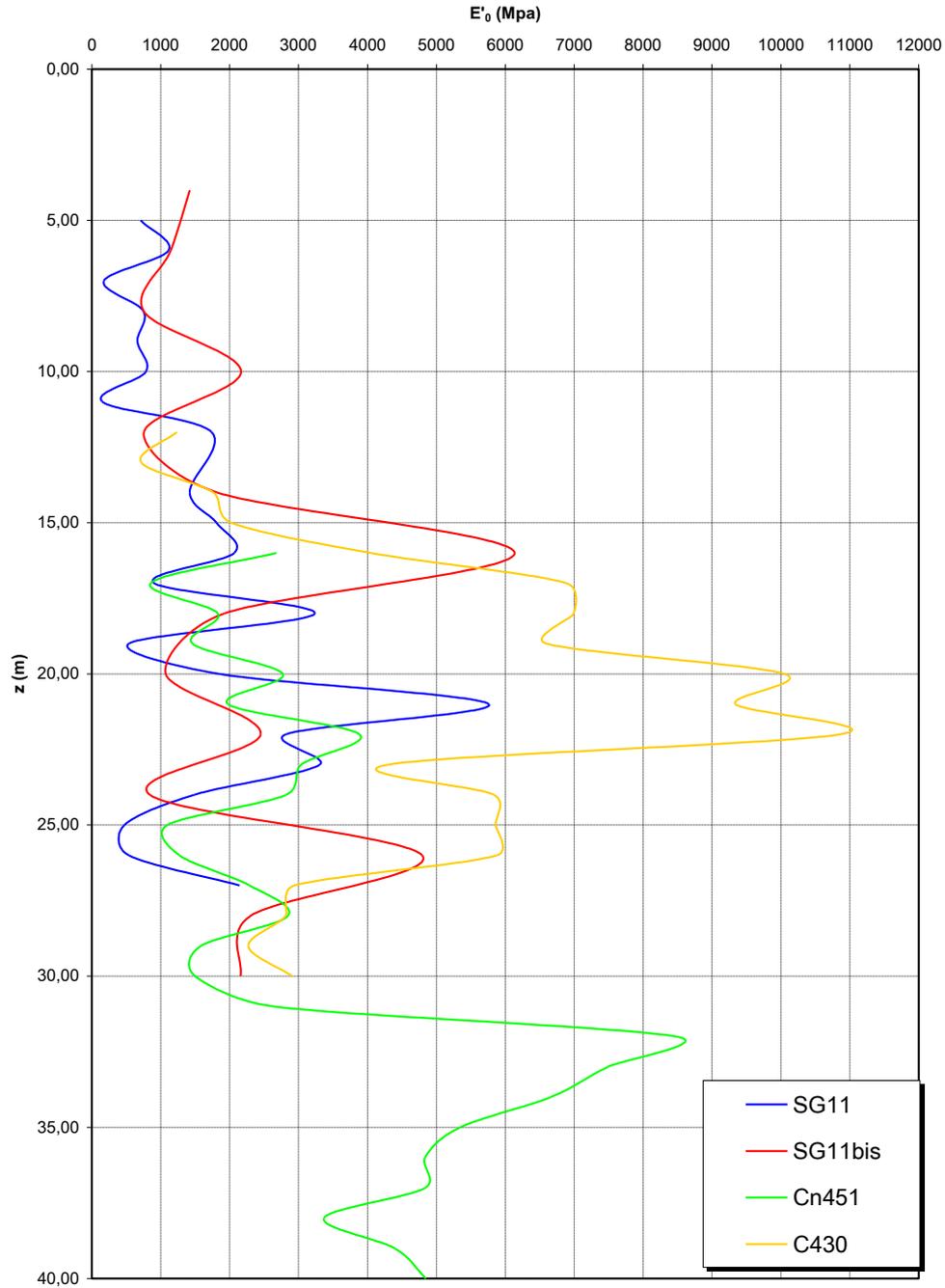
**Prove sismiche
PLUTONITI**

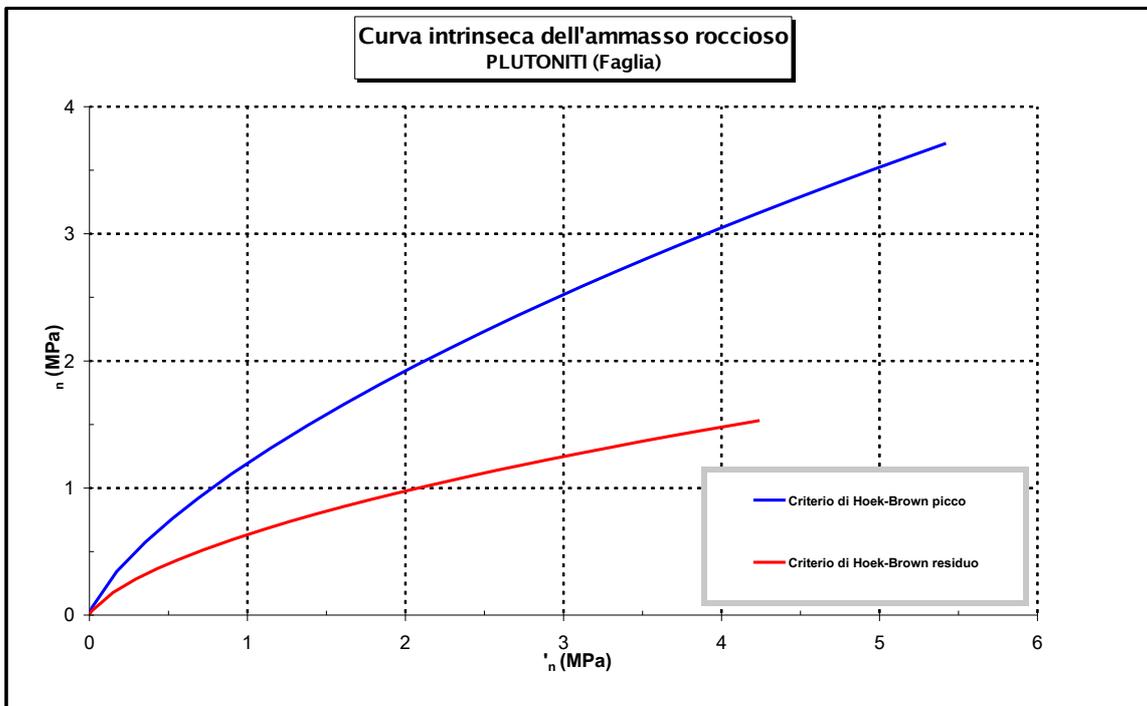
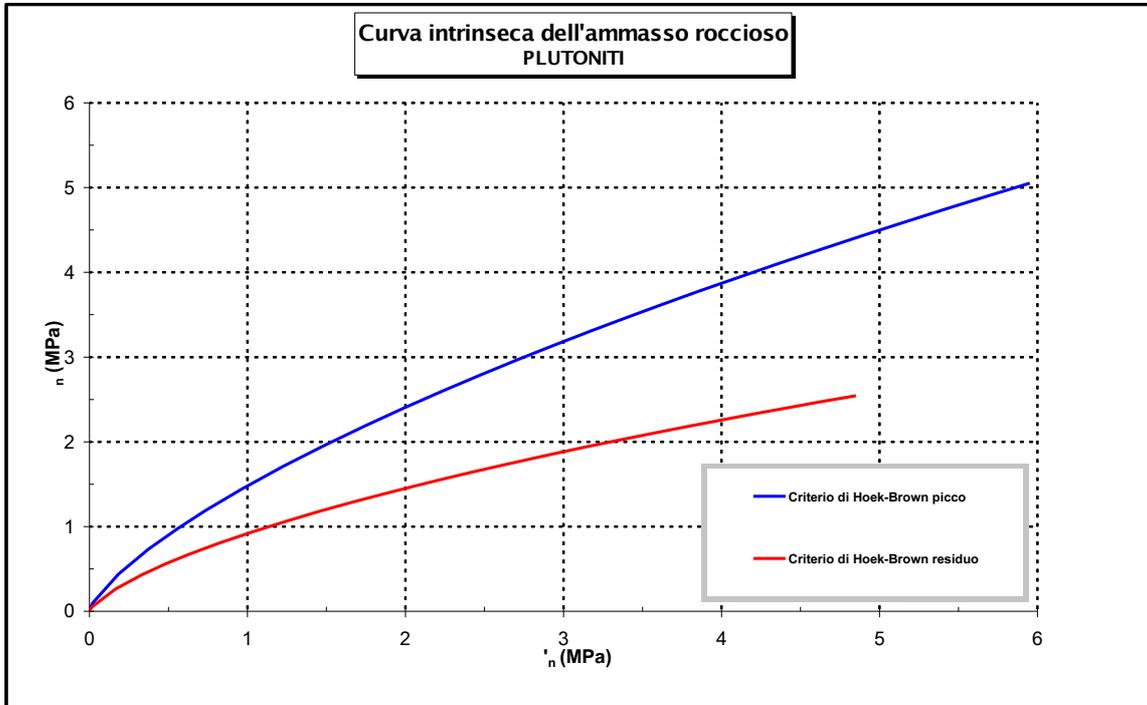


**Prove sismiche
PLUTONITI**



**Prove sismiche
PLUTONITI**





		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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°.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6 METODO DI CALCOLO A FESSURAZIONE

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

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

Si distinguono i seguenti casi:

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

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

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

Si considerano i seguenti valori limite di apertura delle fessure:

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

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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.

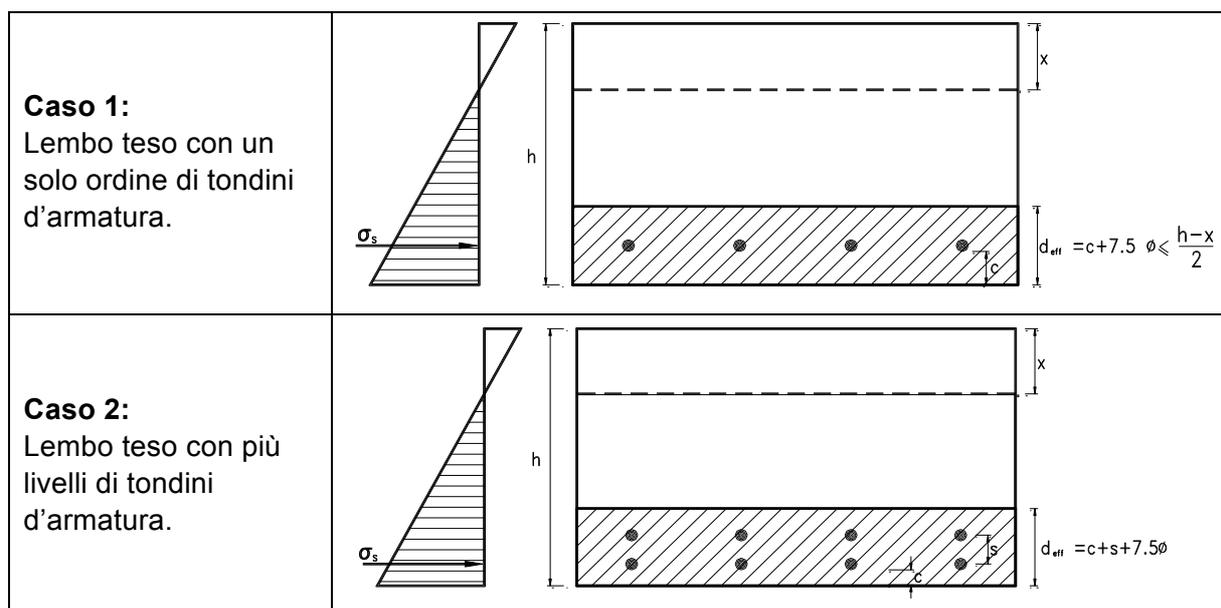
Il calcolo è condotto attraverso i seguenti passaggi:

- ▣ 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.



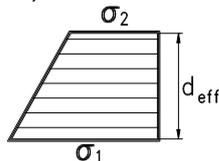
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

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

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

dove:

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



- ϕ_1, ϕ_2 = trazione nel cls teso;
- $\phi_r = A_s / A_{ceff}$ = rapporto geometrico d'armatura (con A_s = area della sezione di acciaio posta nell'area A_{ceff}).

6.2 VALUTAZIONE DELLA DEFORMAZIONE MEDIA DELLE BARRE DI ARMATURE

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

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

dove:

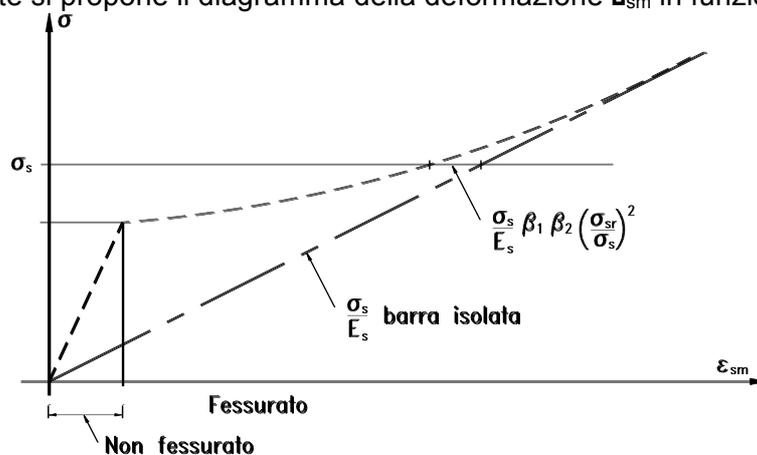
- σ_s = tensione nell'acciaio calcolata nella sezione fessurata;
- σ_{sr} = tensione nell'acciaio calcolata nella sezione fessurata per la sollecitazione corrispondente al raggiungimento della resistenza media a trazione f_{ctm} nella fibra di cls più sollecitata in sezione interamente reagente, compresa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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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						

- α_1 = coefficiente rappresentativo dell'aderenza acciaio-clc, 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 s_m :

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

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

$$w_d = 1.7 \cdot w_m$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6.4 DESCRIZIONE INPUT E OUTPUT DEL PROGRAMMA DI CALCOLO

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

- ▣ Indicazione sul tipo di barre utilizzate, utile per la determinazione di k_2 e 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).

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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7 FASI COSTRUTTIVE

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

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

7.1 REALIZZAZIONE DEL PROLUNGAMENTO A MONTE

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

1. Demolizione parziale del manufatto di imbocco esistente e risistemazione delle parti mantenute in opera;
2. Realizzazione del rivestimento dei diaframmi;
3. 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 ed alla realizzazione di una parete in spritz-beton per il sostegno del terreno al di sotto dell'esistente tombino;
3. Demolizione del manufatto esistente;
4. Realizzazione del nuovo pozzetto di caduta n°1;
5. Sbancamento del terreno nella zona del nuovo pozzetto di caduta n°2 e successiva realizzazione del pozzetto stesso;
6. Sbancamento del terreno nella zona del nuovo pozzetto di caduta n°3 e successiva realizzazione del pozzetto stesso;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

7. Realizzazione del piano di posa e successiva posa in opera degli elementi prefabbricati circolari $\square 1500\text{mm}$ tra i pozzetti n°1 e n°2;
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 $\square 1500\text{mm}$ tra il pozzetto n°3 ed il muro di sostegno;
10. Realizzazione del piano di posa e successiva posa in opera degli elementi prefabbricati circolari $\square 1500\text{mm}$ tra i pozzetti n°2 e n°3;
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. Ricoprimento del tombino tra i pozzetti di caduta n°1 e n°2 per la realizzazione del rilevato della Rampa C;
14. Demolizione del cordolo e della testa della paratia provvisoria e rimodellazione del terreno a lato dell'Autostrada A3.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

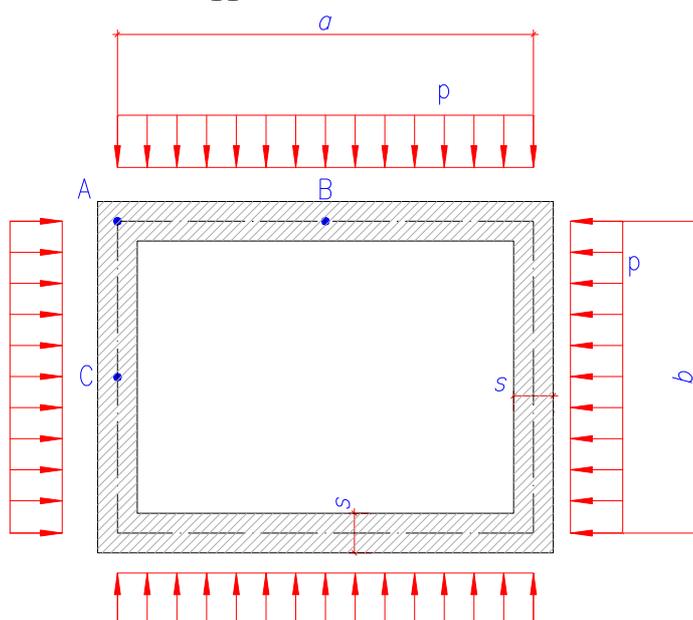
8 ANALISI POZZETTO DI CADUTA

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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:

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

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.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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:

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

Considerando il rapporto k dato da:

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

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

si ottengono le seguenti sollecitazioni:

	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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

8.2 VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO

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

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

8.3 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 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 ($M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$) = 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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Momento negativo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

5 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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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 ($M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$) = 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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Momento negativo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

5 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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		Codice documento CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Rev</th> <th style="text-align: left;">Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

8.4 VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO

8.4.1 FLESSIONE

METODO SEMIPROBABILISTICO - VERIFICA A ROTTURA

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
 h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (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 : $\gamma_c = 1.500$
 Coefficiente di sicurezza acciaio : $\gamma_s = 1.150$
 Termine di lunga durata : F₁ = 0.850
 Rapporto R_{cyl}/R_{cubo}: F₂ = 0.830
 Resistenza di progetto calcestruzzo : F₁·F₂·R_{cubo}/ $\gamma_c = 0.47R_{cubo}$
 Resistenza di progetto dell'acciaio : F_{sd} = F_{yk}/ $\gamma_s = 0.87F_{yk}$

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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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						

Condizione di carico 2

Momento di Progetto $M_d = -64.9$ (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 $M_r/M_d = 1.922$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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 taglianti di elementi sprovvisti di apposita armatura a taglio è valutata con la seguente espressione:

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

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

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

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

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

b_w = larghezza minima della sezione (in mm).

Di seguito viene presentata la tabella di verifica della sezione.

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	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 tendini longitudinali utilizzati	n°	=	5	-
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	770	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitud. (≤ 0.02)	α_l	=	0.0022	-

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8.5 ANALISI SOLETTA SUPERIORE

8.5.1 ANALISI DEI CARICHI

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

Peso del terreno

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

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

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

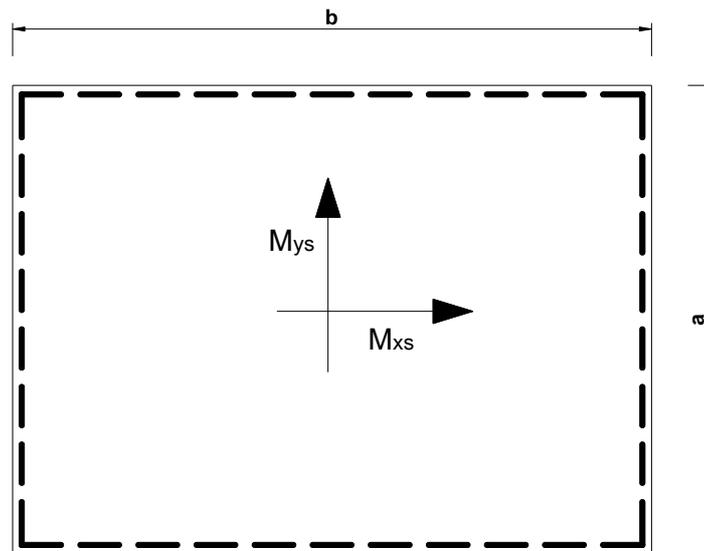
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8.5.2 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Lo studio viene eseguito considerando una piastra di dimensioni pari a 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:

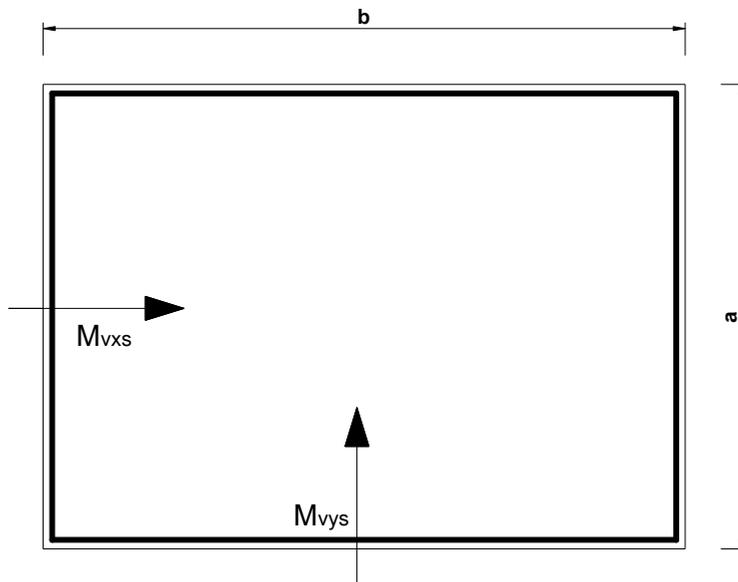
$$M_{xs} = k_{xs} q b^2$$

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

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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Schema struttura momento negativo massimo

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

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

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

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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

8.6 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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Sforzo normale = 0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.81 (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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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						

8.7 VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

8.7.1 COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI

Momento positivo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Momento negativo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

5 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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8.7.2 COMBINAZIONI FREQUENTI

Momento positivo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		Codice documento CS0549_F0.doc	Rev F0	Data 20/06/2011

8.8 VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO

8.8.1 FLESSIONE

METODO SEMIPROBABILISTICO - VERIFICA A ROTTURA

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
 h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (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 : $\gamma_c = 1.500$
 Coefficiente di sicurezza acciaio : $\gamma_s = 1.150$
 Termine di lunga durata : F₁ = 0.850
 Rapporto R_{cyl}/R_{cubo}: F₂ = 0.830
 Resistenza di progetto calcestruzzo : F₁·F₂·R_{cubo}/ $\gamma_c = 0.47R_{cubo}$
 Resistenza di progetto dell'acciaio : F_{sd} = F_{yk}/ $\gamma_s = 0.87F_{yk}$

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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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						

Condizione di carico 2

Momento di Progetto $M_d = -35.6 \text{ (KN.m)}$
Sforzo di Progetto $N_d = 0.0 \text{ (KN)}$

Distanza asse neutro da lembo compresso = 4.4 (cm)

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

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

Rottura nel Dominio 2

Rapporto $M_r/M_d = 2.765$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8.8.2 TAGLIO

Verifiche senza armatura trasversale resistente a taglio

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

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

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

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

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

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

b_w = larghezza minima della sezione (in mm).

Di seguito viene presentata la tabella di verifica della sezione.

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	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)	α_l	=	0.0022	-

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

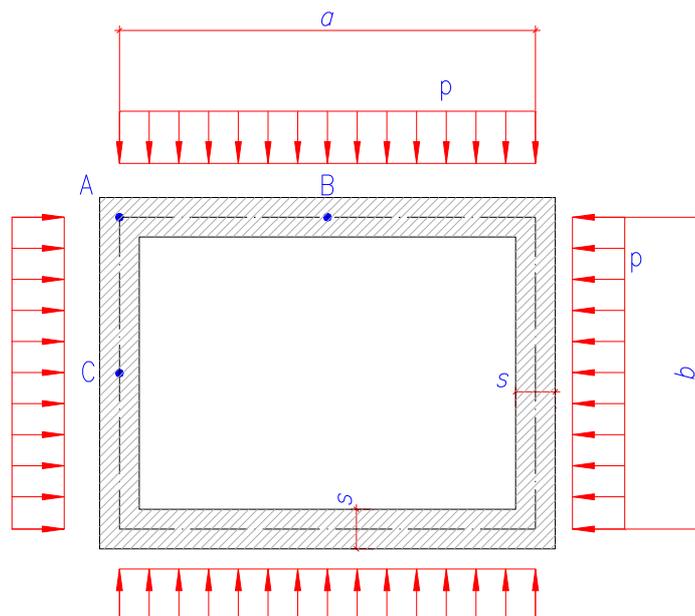
9 ANALISI TORRINO

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.

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)
1.05 x 1.05	0.25	1.50

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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:

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

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.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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:

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

Considerando il rapporto k dato da:

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

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

si ottengono le seguenti sollecitazioni:

	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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

9.2 VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO

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

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 25.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

5 ø12 mm posizionati a 5.6 cm da intradosso
5 ø12 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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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						

9.3 VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

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

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 -
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 ø12 mm posizionati a 5.6 cm da intradosso
5 ø12 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 : $\alpha_c = 1.500$
Coefficiente di sicurezza acciaio : $\alpha_s = 1.150$
Termine di lunga durata : F₁ = 0.850
Rapporto R_{cyl}/R_{cubo}: F₂ = 0.830
Resistenza di progetto calcestruzzo : F₁·F₂·R_{cubo}/ α_c = 0.47R_{cubo}
Resistenza di progetto dell'acciaio : F_{sd} = F_{yk}/ α_s = 0.87F_{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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9.4.2 TAGLIO

Verifiche senza armatura trasversale resistente a taglio

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

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

con:

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

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

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

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

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

b_w = larghezza minima della sezione (in mm).

Di seguito viene presentata la tabella di verifica della sezione.

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	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)	α_l	=	0.0029	-

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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						

10 ANALISI MURO DI SOSTEGNO

10.1 ANALISI DEI CARICHI

10.1.1 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 220 cm e spessore pari a 50 cm; elevazione (unica risega) di altezza pari a 250 cm e spessore di 40 cm.

10.1.2 SPINTA DELLE TERRE

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

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

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

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

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	=	3.00	altezza di spinta (in m)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.1.3 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.

10.2 COMBINAZIONI DI CARICO PER LE VERIFICHE

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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

10.3.1 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	250.00		0.50	0.60	
Peso proprio ciabatta di fondazione	275.00		1.10	0.00	
Peso del terreno da rilevato su ciabatta posteriore	750.00		1.45	-0.35	
Peso del terreno da rilevato su ciabatta anteriore	0.00		0.15	0.95	
Peso dei sovraccarichi permanenti su ciabatta posteriore	127.50		1.45	-0.35	
Spinte del terreno da rilevato a monte	104.92	224.18	2.20	-1.10	1.00
Spinte del terreno dovute a sovraccarichi permanenti	87.78	187.57	2.20	-1.10	1.50
Increm. sismico peso proprio elevazione (SLV)	17.38	34.76	0.50	0.60	1.75
Increm. sismico peso proprio ciabatta di fondazione (SLV)	19.12	38.23	1.10	0.00	0.25
Increm. sismico terreno da rilevato su ciabatta posteriore (SLV)	52.14	104.28	1.45	-0.35	1.75
Increm. sismico sovraccarichi perm. su ciabatta posteriore (SLV)	8.86	17.73	1.45	-0.35	0.50
Spinte sismiche del terreno da rilevato a monte (SLV)	145.82	311.58	2.20	-1.10	1.00
Spinte sismiche del terreno dovute a sovraccarichi perm. (SLV)	122.00	260.69	2.20	-1.10	1.50

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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.3.2 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. 10.2);
 N_i = forza verticale (vedi paragrafo 10.3.1);
 $b_{i-oriz(O)}$ = braccio della forza verticale rispetto al centro di rotazione (vedi par. 10.3.1);
 α_i = coefficiente di combinazione della forza V_i (vedi par. 10.2);
 V_i = forza orizzontale (vedi par. 10.3.1);
 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]	1530	1700	1582
Momento ribaltante totale	[kNm]	90	82	964
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	[-]	17.05	20.83	1.64

10.3.3 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. 10.2);
 N_i = forza verticale (vedi par. 10.3.1);
 α_i = coefficiente di combinazione della forza V_i (vedi par. 10.2);
 V_i = forza orizzontale (vedi par. 10.3.1).

Verifiche a scivolamento		Comb. SLU_GEO- 1	Comb. SLU_ECC	Comb. SLU_SISM
Forza di attrito totale	[kN/m]	842	842	783
Forza di scorrimento totale	[kN/m]	412	412	767
Coefficiente di sicurezza allo scivolamento	[-]	2.04	2.04	1.02

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.3.4 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:
- γ' = 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:*

$$N_q = \left(\frac{\gamma' D}{2} \right) \tan^2(45^\circ + \frac{\phi'}{2}) e^{\phi' \tan(\frac{\phi'}{2})}$$

$$N_c = (N_q + 1) \cotg(\phi')$$

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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:*

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

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

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

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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

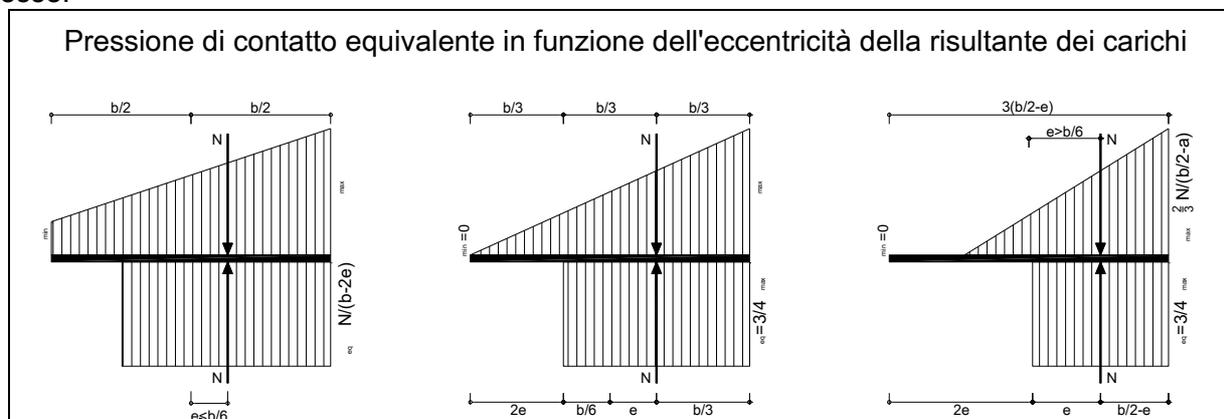
- H = azione parallela al piano di posa sulla fondazione;
- N_c = coefficiente di capacità portante (definito in precedenza);
- d_q = coefficiente dipendente dalla profondità del piano di posa (definito in precedenza).

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;
- σ_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0

Verifiche di portata della fondazione (formulazione di Brinch-Hansen)		Comb. SLU_GEO- 1	Comb. SLU_GEO- 2	Comb. SLU_ECC	Comb. SLU_SISM
Sollecitazioni sul concio a base fondazione	M [kNm]	560	560	560	818
	N [kN]	1403	1403	1403	1305
	H [kN]	412	412	412	767
	e [m]	0.40	0.40	0.40	0.63
Caratteristiche geometriche della fondazione	B _R [m]	2.20	2.20	2.20	2.20
	B [m]	1.40	1.40	1.40	0.95
	L [m]	10.00	10.00	10.00	10.00
	D [m]	1.30	1.30	1.30	1.30
	q' [kN/m ²]	26.00	26.00	26.00	26.00
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
	q _{fond} [kN/m ³]	21.00	21.00	21.00	21.00
	β [°]	0.00	0.00	0.00	0.00
	γ [°]	0.00	0.00	0.00	0.00
Calcolo della portata limite e di progetto del terreno	q _{LIM-attr.} [kN/m ²]	171.13	171.13	171.13	23.40
	q _{LIM-coes.} [kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
	q _{LIM-car.lat.} [kN/m ²]	412.54	412.54	412.54	120.23
	q _{LIM} [kN/m ²]	583.68	583.68	583.68	143.63
	F _s [-]	1.00	1.00	1.00	1.00
	q _d [kN/m ²]	583.68	583.68	583.68	143.63
Sforzi sul terreno di fondazione	q _{max} [kN/m ²]	133.49	133.49	133.49	183.90
	q _{min} [kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
	L _{reag} [m]	2.10	2.10	2.10	1.42
	q _{eq} [kN/m ²]	100.12	100.12	100.12	137.93

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
q _{min}	la sollecitazione minima sul terreno
q _{max}	la sollecitazione massima sul terreno
q _{eq}	la sollecitazione equivalente sul terreno

Le verifiche di portata risultano pertanto soddisfatte.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

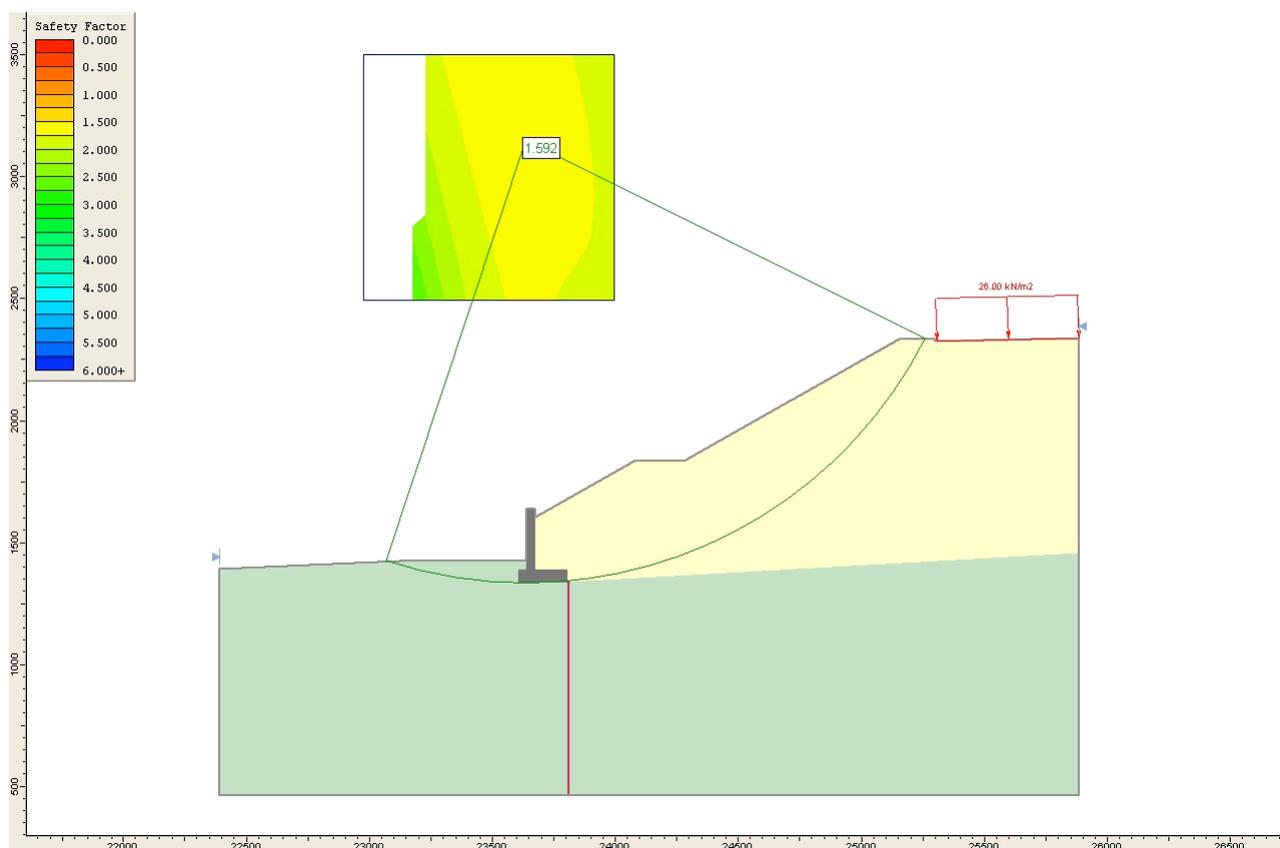
10.3.5 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE MURO-TERRENO

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.

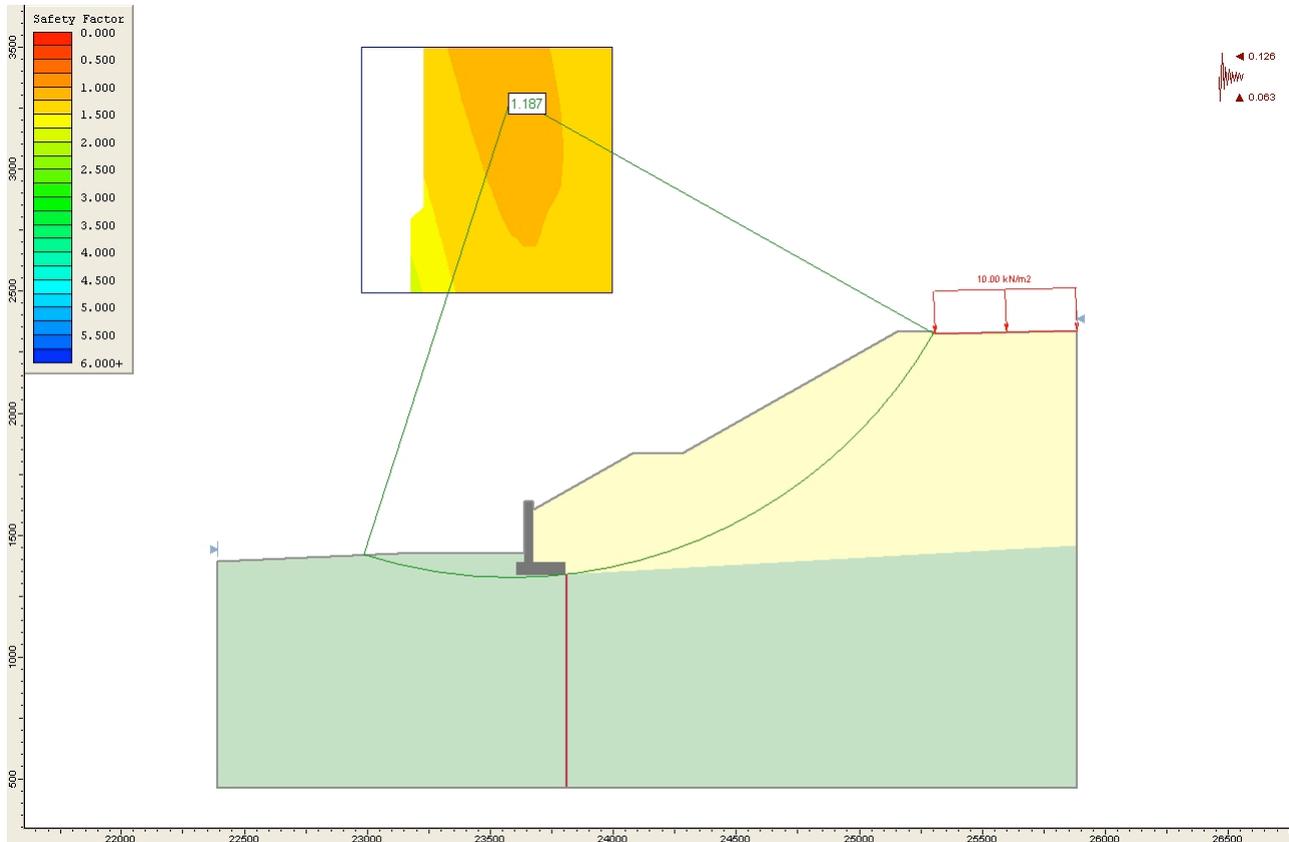
Le analisi di stabilità sono state condotte sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche facendo riferimento alle indicazioni riportate in precedenza; in particolare si assume:

$$\sigma_r \geq 1.1$$

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=1.592



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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

10.4 VERIFICHE DELL'ELEVAZIONE

10.4.1 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 _{oriz} [m]	b _{vert} [m]
Peso proprio elevazione	25.00		0.00	
Spinte del terreno da rilevato a monte	5.74	12.27	-0.20	0.83
Spinte del terreno dovute a sovraccarichi permanenti	5.77	12.32	-0.20	1.25
Increment. sismico peso proprio elevazione (SLD)	0.47	0.95	0.00	1.25
Spinte sismiche terreno da rilevato a monte (SLD)	6.29	13.45	-0.20	0.83
Spinte sismiche terreno dovute a sovracc. perm. (SLD)	6.32	13.50	-0.20	1.25
Increment. sismico peso proprio elevazione (SLV)	1.74	3.48	0.00	1.25
Spinte sism. terreno da rilevato a monte (SLV)	8.18	17.47	-0.20	0.83
Spinte sism. terreno dovute a sovracc. perm. (SLV)	8.21	17.54	-0.20	1.25

	N [kN/m]	V [kN/m]	M [kNm/m]
SLU_STR	25	32	30
SLU_ECC	25	25	23
SLU_SISM	23	63	61
SLE_QP	25	25	23
SLE_FR	25	25	23
SLE_CAR	25	25	23
SLE_SISM	25	28	27

(nella tabella precedente N positiva se di compressione).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

10.4.2 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:
- ▣ 14/20
- (ripartitori esterni: ▣ 10/20)

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 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.

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 = 23.0 (KN.m)
Sforzo normale = -25.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.79 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 78.33 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.8 (cm)
Braccio di leva interno = 31.0 (cm)

Condizione di carico 2

Momento = 27.0 (KN.m)
Sforzo normale = -25.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -2.10 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 94.80 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.6 (cm)
Braccio di leva interno = 31.2 (cm)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.4.3 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 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 ($M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$) = 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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

10.4.4 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 -
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.

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} = 35.00 (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_{cy1}/R_{cubo} : F_2 = 0.830
Resistenza di progetto calcestruzzo : $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \alpha_c = 0.47 R_{cubo}$
Resistenza di progetto dell'acciaio : $F_{sd} = F_{yk} / \alpha_s = 0.87 F_{yk}$

Resistenze di progetto

Calcestruzzo = 18.81 (N/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 = 30.0 (KN.m)
Sforzo di Progetto N_d = -25.0 (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 4.5 (cm)
Momento di Rottura M_r = 102.7 (KN.m)
Sforzo di Rottura N_r = -25.0 (KN)
Rottura nel Dominio 2
Rapporto M_r/M_d = 3.423

Condizione di carico 2

Momento di Progetto M_d = 23.0 (KN.m)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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 $N_d = -25.0$ (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 4.5 (cm)

Momento di Rottura $M_r = 102.7$ (KN.m)

Sforzo di Rottura $N_r = -25.0$ (KN)

Rottura nel Dominio 2

Rapporto $M_r/M_d = 4.465$

Condizione di carico 3

Momento di Progetto $M_d = 61.0$ (KN.m)

Sforzo di Progetto $N_d = -23.0$ (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 4.5 (cm)

Momento di Rottura $M_r = 102.4$ (KN.m)

Sforzo di Rottura $N_r = -23.1$ (KN)

Rottura nel Dominio 2

Rapporto $M_r/M_d = 1.678$

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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.4.5 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}	=	63.00	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	23.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	61.00	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 longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0022	--

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	1.76	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.47	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \rho_l f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.07	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,mi}$	=	165.46	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	165.46	kN

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

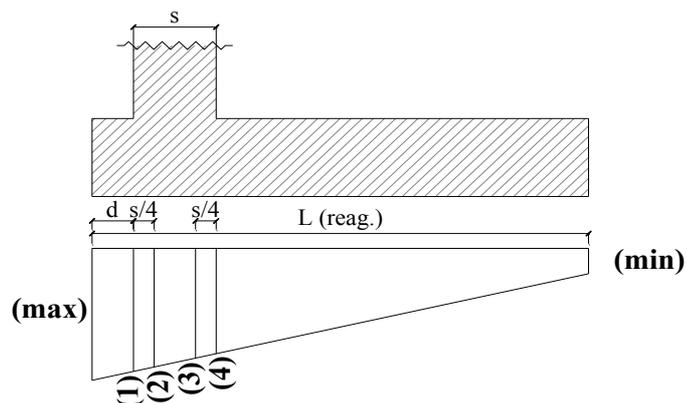
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

taglio.

10.5 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.

Indicare il rapporto limite di snellezza h/L:			1.20
Tipologia della mensola anteriore:	TOZZA	$h/L = 0.60$	< 1.20
Tipologia della mensola posteriore:	SNELLA	$h/L = 3.00$	> 1.20



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.5.1 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 _{oriz} [m]	b _{vert} [m]
Peso proprio elevazione	25.00		0.60	
Peso proprio ciabatta di fondazione	27.50		0.00	
Peso del terreno da rilevato su ciabatta posteriore	75.00		-0.35	
Peso dei sovraccarichi permanenti su ciabatta posteriore	12.75		-0.35	
Spinte del terreno da rilevato a monte	8.27	17.67	-1.10	1.00
Spinte del terreno dovute a sovraccarichi permanenti	6.92	14.78	-1.10	1.50
Incres. sismico peso proprio elevazione (SLV)	1.74	3.48	0.60	1.75
Incres. sismico peso proprio ciabatta di fondazione (SLV)	1.91	3.82	0.00	0.25
Incres. sismico terreno da rilevato su ciabatta posteriore (SLV)	5.21	10.43	-0.35	1.75
Incres. sismico terreno da rilevato su ciabatta anteriore (SLV)	0.00		0.95	
Incres. sismico sovraccarichi perm. su ciabatta posteriore (SLV)	0.89	1.77	-0.35	0.50
Spinte sismiche del terreno da rilevato a monte (SLV)	11.77	25.16	-1.10	1.00
Spinte sismiche del terreno dovute a sovraccarichi perm. (SLV)	9.85	21.05	-1.10	1.50
Incres. sismico peso proprio elevazione (SLD)	0.47	0.95	0.60	1.75
Incres. sismico peso proprio ciabatta di fondazione (SLD)	0.52	1.04	0.00	0.25
Incres. sismico terreno da rilevato su ciabatta posteriore (SLD)	1.42	2.84	-0.35	1.75
Incres. sismico sovraccarichi perm. su ciabatta posteriore (SLD)	0.24	0.48	-0.35	0.50
Incres. sismico sovraccarichi perm. su ciabatta anteriore (SLD)	0.00		0.95	
Spinte sismiche del terreno da rilevato a monte (SLD)	9.06	19.36	-1.10	1.00
Spinte sismiche del terreno dovute a sovraccarichi perm. (SLD)	7.58	16.20	-1.10	1.50

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1"> <tr> <td><i>Rev</i></td> <td><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Azioni mensola snella	AZIONI PER VERIFICHE	
	V [kN/m]	M [kNm/m]
Combinazione di carico SLU_STR	-6	-9
Combinazione di carico SLU_ECC	-5	-6
Combinazione di carico SLU_SISM	-42	-48
Combinazione di carico SLE_QP	-5	-6
Combinazione di carico SLE_FR	-5	-6
Combinazione di carico SLE_CAR	-5	-6
Combinazione di carico SLE_SISM	-34	-31

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.5.2 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: ▣ 14/20 (ripartitori esterni: ▣ 10/20)

Si considera una sezione trasversale di conglomerato pari a 100 cm × 50 cm.

Il copriferro netto della sezione è pari a 4 cm.

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

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 50.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) a 25.0 cm da intrad.

Convenzioni di segno

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

Coefficiente d'omogeneizzazione dell'armatura =15

Condizione di carico 1

Momento = -6.0 (KN.m)
Sforzo normale = 0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.31 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 18.93 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.7 (cm)
Braccio di leva interno = 41.1 (cm)

Condizione di carico 2

Momento = -31.0 (KN.m)
Sforzo normale = 0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.59 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 97.80 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 8.7 (cm)
Braccio di leva interno = 41.1 (cm)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

10.5.3 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 50.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) a 25.0 cm da intrad.

Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'estradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 14.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm⁻¹

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

Momento di prima fessurazione ($M = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$) = 98.48 (KN.m)

Momento di fessurazione ($M = f_{ctm}$) = -1.172E+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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		Codice documento CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Rev</th> <th style="text-align: left;">Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

10.5.4 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 50.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) a 25.0 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} = 25.00 (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 = 14.11 (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 = -9.0 (KN.m)
 Sforzo di Progetto N_d = 0.0 (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 5.4 (cm)
 Momento di Rottura M_r = -125.0 (KN.m)
 Sforzo di Rottura N_r = 0.8 (KN)
 Rottura nel Dominio 2
 Rapporto M_r/M_d = 13.893

Condizione di carico 2

Momento di Progetto M_d = -6.0 (KN.m)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Sforzo di Progetto $N_d = 0.0$ (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 5.4 (cm)

Momento di Rottura $M_r = -125.0$ (KN.m)

Sforzo di Rottura $N_r = 0.8$ (KN)

Rottura nel Dominio 2

Rapporto $M_r/M_d = 20.84$

Condizione di carico 3

Momento di Progetto $M_d = -48.0$ (KN.m)

Sforzo di Progetto $N_d = 0.0$ (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 5.4 (cm)

Momento di Rottura $M_r = -125.0$ (KN.m)

Sforzo di Rottura $N_r = 0.8$ (KN)

Rottura nel Dominio 2

Rapporto $M_r/M_d = 2.605$

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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.5.5 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	$V_{Ed} = 42.00$ 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	$d = 443$ mm
Larghezza minima della sezione	$b_w = 1000$ mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	$\sigma = 14$ mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n = 5$ --
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl} = 770$ mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	$\sigma_l = 0.0017$ --

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	$k = 1.67$ --
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	$v_{min} = 0.38$ 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	$V_{Rd,mi} = 167.26$ kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \square V_{Rd,min}$)	$V_{Rd} = 167.26$ 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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p><i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.5.6 RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI DI 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]	$b_{F_{\text{reaz}}}$ [m]	F_{tir} [kN/m]	σ_s [N/mm ²]
Combinazione di carico SLU_STR	34.92	0.20	16.63	2.16
Combinazione di carico SLU_ECC	31.27	0.20	14.82	1.93
Combinazione di carico SLU_SISM	51.06	0.21	25.08	3.26

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11 ANALISI DELLA PARATIA PROVVISORIA

11.1 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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

parametro	simbolo	coeff. parziale	M1	M2
tangente angolo di attrito	$\tan \delta_k$	δ	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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.2 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).

11.3 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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

I valori dei coefficienti di spinta attiva (k_a) sono stati calcolati secondo la relazione di Coulomb, mentre i coefficienti di spinta passiva (k_p) secondo le relazioni di Rankine: il valore dell'angolo di attrito terreno-parametria (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:

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

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

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

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

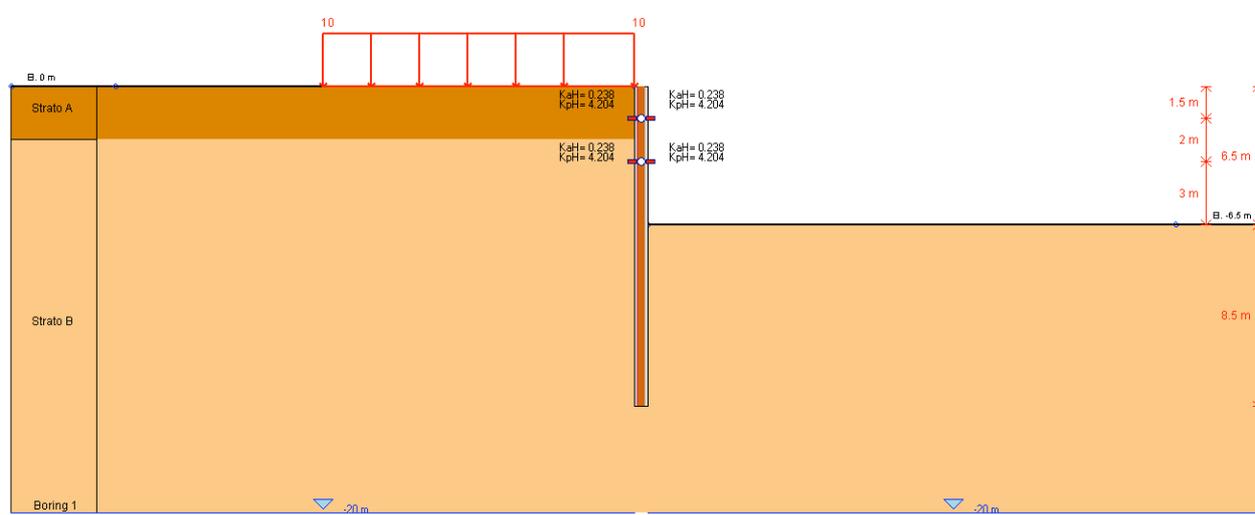
La tabella seguente riassume i coefficienti di spinta utilizzati nei calcoli effettuati; il pedice 'h' indica che i coefficienti di spinta attiva e passiva sono stati calcolati in direzione orizzontale.

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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.4 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

11.4.1 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 -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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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).

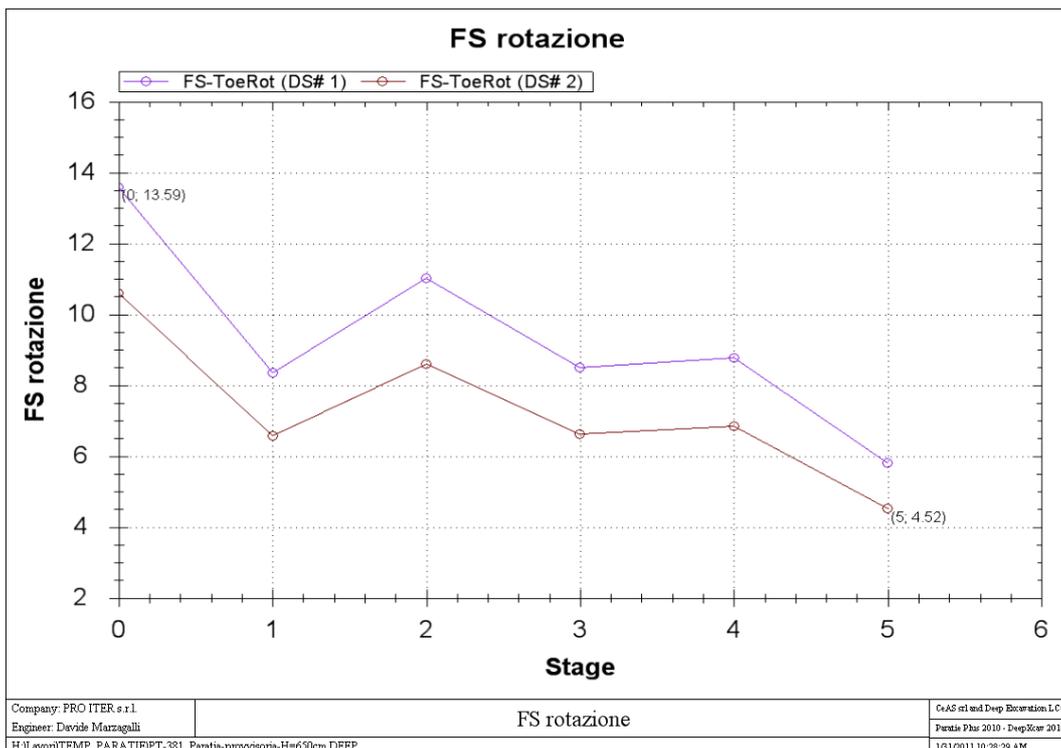
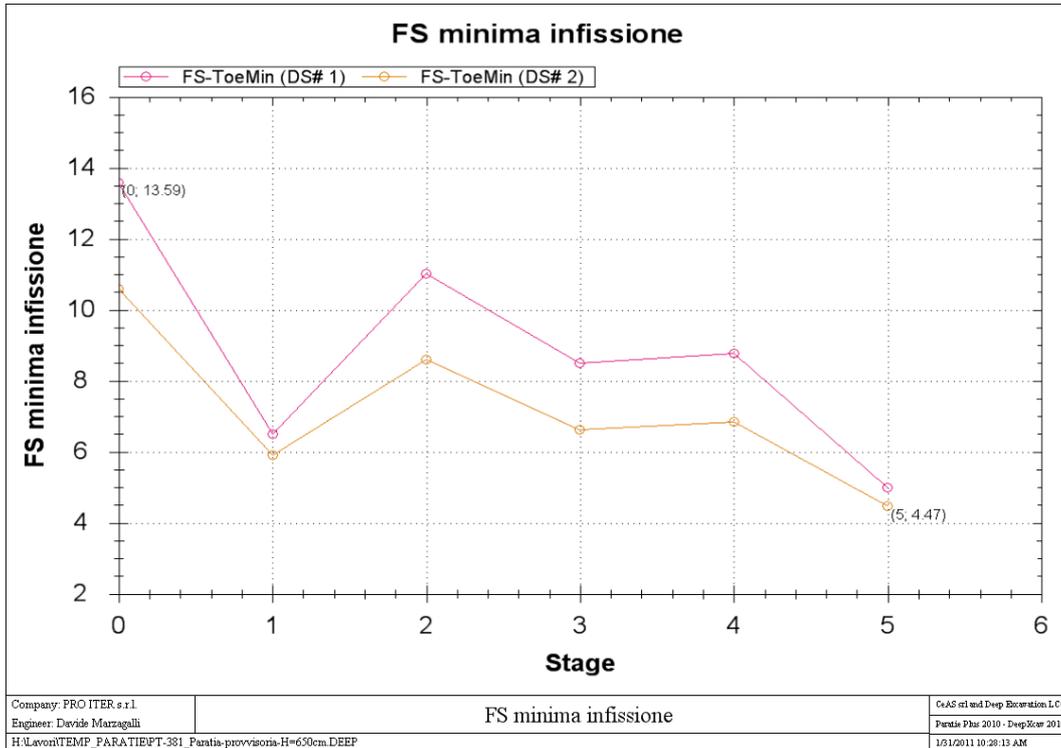
▣ **STEP 4: Messa in opera 2° ordine di contrasti**

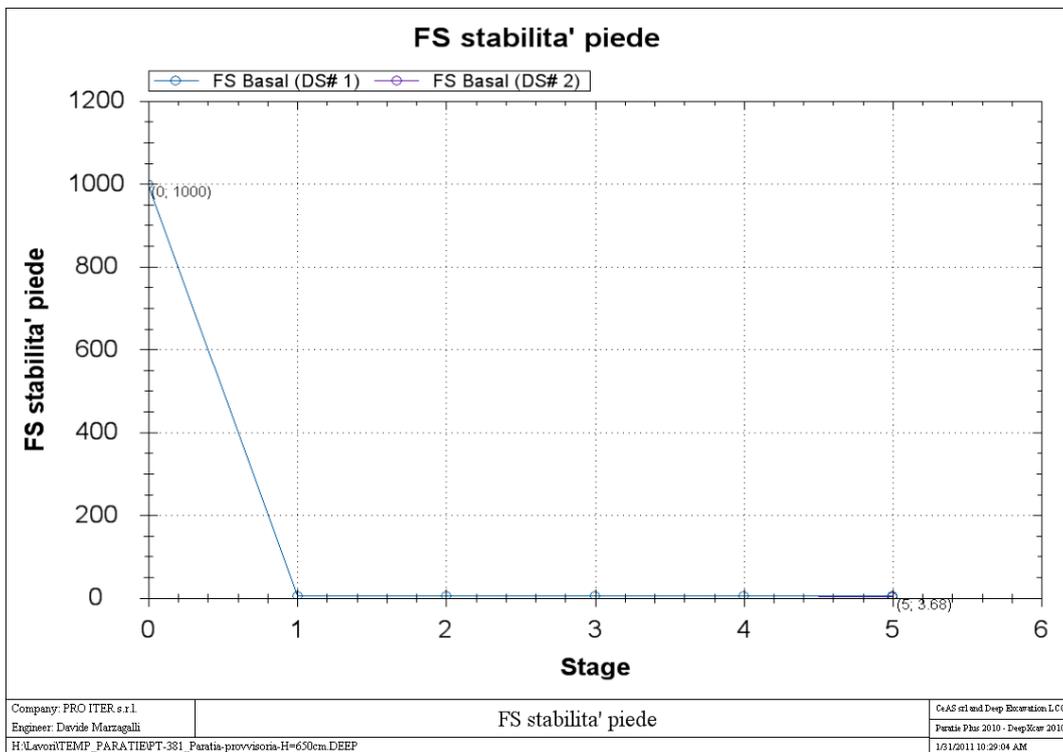
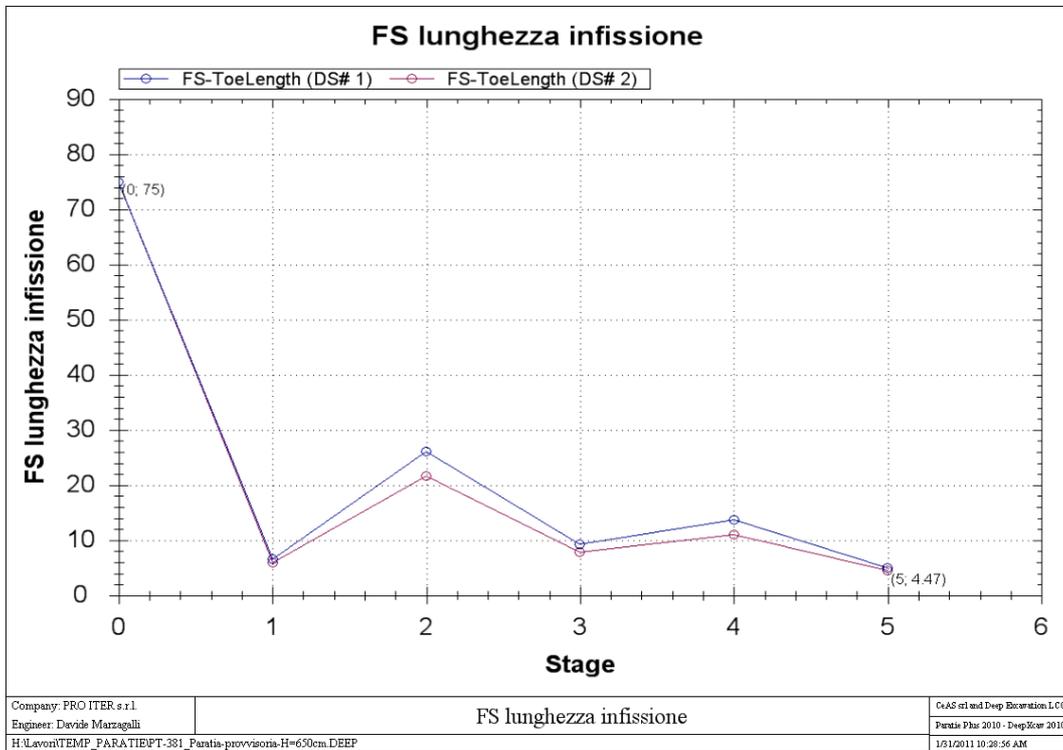
In tale fase viene considerato attivo il 2° ordine di contrasti (vincolo fisso).

▣ **STEP 5: Fondo scavo**

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

11.4.2 VERIFICHE GEOTECNICHE





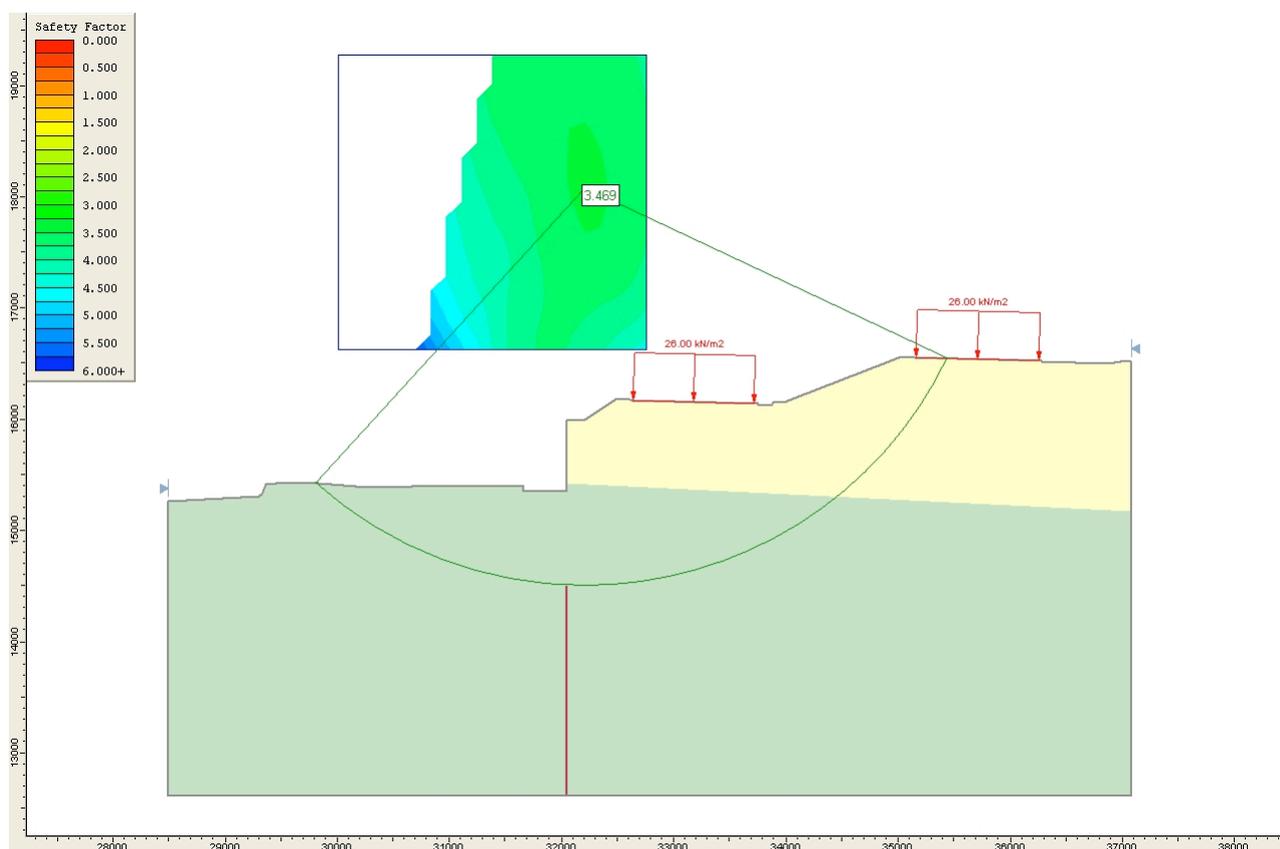
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

11.4.3 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=3.469

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.

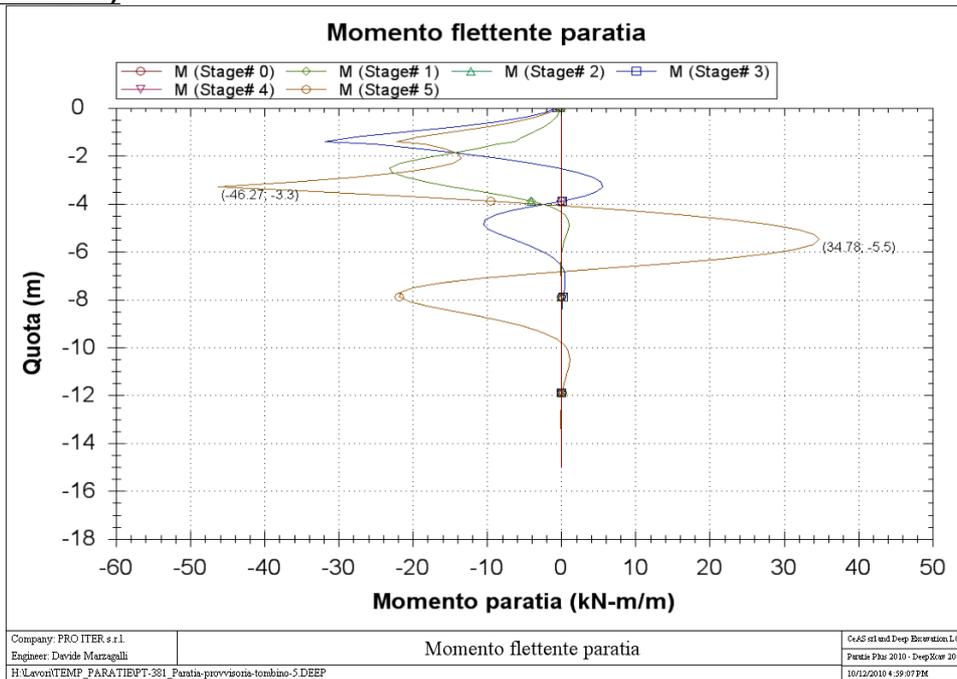
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.4.4 RISULTATI DELLE ANALISI

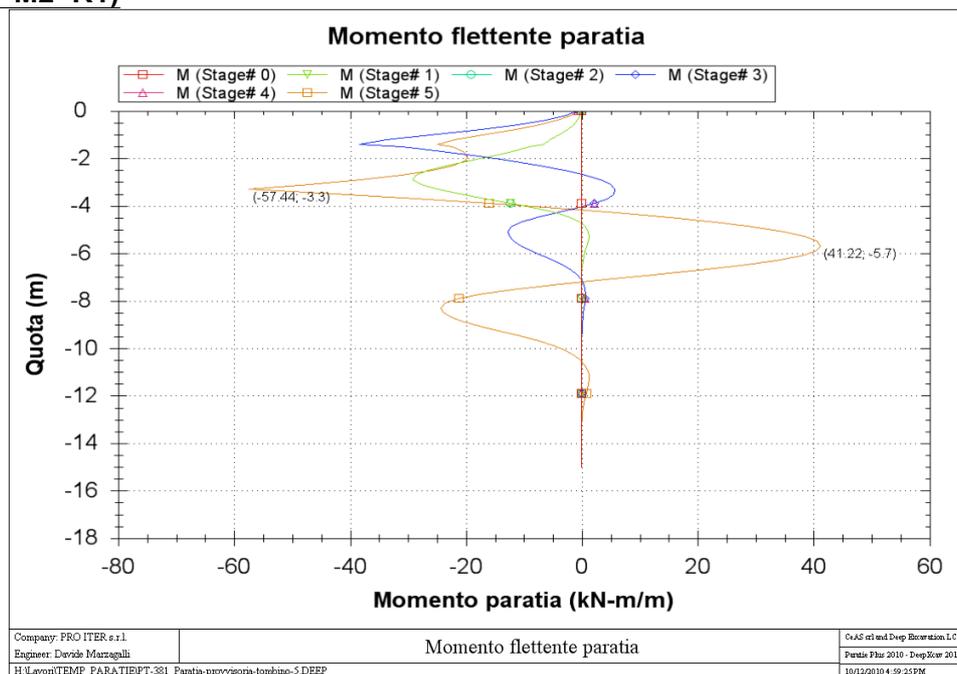
Di seguito vengono presentati i diagrammi dei momenti flettenti, dei tagli e delle azioni assiali nei contrasti per le due combinazioni di carico analizzate a Stato Limite Ultimo e le deformazioni a Stato Limite di Esercizio.

11.4.4.1 DIAGRAMMI DEL MOMENTO FLETTENTE

Comb1 (A1+M1+R1)

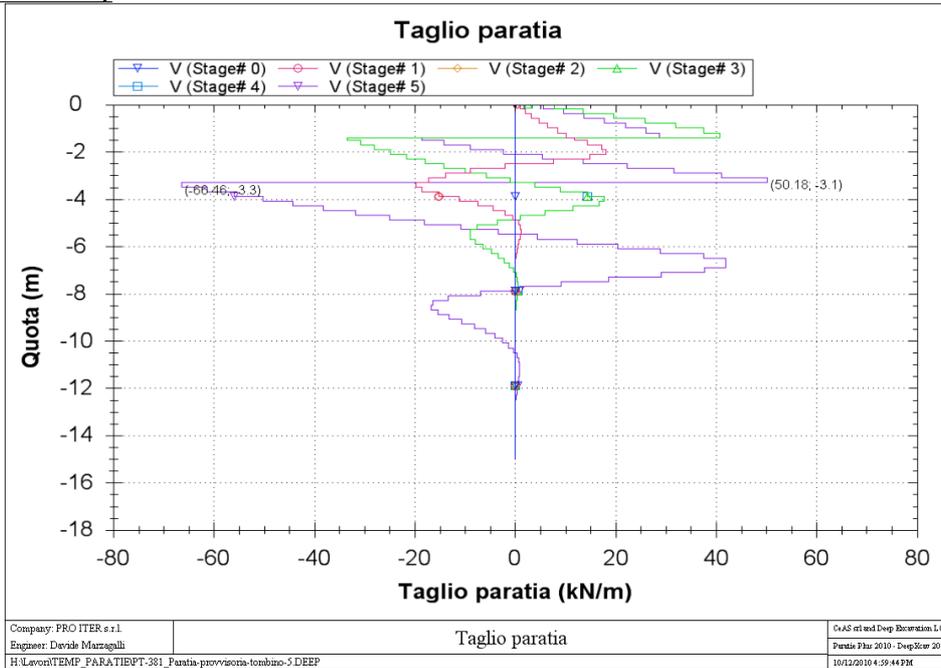


Comb2 (A2+M2+R1)

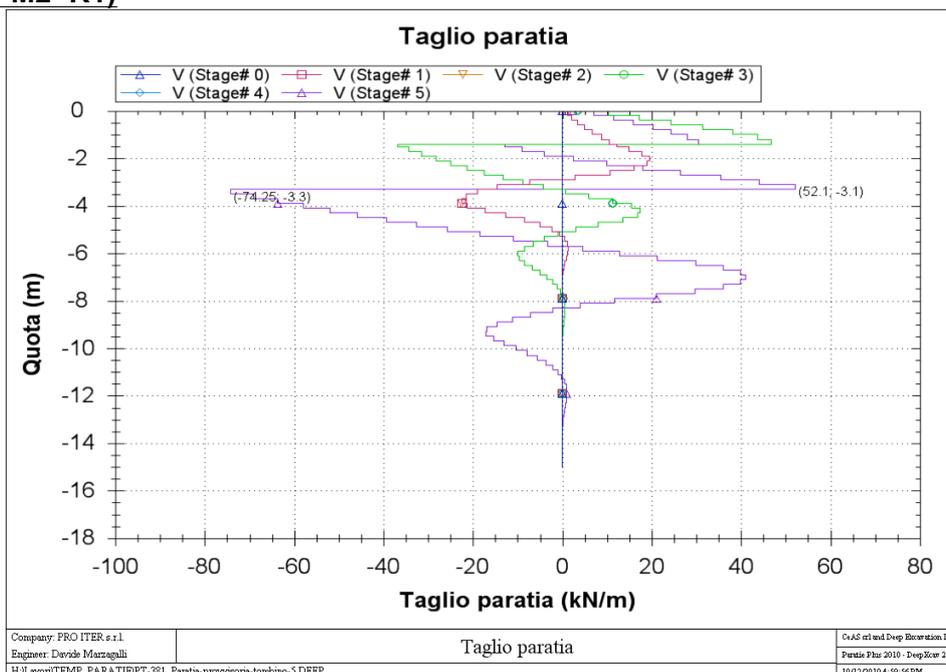


11.4.4.2 DIAGRAMMI DEL TAGLIO

Comb1 (A1+M1+R1)



Comb2 (A2+M2+R1)

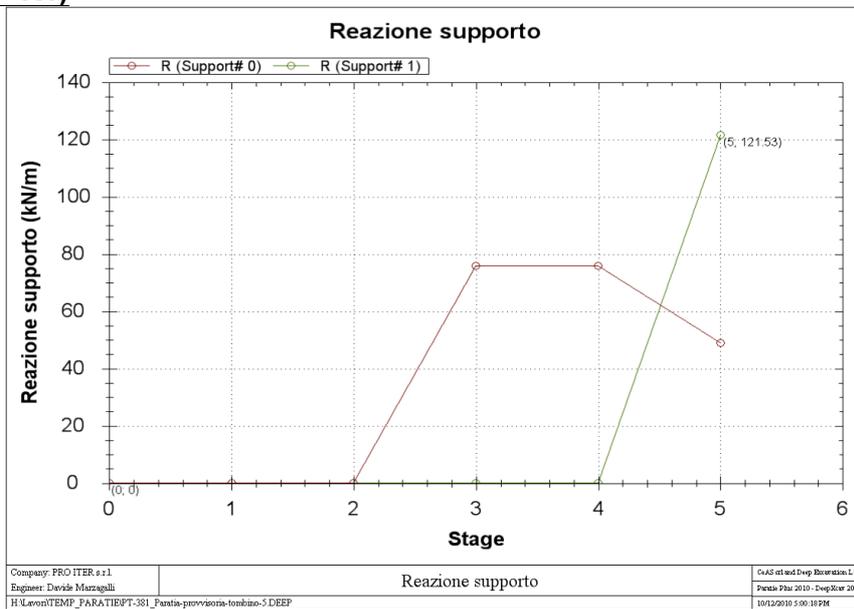


		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	Codice documento CS0549_F0.doc	Rev F0	Data 20/06/2011

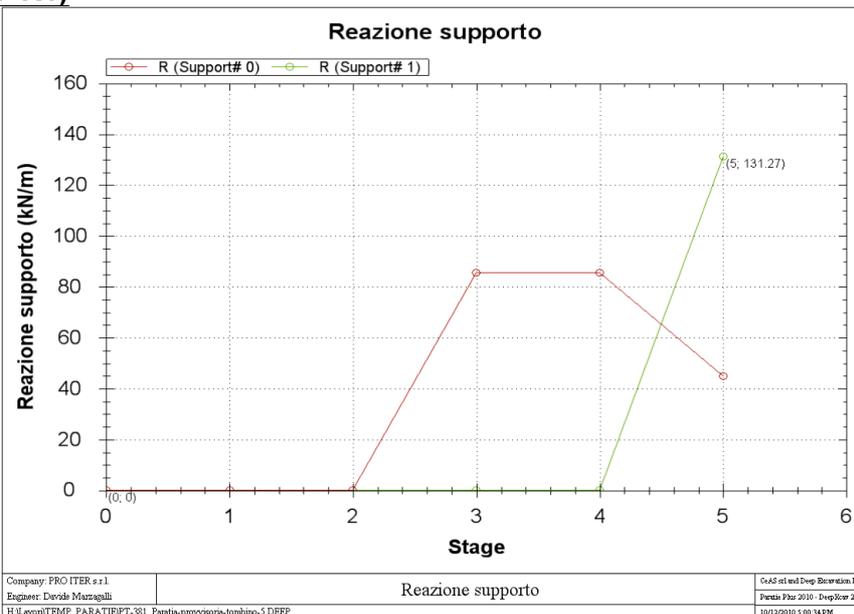
11.4.4.3 STORIA DI CARICO DEI CONTRASTI

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

Comb1 (A1+M1+R1)



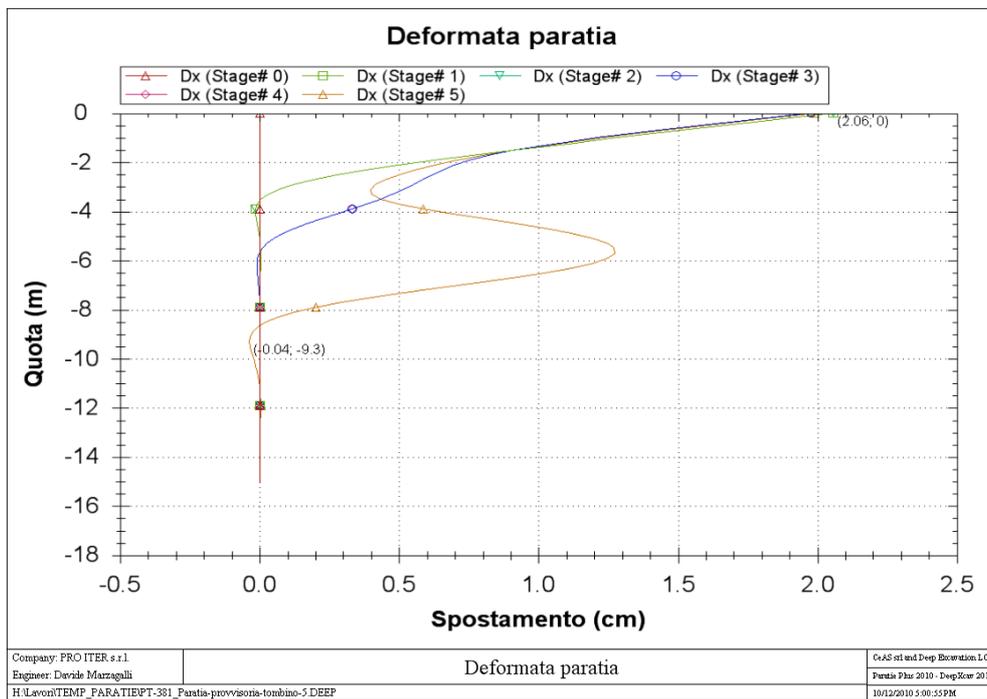
Comb2 (A2+M2+R1)



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		Codice documento CS0549_F0.doc	Rev F0	Data 20/06/2011

11.4.4.4 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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.4.5 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	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 PM127 \square 8 di acciaio S355), si ottiene:

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

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

Le verifiche risultano soddisfatte poichè il momento resistente plastico M_{Rd} risulta superiore al momento di progetto M_{Ed} (si fa notare che, come prescritto da normativa, l'influenza del taglio sulla flessione viene trascurata poichè è sempre verificata la condizione $V_{Ed} < 0.5 \cdot V_{Rd}$).

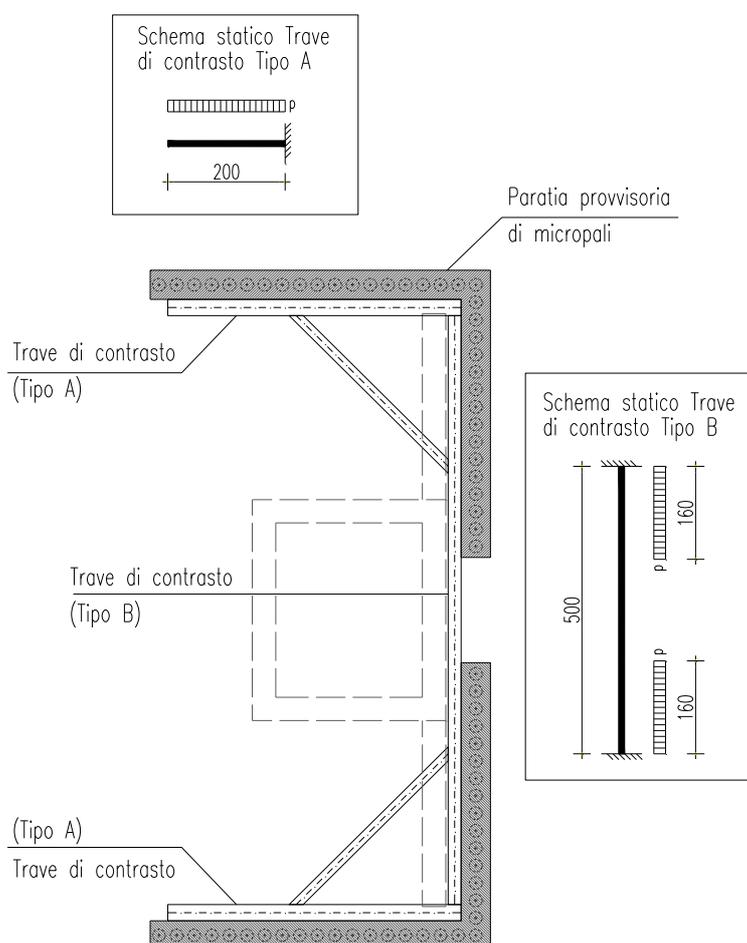
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.4.6 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	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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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:

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

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

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

La verifica risulta soddisfatta.

Verifiche trave Tipo B

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

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

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

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

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

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

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

La verifica risulta soddisfatta.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

12 TABULATI INPUT PARATIE

**

* 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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

* 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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13 TABULATI SLIDE

13.1 MURO DI SOSTEGNO - FASE STATICA

13.1.1 INPUT

Document Name

File Name: pk1+921_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

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

Material Properties

Material: Material 1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/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

23637.053	1423.674
23637.053	1386.567
23607.053	1386.567
23607.053	1336.567
23807.053	1336.567
23807.053	1338.413
23807.053	1386.567
23677.053	1386.567
23677.053	1606.451

Material Boundary

23806.947	1338.407
23807.053	1338.413
25886.969	1458.408

External Boundary

25886.969	2339.449
25301.694	2324.817
25301.694	2334.817
25151.694	2334.817
24276.694	1834.817
24076.694	1834.817
23677.053	1606.451
23677.053	1636.567
23637.053	1636.567
23637.053	1423.674
23124.528	1423.674
22391.676	1394.012
22391.676	465.576
25886.969	465.576
25886.969	1458.408

Focus/Block Search Line

23809.100	470.104
23809.100	1337.426

Search Grid

22974.605	2491.840
23993.168	2491.840
23993.168	3501.143
22974.605	3501.143

Distributed Load

25886.969	2339.449
25307.504	2324.963

13.1.2 OUTPUT

Raw Data for Minimum Circle Results

Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety
22974.605	2491.840	1424.449	-1000.00000
22974.605	2542.305	1465.646	-1000.00000
22974.605	2592.771	1507.406	-1000.00000
22974.605	2643.236	1549.685	-1000.00000
22974.605	2693.701	1592.440	-1000.00000
22974.605	2744.166	1635.635	-1000.00000
22974.605	2794.631	1679.235	-1000.00000
22974.605	2845.096	1723.210	-1000.00000
22974.605	2895.561	1767.532	-1000.00000
22974.605	2946.027	1812.176	-1000.00000
22974.605	2996.492	1857.117	-1000.00000
22974.605	3046.957	1902.335	-1000.00000
22974.605	3097.422	1947.812	-1000.00000
22974.605	3147.887	1993.528	-1000.00000
22974.605	3198.352	2039.468	-1000.00000
22974.605	3248.817	2085.618	-1000.00000
22974.605	3299.283	2131.963	-1000.00000
22974.605	3349.748	2178.491	-1000.00000
22974.605	3400.213	2225.191	-1000.00000
22974.605	3450.678	2272.052	-1000.00000
22974.605	3501.143	2319.064	-1000.00000
23025.533	2491.840	1395.224	-1000.00000
23025.533	2542.305	1437.259	-1000.00000
23025.533	2592.771	1479.821	-1000.00000
23025.533	2643.236	1522.865	-1000.00000
23025.533	2693.701	1566.353	-1000.00000
23025.533	2744.166	1610.247	-1000.00000
23025.533	2794.631	1654.517	-1000.00000
23025.533	2845.096	1699.132	-1000.00000
23025.533	2895.561	1744.066	-1000.00000
23025.533	2946.027	1789.295	-1000.00000
23025.533	2996.492	1834.797	-1000.00000
23025.533	3046.957	1880.552	-1000.00000
23025.533	3097.422	1926.542	-1000.00000
23025.533	3147.887	1972.752	-1000.00000
23025.533	3198.352	2019.165	-1000.00000
23025.533	3248.817	2065.768	-1000.00000
23025.533	3299.283	2112.548	-1000.00000
23025.533	3349.748	2159.495	-1000.00000
23025.533	3400.213	2206.597	-1000.00000
23025.533	3450.678	2253.844	-1000.00000
23025.533	3501.143	2301.228	-1000.00000
23076.461	2491.840	1367.272	-1000.00000
23076.461	2542.305	1410.140	-1000.00000
23076.461	2592.771	1453.496	-1000.00000
23076.461	2643.236	1497.298	-1000.00000
23076.461	2693.701	1541.507	-1000.00000
23076.461	2744.166	1586.089	-1000.00000
23076.461	2794.631	1631.015	-1000.00000

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0549_F0.doc

Rev
F0

Data
20/06/2011

23076.461	2845.096	1676.255	-1000.00000
23076.461	2895.561	1721.786	-1000.00000
23076.461	2946.027	1767.585	-1000.00000
23076.461	2996.492	1813.632	-1000.00000
23076.461	3046.957	1859.908	-1000.00000
23076.461	3097.422	1906.397	-1000.00000
23076.461	3147.887	1953.083	-1000.00000
23076.461	3198.352	1999.952	-1000.00000
23076.461	3248.817	2046.993	-1000.00000
23076.461	3299.283	2094.193	-1000.00000
23076.461	3349.748	2141.542	-1000.00000
23076.461	3400.213	2189.030	-1000.00000
23076.461	3450.678	2236.648	-1000.00000
23076.461	3501.143	2284.389	-1000.00000
23127.389	2491.840	1340.673	-1000.00000
23127.389	2542.305	1384.365	-1000.00000
23127.389	2592.771	1428.503	-1000.00000
23127.389	2643.236	1473.048	-1000.00000
23127.389	2693.701	1517.963	-1000.00000
23127.389	2744.166	1563.217	-1000.00000
23127.389	2794.631	1608.782	-1000.00000
23127.389	2845.096	1654.630	-1000.00000
23127.389	2895.561	1700.740	-1000.00000
23127.389	2946.027	1747.091	-1000.00000
23127.389	2996.492	1793.664	-1000.00000
23127.389	3046.957	1840.442	-1000.00000
23127.389	3097.422	1887.410	-1000.00000
23127.389	3147.887	1934.555	-1000.00000
23127.389	3198.352	1981.862	-1000.00000
23127.389	3248.817	2029.322	-1000.00000
23127.389	3299.283	2076.924	-1000.00000
23127.389	3349.748	2124.658	-1000.00000
23127.389	3400.213	2172.515	-1000.00000
23127.389	3450.678	2220.488	-1000.00000
23127.389	3501.143	2268.569	-1000.00000
23178.317	2491.840	1315.508	2.74751
23178.317	2542.305	1360.008	2.69024
23178.317	2592.771	1404.912	2.63295
23178.317	2643.236	1450.182	2.58014
23178.317	2693.701	1495.784	2.52936
23178.317	2744.166	1541.689	2.48050
23178.317	2794.631	1587.871	2.43070
23178.317	2845.096	1634.307	-1000.00000
23178.317	2895.561	1680.974	-1000.00000
23178.317	2946.027	1727.855	-1000.00000
23178.317	2996.492	1774.933	-1000.00000
23178.317	3046.957	1822.192	-1000.00000
23178.317	3097.422	1869.619	-1000.00000
23178.317	3147.887	1917.201	-1000.00000
23178.317	3198.352	1964.926	-1000.00000
23178.317	3248.817	2012.786	-1000.00000
23178.317	3299.283	2060.769	-1000.00000
23178.317	3349.748	2108.869	-1000.00000
23178.317	3400.213	2157.076	-1000.00000
23178.317	3450.678	2205.385	-1000.00000
23178.317	3501.143	2253.788	-1000.00000
23229.245	2491.840	1291.861	2.52121
23229.245	2542.305	1337.149	2.47360
23229.245	2592.771	1382.795	2.42771
23229.245	2643.236	1428.766	2.38162
23229.245	2693.701	1475.030	2.33898
23229.245	2744.166	1521.562	2.29632
23229.245	2794.631	1568.337	2.25696
23229.245	2845.096	1615.334	2.21902
23229.245	2895.561	1662.534	2.18236
23229.245	2946.027	1709.921	2.14693
23229.245	2996.492	1757.479	2.11294

<p>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>Codice documento CS0549_F0.doc</p>	<p>Rev F0</p>	<p>Data 20/06/2011</p>
---	---	-------------------	----------------------------

23229.245	3046.957	1805.195	2.08026
23229.245	3097.422	1853.057	2.04890
23229.245	3147.887	1901.053	2.01850
23229.245	3198.352	1949.174	1.98960
23229.245	3248.817	1997.411	1.96192
23229.245	3299.283	2045.755	1.93541
23229.245	3349.748	2094.200	1.91002
23229.245	3400.213	2142.737	1.88530
23229.245	3450.678	2191.362	1.86269
23229.245	3501.143	2240.068	1.84042
23280.174	2491.840	1269.818	2.32582
23280.174	2542.305	1315.864	2.28562
23280.174	2592.771	1362.224	2.24811
23280.174	2643.236	1408.866	2.21044
23280.174	2693.701	1455.763	2.17536
23280.174	2744.166	1502.891	2.14152
23280.174	2794.631	1550.229	2.10698
23280.174	2845.096	1597.759	2.07558
23280.174	2895.561	1645.464	2.04531
23280.174	2946.027	1693.328	2.01606
23280.174	2996.492	1741.340	1.98789
23280.174	3046.957	1789.486	1.96079
23280.174	3097.422	1837.757	1.93472
23280.174	3147.887	1886.143	1.90973
23280.174	3198.352	1934.635	1.88625
23280.174	3248.817	1983.225	1.86326
23280.174	3299.283	2031.907	1.84121
23280.174	3349.748	2080.674	1.81966
23280.174	3400.213	2129.520	1.79943
23280.174	3450.678	2178.440	1.78007
23280.174	3501.143	2227.428	1.76254
23331.102	2491.840	1249.462	2.15766
23331.102	2542.305	1296.232	2.12669
23331.102	2592.771	1343.270	2.09649
23331.102	2643.236	1390.548	2.06543
23331.102	2693.701	1438.042	2.03692
23331.102	2744.166	1485.733	2.00932
23331.102	2794.631	1533.601	1.98264
23331.102	2845.096	1581.630	1.95547
23331.102	2895.561	1629.807	1.93068
23331.102	2946.027	1678.118	1.90675
23331.102	2996.492	1726.552	1.88440
23331.102	3046.957	1775.100	1.86209
23331.102	3097.422	1823.752	1.84065
23331.102	3147.887	1872.499	1.82005
23331.102	3198.352	1921.336	1.80001
23331.102	3248.817	1970.254	1.78099
23331.102	3299.283	2019.249	1.76275
23331.102	3349.748	2068.314	1.74526
23331.102	3400.213	2117.445	1.72855
23331.102	3450.678	2166.638	1.71435
23331.102	3501.143	2215.887	1.70302
23382.030	2491.840	1230.879	2.01904
23382.030	2542.305	1278.329	1.99481
23382.030	2592.771	1326.002	1.97099
23382.030	2643.236	1373.874	1.94759
23382.030	2693.701	1421.925	1.92323
23382.030	2744.166	1470.139	1.90029
23382.030	2794.631	1518.498	1.87889
23382.030	2845.096	1566.991	1.85812
23382.030	2895.561	1615.604	1.83797
23382.030	2946.027	1664.328	1.81839
23382.030	2996.492	1713.152	1.79958
23382.030	3046.957	1762.069	1.78127
23382.030	3097.422	1811.071	1.76362
23382.030	3147.887	1860.151	1.74664
23382.030	3198.352	1909.303	1.73032

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0549_F0.doc

Rev Data
F0 20/06/2011

23382.030	3248.817	1958.522	1.71462
23382.030	3299.283	2007.803	1.69930
23382.030	3349.748	2057.141	1.68528
23382.030	3400.213	2106.533	1.67410
23382.030	3450.678	2155.974	1.66557
23382.030	3501.143	2205.462	1.65934
23432.958	2491.840	1214.148	1.90924
23432.958	2542.305	1262.228	1.89041
23432.958	2592.771	1310.486	1.87012
23432.958	2643.236	1358.905	1.85163
23432.958	2693.701	1407.468	1.83338
23432.958	2744.166	1456.160	1.81553
23432.958	2794.631	1504.969	1.79809
23432.958	2845.096	1553.883	1.78024
23432.958	2895.561	1602.894	1.76383
23432.958	2946.027	1651.993	1.74784
23432.958	2996.492	1701.171	1.73230
23432.958	3046.957	1750.423	1.71726
23432.958	3097.422	1799.742	1.70278
23432.958	3147.887	1849.123	1.68870
23432.958	3198.352	1898.560	1.67513
23432.958	3248.817	1948.051	1.66206
23432.958	3299.283	1997.590	1.65069
23432.958	3349.748	2047.175	1.64214
23432.958	3400.213	2096.801	1.63605
23432.958	3450.678	2146.467	1.63208
23432.958	3501.143	2196.169	1.62993
23483.886	2491.840	1199.349	1.82472
23483.886	2542.305	1247.998	1.81014
23483.886	2592.771	1296.786	1.79534
23483.886	2643.236	1345.698	1.77899
23483.886	2693.701	1394.721	1.76421
23483.886	2744.166	1443.843	1.74960
23483.886	2794.631	1493.055	1.73527
23483.886	2845.096	1542.347	1.72123
23483.886	2895.561	1591.713	1.70726
23483.886	2946.027	1641.146	1.69400
23483.886	2996.492	1690.640	1.68106
23483.886	3046.957	1740.190	1.66846
23483.886	3097.422	1789.791	1.65626
23483.886	3147.887	1839.439	1.64447
23483.886	3198.352	1889.130	1.63318
23483.886	3248.817	1938.861	1.62427
23483.886	3299.283	1988.629	1.61801
23483.886	3349.748	2038.432	1.61405
23483.886	3400.213	2088.266	1.61204
23483.886	3450.678	2138.130	1.61175
23483.886	3501.143	2188.022	1.61357
23534.814	2491.840	1186.552	1.76460
23534.814	2542.305	1235.706	1.75277
23534.814	2592.771	1284.961	1.74060
23534.814	2643.236	1334.306	1.72822
23534.814	2693.701	1383.732	1.71428
23534.814	2744.166	1433.231	1.70191
23534.814	2794.631	1482.795	1.68972
23534.814	2845.096	1532.418	1.67775
23534.814	2895.561	1582.094	1.66601
23534.814	2946.027	1631.818	1.65496
23534.814	2996.492	1681.587	1.64386
23534.814	3046.957	1731.395	1.63302
23534.814	3097.422	1781.241	1.62248
23534.814	3147.887	1831.121	1.61289
23534.814	3198.352	1881.032	1.60606
23534.814	3248.817	1930.972	1.60172
23534.814	3299.283	1980.938	1.59955
23534.814	3349.748	2030.929	1.59919
23534.814	3400.213	2080.943	1.60082

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0549_F0.doc

Rev Data
F0 20/06/2011

23534.814	3450.678	2130.978	1.60403
23534.814	3501.143	2181.033	1.60839
23585.742	2491.840	1175.824	1.72634
23585.742	2542.305	1225.408	1.71586
23585.742	2592.771	1275.061	1.70506
23585.742	2643.236	1324.775	1.69402
23585.742	2693.701	1374.544	1.68293
23585.742	2744.166	1424.362	1.67018
23585.742	2794.631	1474.224	1.65937
23585.742	2845.096	1524.126	1.64888
23585.742	2895.561	1574.064	1.63858
23585.742	2946.027	1624.034	1.62845
23585.742	2996.492	1674.034	1.61853
23585.742	3046.957	1724.061	1.60885
23585.742	3097.422	1774.113	1.60118
23585.742	3147.887	1824.187	1.59600
23585.742	3198.352	1874.283	1.59321
23585.742	3248.817	1924.398	1.59246
23585.742	3299.283	1974.531	1.59351
23585.742	3349.748	2024.680	1.59672
23585.742	3400.213	2074.845	1.60112
23585.742	3450.678	2125.023	1.60653
23585.742	3501.143	2175.216	1.61279
23636.671	2491.840	1167.221	1.70767
23636.671	2542.305	1217.155	1.69707
23636.671	2592.771	1267.132	1.68633
23636.671	2643.236	1317.145	1.67552
23636.671	2693.701	1367.192	1.66473
23636.671	2744.166	1417.269	1.65412
23636.671	2794.631	1467.372	1.64274
23636.671	2845.096	1517.499	1.63274
23636.671	2895.561	1567.648	1.62296
23636.671	2946.027	1617.816	1.61339
23636.671	2996.492	1668.003	1.60424
23636.671	3046.957	1718.205	1.59763
23636.671	3097.422	1768.423	1.59373
23636.671	3147.887	1818.654	1.59215
23636.671	3198.352	1868.898	1.59253
23636.671	3248.817	1919.154	1.59505
23636.671	3299.283	1969.420	1.59923
23636.671	3349.748	2019.696	1.60455
23636.671	3400.213	2069.982	1.61081
23636.671	3450.678	2120.275	1.61786
23636.671	3501.143	2170.577	1.62578
23687.599	2491.840	1160.791	1.70803
23687.599	2542.305	1210.990	1.69523
23687.599	2592.771	1261.211	1.68328
23687.599	2643.236	1311.451	1.67151
23687.599	2693.701	1361.707	1.65998
23687.599	2744.166	1411.978	1.64880
23687.599	2794.631	1462.262	1.63796
23687.599	2845.096	1512.559	1.62744
23687.599	2895.561	1562.866	1.61724
23687.599	2946.027	1613.183	1.60875
23687.599	2996.492	1663.509	1.60295
23687.599	3046.957	1713.844	1.59984
23687.599	3097.422	1764.185	1.59903
23687.599	3147.887	1814.534	1.60027
23687.599	3198.352	1864.889	1.60385
23687.599	3248.817	1915.250	1.60872
23687.599	3299.283	1965.616	1.61468
23687.599	3349.748	2015.987	1.62154
23687.599	3400.213	2066.363	1.62924
23687.599	3450.678	2116.742	1.63764
23687.599	3501.143	2167.126	1.64661
23738.527	2491.840	1156.570	1.73394
23738.527	2542.305	1206.945	1.71901

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0549_F0.doc

Rev
F0

Data
20/06/2011

23738.527	2592.771	1257.327	1.70467
23738.527	2643.236	1307.716	1.70644
23738.527	2693.701	1358.110	1.69230
23738.527	2744.166	1408.510	1.67878
23738.527	2794.631	1458.913	1.66584
23738.527	2845.096	1509.322	1.65345
23738.527	2895.561	1559.733	1.64353
23738.527	2946.027	1610.148	1.63698
23738.527	2996.492	1660.566	1.63331
23738.527	3046.957	1710.987	1.63205
23738.527	3097.422	1761.411	1.63340
23738.527	3147.887	1811.837	1.63668
23738.527	3198.352	1862.264	1.64130
23738.527	3248.817	1912.694	1.64708
23738.527	3299.283	1963.126	1.65387
23738.527	3349.748	2013.559	1.66152
23738.527	3400.213	2063.994	1.66988
23738.527	3450.678	2114.431	1.67884
23738.527	3501.143	2164.868	1.68839
23789.455	2491.840	1154.582	1.77682
23789.455	2542.305	1205.040	1.75752
23789.455	2592.771	1255.499	1.73938
23789.455	2643.236	1305.958	1.72231
23789.455	2693.701	1356.417	1.70625
23789.455	2744.166	1406.878	1.69110
23789.455	2794.631	1457.338	1.67709
23789.455	2845.096	1507.799	1.66662
23789.455	2895.561	1558.260	1.65966
23789.455	2946.027	1608.721	1.65571
23789.455	2996.492	1659.182	1.65461
23789.455	3046.957	1709.644	1.65618
23789.455	3097.422	1760.106	1.65941
23789.455	3147.887	1810.568	1.66406
23789.455	3198.352	1861.030	1.66987
23789.455	3248.817	1911.493	1.67670
23789.455	3299.283	1961.955	1.68438
23789.455	3349.748	2012.418	1.69281
23789.455	3400.213	2062.881	1.70188
23789.455	3450.678	2113.344	1.71150
23789.455	3501.143	2163.807	1.72159
23840.383	2491.840	1154.838	1.81030
23840.383	2542.305	1205.286	1.78728
23840.383	2592.771	1255.735	1.76594
23840.383	2643.236	1306.185	1.74616
23840.383	2693.701	1356.636	1.72777
23840.383	2744.166	1407.088	1.71168
23840.383	2794.631	1457.541	1.69995
23840.383	2845.096	1507.995	1.69201
23840.383	2895.561	1558.450	1.68780
23840.383	2946.027	1608.905	1.68650
23840.383	2996.492	1659.361	1.68752
23840.383	3046.957	1709.817	1.69032
23840.383	3097.422	1760.274	1.69460
23840.383	3147.887	1810.732	1.70011
23840.383	3198.352	1861.190	1.70669
23840.383	3248.817	1911.648	1.71418
23840.383	3299.283	1962.106	1.72245
23840.383	3349.748	2012.565	1.73139
23840.383	3400.213	2063.025	1.74090
23840.383	3450.678	2113.484	1.75093
23840.383	3501.143	2163.944	1.76138
23891.311	2491.840	1157.338	1.85253
23891.311	2542.305	1207.681	1.82532
23891.311	2592.771	1258.034	1.80043
23891.311	2643.236	1308.395	1.77750
23891.311	2693.701	1358.765	1.75866
23891.311	2744.166	1409.141	1.74425

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0549_F0.doc

Rev
F0

Data
20/06/2011

23891.311	2794.631	1459.523	1.73465
23891.311	2845.096	1509.910	1.72873
23891.311	2895.561	1560.303	1.72651
23891.311	2946.027	1610.700	1.72698
23891.311	2996.492	1661.102	1.72894
23891.311	3046.957	1711.507	1.73248
23891.311	3097.422	1761.915	1.73738
23891.311	3147.887	1812.327	1.74342
23891.311	3198.352	1862.742	1.75045
23891.311	3248.817	1913.159	1.75820
23891.311	3299.283	1963.579	1.76681
23891.311	3349.748	2014.001	1.77603
23891.311	3400.213	2064.425	1.78580
23891.311	3450.678	2114.851	1.79601
23891.311	3501.143	2165.279	1.80664
23942.239	2491.840	1162.067	1.89874
23942.239	2542.305	1212.213	1.86716
23942.239	2592.771	1262.385	1.83877
23942.239	2643.236	1312.580	1.81633
23942.239	2693.701	1362.794	1.79954
23942.239	2744.166	1413.027	1.78751
23942.239	2794.631	1463.275	1.78007
23942.239	2845.096	1513.538	1.77611
23942.239	2895.561	1563.814	1.77471
23942.239	2946.027	1614.101	1.77598
23942.239	2996.492	1664.400	1.77843
23942.239	3046.957	1714.708	1.78236
23942.239	3097.422	1765.025	1.78757
23942.239	3147.887	1815.350	1.79386
23942.239	3198.352	1865.683	1.80088
23942.239	3248.817	1916.023	1.80890
23942.239	3299.283	1966.369	1.81762
23942.239	3349.748	2016.722	1.82690
23942.239	3400.213	2067.079	1.83671
23942.239	3450.678	2117.442	1.84697
23942.239	3501.143	2167.810	1.85761
23993.168	2491.840	1168.997	1.95035
23993.168	2542.305	1218.858	1.91525
23993.168	2592.771	1268.768	1.88796
23993.168	2643.236	1318.719	1.86713
23993.168	2693.701	1368.709	1.85191
23993.168	2744.166	1418.732	1.84209
23993.168	2794.631	1468.785	1.83576
23993.168	2845.096	1518.865	1.83231
23993.168	2895.561	1568.970	1.83128
23993.168	2946.027	1619.098	1.83221
23993.168	2996.492	1669.246	1.83481
23993.168	3046.957	1719.412	1.83884
23993.168	3097.422	1769.595	1.84407
23993.168	3147.887	1819.794	1.85035
23993.168	3198.352	1870.008	1.85752
23993.168	3248.817	1920.234	1.86544
23993.168	3299.283	1970.473	1.87403
23993.168	3349.748	2020.723	1.88322
23993.168	3400.213	2070.983	1.89289
23993.168	3450.678	2121.254	1.90299
23993.168	3501.143	2171.533	1.91345

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13.2 MURO DI SOSTEGNO - FASE SISMICA

13.2.1 INPUT

Document Name

File Name: pk1+921_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
1 Distributed Load present:
Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 10 kN/m²

Material Properties

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: None

Material: Material 2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/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

23637.053 1423.674
23637.053 1386.567
23607.053 1386.567
23607.053 1336.567
23807.053 1336.567
23807.053 1338.413
23807.053 1386.567
23677.053 1386.567
23677.053 1606.451

Material Boundary

23806.947 1338.407
23807.053 1338.413
25886.969 1458.408

External Boundary

25886.969 2339.449
25301.694 2324.817
25301.694 2334.817
25151.694 2334.817
24276.694 1834.817
24076.694 1834.817
23677.053 1606.451
23677.053 1636.567
23637.053 1636.567
23637.053 1423.674
23124.528 1423.674
22391.676 1394.012
22391.676 465.576
25886.969 465.576
25886.969 1458.408

Focus/Block Search Line

23809.100 470.104
23809.100 1337.426

Search Grid

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

22974.605 2491.840
23993.168 2491.840
23993.168 3501.143
22974.605 3501.143

Distributed Load

25886.969 2339.449
25307.504 2324.963

13.2.2 OUTPUT

Raw Data for Minimum Circle Results

Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety
22974.605	2491.840	1424.449	-1000.00000
22974.605	2542.305	1465.646	-1000.00000
22974.605	2592.771	1507.406	-1000.00000
22974.605	2643.236	1549.685	-1000.00000
22974.605	2693.701	1592.440	-1000.00000
22974.605	2744.166	1635.635	-1000.00000
22974.605	2794.631	1679.235	-1000.00000
22974.605	2845.096	1723.210	-1000.00000
22974.605	2895.561	1767.532	-1000.00000
22974.605	2946.027	1812.176	-1000.00000
22974.605	2996.492	1857.117	-1000.00000
22974.605	3046.957	1902.335	-1000.00000
22974.605	3097.422	1947.812	-1000.00000
22974.605	3147.887	1993.528	-1000.00000
22974.605	3198.352	2039.468	-1000.00000
22974.605	3248.817	2085.618	-1000.00000
22974.605	3299.283	2131.963	-1000.00000
22974.605	3349.748	2178.491	-1000.00000
22974.605	3400.213	2225.191	-1000.00000
22974.605	3450.678	2272.052	-1000.00000
22974.605	3501.143	2319.064	-1000.00000
23025.533	2491.840	1395.224	-1000.00000
23025.533	2542.305	1437.259	-1000.00000
23025.533	2592.771	1479.821	-1000.00000
23025.533	2643.236	1522.865	-1000.00000
23025.533	2693.701	1566.353	-1000.00000
23025.533	2744.166	1610.247	-1000.00000
23025.533	2794.631	1654.517	-1000.00000
23025.533	2845.096	1699.132	-1000.00000
23025.533	2895.561	1744.066	-1000.00000
23025.533	2946.027	1789.295	-1000.00000
23025.533	2996.492	1834.797	-1000.00000
23025.533	3046.957	1880.552	-1000.00000
23025.533	3097.422	1926.542	-1000.00000
23025.533	3147.887	1972.752	-1000.00000
23025.533	3198.352	2019.165	-1000.00000
23025.533	3248.817	2065.768	-1000.00000
23025.533	3299.283	2112.548	-1000.00000
23025.533	3349.748	2159.495	-1000.00000
23025.533	3400.213	2206.597	-1000.00000
23025.533	3450.678	2253.844	-1000.00000
23025.533	3501.143	2301.228	-1000.00000
23076.461	2491.840	1367.272	-1000.00000
23076.461	2542.305	1410.140	-1000.00000
23076.461	2592.771	1453.496	-1000.00000
23076.461	2643.236	1497.298	-1000.00000
23076.461	2693.701	1541.507	-1000.00000
23076.461	2744.166	1586.089	-1000.00000
23076.461	2794.631	1631.015	-1000.00000
23076.461	2845.096	1676.255	-1000.00000
23076.461	2895.561	1721.786	-1000.00000

<p>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>Codice documento CS0549_F0.doc</p>	<p>Rev F0</p>	<p>Data 20/06/2011</p>
---	---	-------------------	----------------------------

23076.461	2946.027	1767.585	-1000.00000
23076.461	2996.492	1813.632	-1000.00000
23076.461	3046.957	1859.908	-1000.00000
23076.461	3097.422	1906.397	-1000.00000
23076.461	3147.887	1953.083	-1000.00000
23076.461	3198.352	1999.952	-1000.00000
23076.461	3248.817	2046.993	-1000.00000
23076.461	3299.283	2094.193	-1000.00000
23076.461	3349.748	2141.542	-1000.00000
23076.461	3400.213	2189.030	-1000.00000
23076.461	3450.678	2236.648	-1000.00000
23076.461	3501.143	2284.389	-1000.00000
23127.389	2491.840	1340.673	-1000.00000
23127.389	2542.305	1384.365	-1000.00000
23127.389	2592.771	1428.503	-1000.00000
23127.389	2643.236	1473.048	-1000.00000
23127.389	2693.701	1517.963	-1000.00000
23127.389	2744.166	1563.217	-1000.00000
23127.389	2794.631	1608.782	-1000.00000
23127.389	2845.096	1654.630	-1000.00000
23127.389	2895.561	1700.740	-1000.00000
23127.389	2946.027	1747.091	-1000.00000
23127.389	2996.492	1793.664	-1000.00000
23127.389	3046.957	1840.442	-1000.00000
23127.389	3097.422	1887.410	-1000.00000
23127.389	3147.887	1934.555	-1000.00000
23127.389	3198.352	1981.862	-1000.00000
23127.389	3248.817	2029.322	-1000.00000
23127.389	3299.283	2076.924	-1000.00000
23127.389	3349.748	2124.658	-1000.00000
23127.389	3400.213	2172.515	-1000.00000
23127.389	3450.678	2220.488	-1000.00000
23127.389	3501.143	2268.569	-1000.00000
23178.317	2491.840	1315.508	1.84837
23178.317	2542.305	1360.008	1.81381
23178.317	2592.771	1404.912	1.77996
23178.317	2643.236	1450.182	1.74877
23178.317	2693.701	1495.784	1.71901
23178.317	2744.166	1541.689	1.69057
23178.317	2794.631	1587.871	1.66196
23178.317	2845.096	1634.307	-1000.00000
23178.317	2895.561	1680.974	-1000.00000
23178.317	2946.027	1727.855	-1000.00000
23178.317	2996.492	1774.933	-1000.00000
23178.317	3046.957	1822.192	-1000.00000
23178.317	3097.422	1869.619	-1000.00000
23178.317	3147.887	1917.201	-1000.00000
23178.317	3198.352	1964.926	-1000.00000
23178.317	3248.817	2012.786	-1000.00000
23178.317	3299.283	2060.769	-1000.00000
23178.317	3349.748	2108.869	-1000.00000
23178.317	3400.213	2157.076	-1000.00000
23178.317	3450.678	2205.385	-1000.00000
23178.317	3501.143	2253.788	-1000.00000
23229.245	2491.840	1291.861	1.73395
23229.245	2542.305	1337.149	1.70392
23229.245	2592.771	1382.795	1.67534
23229.245	2643.236	1428.766	1.64719
23229.245	2693.701	1475.030	1.62116
23229.245	2744.166	1521.562	1.59541
23229.245	2794.631	1568.337	1.57169
23229.245	2845.096	1615.334	1.54893
23229.245	2895.561	1662.534	1.52702
23229.245	2946.027	1709.921	1.50602
23229.245	2996.492	1757.479	1.48579
23229.245	3046.957	1805.195	1.46635
23229.245	3097.422	1853.057	1.44771

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0549_F0.doc

Rev
F0

Data
20/06/2011

23229.245	3147.887	1901.053	1.42972
23229.245	3198.352	1949.174	1.41251
23229.245	3248.817	1997.411	1.39600
23229.245	3299.283	2045.755	1.38017
23229.245	3349.748	2094.200	1.36497
23229.245	3400.213	2142.737	1.35022
23229.245	3450.678	2191.362	1.33660
23229.245	3501.143	2240.068	1.32319
23280.174	2491.840	1269.818	1.63080
23280.174	2542.305	1315.864	1.60452
23280.174	2592.771	1362.224	1.58012
23280.174	2643.236	1408.866	1.55604
23280.174	2693.701	1455.763	1.53375
23280.174	2744.166	1502.891	1.51242
23280.174	2794.631	1550.229	1.49098
23280.174	2845.096	1597.759	1.47144
23280.174	2895.561	1645.464	1.45268
23280.174	2946.027	1693.328	1.43463
23280.174	2996.492	1741.340	1.41738
23280.174	3046.957	1789.486	1.40072
23280.174	3097.422	1837.757	1.38471
23280.174	3147.887	1886.143	1.36937
23280.174	3198.352	1934.635	1.35501
23280.174	3248.817	1983.225	1.34089
23280.174	3299.283	2031.907	1.32735
23280.174	3349.748	2080.674	1.31417
23280.174	3400.213	2129.520	1.30171
23280.174	3450.678	2178.440	1.28977
23280.174	3501.143	2227.428	1.27886
23331.102	2491.840	1249.462	1.53874
23331.102	2542.305	1296.232	1.51733
23331.102	2592.771	1343.270	1.49682
23331.102	2643.236	1390.548	1.47626
23331.102	2693.701	1438.042	1.45741
23331.102	2744.166	1485.733	1.43935
23331.102	2794.631	1533.601	1.42204
23331.102	2845.096	1581.630	1.40467
23331.102	2895.561	1629.807	1.38878
23331.102	2946.027	1678.118	1.37352
23331.102	2996.492	1726.552	1.35936
23331.102	3046.957	1775.100	1.34522
23331.102	3097.422	1823.752	1.33166
23331.102	3147.887	1872.499	1.31865
23331.102	3198.352	1921.336	1.30610
23331.102	3248.817	1970.254	1.29411
23331.102	3299.283	2019.249	1.28260
23331.102	3349.748	2068.314	1.27157
23331.102	3400.213	2117.445	1.26102
23331.102	3450.678	2166.638	1.25190
23331.102	3501.143	2215.887	1.24442
23382.030	2491.840	1230.879	1.46043
23382.030	2542.305	1278.329	1.44286
23382.030	2592.771	1326.002	1.42595
23382.030	2643.236	1373.874	1.40964
23382.030	2693.701	1421.925	1.39309
23382.030	2744.166	1470.139	1.37761
23382.030	2794.631	1518.498	1.36323
23382.030	2845.096	1566.991	1.34939
23382.030	2895.561	1615.604	1.33606
23382.030	2946.027	1664.328	1.32319
23382.030	2996.492	1713.152	1.31098
23382.030	3046.957	1762.069	1.29905
23382.030	3097.422	1811.071	1.28758
23382.030	3147.887	1860.151	1.27658
23382.030	3198.352	1909.303	1.26601
23382.030	3248.817	1958.522	1.25587
23382.030	3299.283	2007.803	1.24606

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0549_F0.doc

Rev Data
F0 20/06/2011

23382.030	3349.748	2057.141	1.23697
23382.030	3400.213	2106.533	1.22952
23382.030	3450.678	2155.974	1.22360
23382.030	3501.143	2205.462	1.21904
23432.958	2491.840	1214.148	1.39689
23432.958	2542.305	1262.228	1.38261
23432.958	2592.771	1310.486	1.36783
23432.958	2643.236	1358.905	1.35441
23432.958	2693.701	1407.468	1.34140
23432.958	2744.166	1456.160	1.32886
23432.958	2794.631	1504.969	1.31676
23432.958	2845.096	1553.883	1.30463
23432.958	2895.561	1602.894	1.29344
23432.958	2946.027	1651.993	1.28263
23432.958	2996.492	1701.171	1.27219
23432.958	3046.957	1750.423	1.26213
23432.958	3097.422	1799.742	1.25257
23432.958	3147.887	1849.123	1.24322
23432.958	3198.352	1898.560	1.23424
23432.958	3248.817	1948.051	1.22560
23432.958	3299.283	1997.590	1.21797
23432.958	3349.748	2047.175	1.21200
23432.958	3400.213	2096.801	1.20747
23432.958	3450.678	2146.467	1.20421
23432.958	3501.143	2196.169	1.20203
23483.886	2491.840	1199.349	1.34749
23483.886	2542.305	1247.998	1.33583
23483.886	2592.771	1296.786	1.32438
23483.886	2643.236	1345.698	1.31230
23483.886	2693.701	1394.721	1.30139
23483.886	2744.166	1443.843	1.29080
23483.886	2794.631	1493.055	1.28055
23483.886	2845.096	1542.347	1.27063
23483.886	2895.561	1591.713	1.26096
23483.886	2946.027	1641.146	1.25176
23483.886	2996.492	1690.640	1.24284
23483.886	3046.957	1740.190	1.23421
23483.886	3097.422	1789.791	1.22590
23483.886	3147.887	1839.439	1.21789
23483.886	3198.352	1889.130	1.21031
23483.886	3248.817	1938.861	1.20406
23483.886	3299.283	1988.629	1.19938
23483.886	3349.748	2038.432	1.19607
23483.886	3400.213	2088.266	1.19394
23483.886	3450.678	2138.130	1.19284
23483.886	3501.143	2188.022	1.19303
23534.814	2491.840	1186.552	1.31249
23534.814	2542.305	1235.706	1.30263
23534.814	2592.771	1284.961	1.29287
23534.814	2643.236	1334.306	1.28324
23534.814	2693.701	1383.732	1.27287
23534.814	2744.166	1433.231	1.26366
23534.814	2794.631	1482.795	1.25471
23534.814	2845.096	1532.418	1.24604
23534.814	2895.561	1582.094	1.23763
23534.814	2946.027	1631.818	1.22986
23534.814	2996.492	1681.587	1.22204
23534.814	3046.957	1731.395	1.21445
23534.814	3097.422	1781.241	1.20711
23534.814	3147.887	1831.121	1.20038
23534.814	3198.352	1881.032	1.19530
23534.814	3248.817	1930.972	1.19170
23534.814	3299.283	1980.938	1.18941
23534.814	3349.748	2030.929	1.18822
23534.814	3400.213	2080.943	1.18824
23534.814	3450.678	2130.978	1.18924
23534.814	3501.143	2181.033	1.19099

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>
	CS0549_F0.doc	F0	20/06/2011

23585.742	2491.840	1175.824	1.29113
23585.742	2542.305	1225.408	1.28220
23585.742	2592.771	1275.061	1.27334
23585.742	2643.236	1324.775	1.26457
23585.742	2693.701	1374.544	1.25598
23585.742	2744.166	1424.362	1.24649
23585.742	2794.631	1474.224	1.23839
23585.742	2845.096	1524.126	1.23063
23585.742	2895.561	1574.064	1.22309
23585.742	2946.027	1624.034	1.21575
23585.742	2996.492	1674.034	1.20862
23585.742	3046.957	1724.061	1.20172
23585.742	3097.422	1774.113	1.19614
23585.742	3147.887	1824.187	1.19194
23585.742	3198.352	1874.283	1.18920
23585.742	3248.817	1924.398	1.18769
23585.742	3299.283	1974.531	1.18727
23585.742	3349.748	2024.680	1.18819
23585.742	3400.213	2074.845	1.18985
23585.742	3450.678	2125.023	1.19213
23585.742	3501.143	2175.216	1.19492
23636.671	2491.840	1167.221	1.28252
23636.671	2542.305	1217.155	1.27353
23636.671	2592.771	1267.132	1.26471
23636.671	2643.236	1317.145	1.25607
23636.671	2693.701	1367.192	1.24764
23636.671	2744.166	1417.269	1.23948
23636.671	2794.631	1467.372	1.23099
23636.671	2845.096	1517.499	1.22349
23636.671	2895.561	1567.648	1.21623
23636.671	2946.027	1617.816	1.20919
23636.671	2996.492	1668.003	1.20247
23636.671	3046.957	1718.205	1.19730
23636.671	3097.422	1768.423	1.19376
23636.671	3147.887	1818.654	1.19164
23636.671	3198.352	1868.898	1.19071
23636.671	3248.817	1919.154	1.19110
23636.671	3299.283	1969.420	1.19252
23636.671	3349.748	2019.696	1.19466
23636.671	3400.213	2069.982	1.19737
23636.671	3450.678	2120.275	1.20056
23636.671	3501.143	2170.577	1.20433
23687.599	2491.840	1160.791	1.28661
23687.599	2542.305	1210.990	1.27622
23687.599	2592.771	1261.211	1.26658
23687.599	2643.236	1311.451	1.25726
23687.599	2693.701	1361.707	1.24829
23687.599	2744.166	1411.978	1.23969
23687.599	2794.631	1462.262	1.23144
23687.599	2845.096	1512.559	1.22351
23687.599	2895.561	1562.866	1.21588
23687.599	2946.027	1613.183	1.20951
23687.599	2996.492	1663.509	1.20464
23687.599	3046.957	1713.844	1.20142
23687.599	3097.422	1764.185	1.19960
23687.599	3147.887	1814.534	1.19906
23687.599	3198.352	1864.889	1.19997
23687.599	3248.817	1915.250	1.20169
23687.599	3299.283	1965.616	1.20408
23687.599	3349.748	2015.987	1.20704
23687.599	3400.213	2066.363	1.21051
23687.599	3450.678	2116.742	1.21441
23687.599	3501.143	2167.126	1.21866
23738.527	2491.840	1156.570	1.30990
23738.527	2542.305	1206.945	1.29792
23738.527	2592.771	1257.327	1.28657
23738.527	2643.236	1307.716	1.28858

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0549_F0.doc

Rev
F0

Data
20/06/2011

23738.527	2693.701	1358.110	1.27760
23738.527	2744.166	1408.510	1.26720
23738.527	2794.631	1458.913	1.25733
23738.527	2845.096	1509.322	1.24793
23738.527	2895.561	1559.733	1.24009
23738.527	2946.027	1610.148	1.23434
23738.527	2996.492	1660.566	1.23037
23738.527	3046.957	1710.987	1.22792
23738.527	3097.422	1761.411	1.22710
23738.527	3147.887	1811.837	1.22752
23738.527	3198.352	1862.264	1.22879
23738.527	3248.817	1912.694	1.23078
23738.527	3299.283	1963.126	1.23343
23738.527	3349.748	2013.559	1.23660
23738.527	3400.213	2063.994	1.24024
23738.527	3450.678	2114.431	1.24425
23738.527	3501.143	2164.868	1.24862
23789.455	2491.840	1154.582	1.34591
23789.455	2542.305	1205.040	1.33075
23789.455	2592.771	1255.499	1.31662
23789.455	2643.236	1305.958	1.30340
23789.455	2693.701	1356.417	1.29104
23789.455	2744.166	1406.878	1.27945
23789.455	2794.631	1457.338	1.26872
23789.455	2845.096	1507.799	1.26019
23789.455	2895.561	1558.260	1.25386
23789.455	2946.027	1608.721	1.24942
23789.455	2996.492	1659.182	1.24686
23789.455	3046.957	1709.644	1.24592
23789.455	3097.422	1760.106	1.24605
23789.455	3147.887	1810.568	1.24709
23789.455	3198.352	1861.030	1.24889
23789.455	3248.817	1911.493	1.25134
23789.455	3299.283	1961.955	1.25434
23789.455	3349.748	2012.418	1.25782
23789.455	3400.213	2062.881	1.26170
23789.455	3450.678	2113.344	1.26594
23789.455	3501.143	2163.807	1.27048
23840.383	2491.840	1154.838	1.37328
23840.383	2542.305	1205.286	1.35548
23840.383	2592.771	1255.735	1.33907
23840.383	2643.236	1306.185	1.32391
23840.383	2693.701	1356.636	1.30986
23840.383	2744.166	1407.088	1.29739
23840.383	2794.631	1457.541	1.28765
23840.383	2845.096	1507.995	1.28030
23840.383	2895.561	1558.450	1.27530
23840.383	2946.027	1608.905	1.27227
23840.383	2996.492	1659.361	1.27066
23840.383	3046.957	1709.817	1.27021
23840.383	3097.422	1760.274	1.27074
23840.383	3147.887	1810.732	1.27207
23840.383	3198.352	1861.190	1.27410
23840.383	3248.817	1911.648	1.27673
23840.383	3299.283	1962.106	1.27987
23840.383	3349.748	2012.565	1.28346
23840.383	3400.213	2063.025	1.28741
23840.383	3450.678	2113.484	1.29170
23840.383	3501.143	2163.944	1.29626
23891.311	2491.840	1157.338	1.40674
23891.311	2542.305	1207.681	1.38597
23891.311	2592.771	1258.034	1.36702
23891.311	2643.236	1308.395	1.34960
23891.311	2693.701	1358.765	1.33484
23891.311	2744.166	1409.141	1.32294
23891.311	2794.631	1459.523	1.31405
23891.311	2845.096	1509.910	1.30754

<p>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>Codice documento CS0549_F0.doc</p>	<p>Rev F0</p>	<p>Data 20/06/2011</p>
---	---	-------------------	----------------------------

23891.311	2895.561	1560.303	1.30343
23891.311	2946.027	1610.700	1.30114
23891.311	2996.492	1661.102	1.29979
23891.311	3046.957	1711.507	1.29950
23891.311	3097.422	1761.915	1.30012
23891.311	3147.887	1812.327	1.30150
23891.311	3198.352	1862.742	1.30355
23891.311	3248.817	1913.159	1.30611
23891.311	3299.283	1963.579	1.30921
23891.311	3349.748	2014.001	1.31273
23891.311	3400.213	2064.425	1.31661
23891.311	3450.678	2114.851	1.32079
23891.311	3501.143	2165.279	1.32524
23942.239	2491.840	1162.067	1.44349
23942.239	2542.305	1212.213	1.41959
23942.239	2592.771	1262.385	1.39805
23942.239	2643.236	1312.580	1.38033
23942.239	2693.701	1362.794	1.36622
23942.239	2744.166	1413.027	1.35521
23942.239	2794.631	1463.275	1.34719
23942.239	2845.096	1513.538	1.34146
23942.239	2895.561	1563.814	1.33745
23942.239	2946.027	1614.101	1.33527
23942.239	2996.492	1664.400	1.33388
23942.239	3046.957	1714.708	1.33349
23942.239	3097.422	1765.025	1.33398
23942.239	3147.887	1815.350	1.33522
23942.239	3198.352	1865.683	1.33699
23942.239	3248.817	1916.023	1.33942
23942.239	3299.283	1966.369	1.34232
23942.239	3349.748	2016.722	1.34562
23942.239	3400.213	2067.079	1.34927
23942.239	3450.678	2117.442	1.35324
23942.239	3501.143	2167.810	1.35746
23993.168	2491.840	1168.997	1.48416
23993.168	2542.305	1218.858	1.45756
23993.168	2592.771	1268.768	1.43591
23993.168	2643.236	1318.719	1.41847
23993.168	2693.701	1368.709	1.40470
23993.168	2744.166	1418.732	1.39448
23993.168	2794.631	1468.785	1.38664
23993.168	2845.096	1518.865	1.38076
23993.168	2895.561	1568.970	1.37664
23993.168	2946.027	1619.098	1.37379
23993.168	2996.492	1669.246	1.37210
23993.168	3046.957	1719.412	1.37142
23993.168	3097.422	1769.595	1.37158
23993.168	3147.887	1819.794	1.37248
23993.168	3198.352	1870.008	1.37400
23993.168	3248.817	1920.234	1.37607
23993.168	3299.283	1970.473	1.37860
23993.168	3349.748	2020.723	1.38156
23993.168	3400.213	2070.983	1.38486
23993.168	3450.678	2121.254	1.38847
23993.168	3501.143	2171.533	1.39233

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0549_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13.3 PARATIA PROVVISORIA

13.3.1 INPUT

Document Name

File Name: pk1+921_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+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CS0549_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

32047.453 15426.361
37082.051 15174.631

External Boundary

37082.051 16514.684
36982.051 16514.684
36879.551 16503.392
36278.034 16519.083
36273.037 16524.214
35153.037 16553.132
35134.641 16556.714
35003.038 16556.714
33974.780 16151.332
33884.781 16151.332
33869.781 16124.353
33750.781 16136.253
33749.781 16141.355
32629.781 16169.356
32609.781 16173.857
32479.781 16173.857
32201.546 15988.367
32047.453 15988.367
32047.453 15426.361
32047.453 15353.570
31655.453 15353.570
31655.453 15409.167
30667.311 15393.508
30267.391 15385.510
29837.187 15423.674
29452.936 15423.674
29360.017 15419.082
29325.162 15323.674
29297.527 15309.601
28487.147 15265.753
28487.147 12618.515
37082.051 12618.515
37082.051 15174.631

Focus/Block Search Line

32048.483 12628.778
32048.483 14503.464

Search Grid

30011.839 16625.854
32757.292 16625.854

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO	Codice documento	Rev	Data
	CS0549_F0.doc	F0	20/06/2011

32757.292 19277.606
30011.839 19277.606

Distributed Load

33717.244 16142.169
32639.214 16169.120

Distributed Load

36250.649 16524.792
35157.660 16553.013

13.3.2 OUTPUT

Raw Data for Minimum Circle Results

Center_x	Center_y	Radius	Factor_of_Safety
30011.839	16625.854	2941.506	-1000.00000
30011.839	16758.441	3038.559	-1000.00000
30011.839	16891.029	3138.213	-1000.00000
30011.839	17023.616	3240.229	-1000.00000
30011.839	17156.204	3344.390	-1000.00000
30011.839	17288.792	3450.503	-1000.00000
30011.839	17421.379	3558.391	-1000.00000
30011.839	17553.967	3667.899	-1000.00000
30011.839	17686.554	3778.886	-1000.00000
30011.839	17819.142	3891.226	-1000.00000
30011.839	17951.730	4004.804	-1000.00000
30011.839	18084.317	4119.518	-1000.00000
30011.839	18216.905	4235.276	-1000.00000
30011.839	18349.492	4351.994	-1000.00000
30011.839	18482.080	4469.598	-1000.00000
30011.839	18614.668	4588.019	-1000.00000
30011.839	18747.255	4707.195	-1000.00000
30011.839	18879.843	4827.071	-1000.00000
30011.839	19012.430	4947.595	-1000.00000
30011.839	19145.018	5068.722	-1000.00000
30011.839	19277.606	5190.409	-1000.00000
30149.112	16625.854	2848.183	-1000.00000
30149.112	16758.441	2948.310	-1000.00000
30149.112	16891.029	3050.914	-1000.00000
30149.112	17023.616	3155.753	-1000.00000
30149.112	17156.204	3262.613	-1000.00000
30149.112	17288.792	3371.300	-1000.00000
30149.112	17421.379	3481.643	-1000.00000
30149.112	17553.967	3593.491	-1000.00000
30149.112	17686.554	3706.707	-1000.00000
30149.112	17819.142	3821.169	-1000.00000
30149.112	17951.730	3936.769	-1000.00000
30149.112	18084.317	4053.409	-1000.00000
30149.112	18216.905	4171.002	-1000.00000
30149.112	18349.492	4289.469	-1000.00000
30149.112	18482.080	4408.741	-1000.00000
30149.112	18614.668	4528.753	-1000.00000
30149.112	18747.255	4649.449	-1000.00000
30149.112	18879.843	4770.776	-1000.00000
30149.112	19012.430	4892.687	-1000.00000
30149.112	19145.018	5015.141	-1000.00000
30149.112	19277.606	5138.097	-1000.00000
30286.385	16625.854	2758.537	-1000.00000
30286.385	16758.441	2861.802	-1000.00000
30286.385	16891.029	2967.399	-1000.00000
30286.385	17023.616	3075.087	-1000.00000
30286.385	17156.204	3184.654	-1000.00000
30286.385	17288.792	3295.913	-1000.00000
30286.385	17421.379	3408.698	-1000.00000

<p>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>Codice documento CS0549_F0.doc</p>	<p>Rev F0</p>	<p>Data 20/06/2011</p>
---	---	-------------------	----------------------------

30286.385	17553.967	3522.862	-1000.00000
30286.385	17686.554	3638.277	-1000.00000
30286.385	17819.142	3754.825	-1000.00000
30286.385	17951.730	3872.406	-1000.00000
30286.385	18084.317	3990.927	-1000.00000
30286.385	18216.905	4110.308	-1000.00000
30286.385	18349.492	4230.476	-1000.00000
30286.385	18482.080	4351.365	-1000.00000
30286.385	18614.668	4472.917	-1000.00000
30286.385	18747.255	4595.080	-1000.00000
30286.385	18879.843	4717.805	-1000.00000
30286.385	19012.430	4841.051	-1000.00000
30286.385	19145.018	4964.778	-1000.00000
30286.385	19277.606	5088.951	-1000.00000
30423.657	16625.854	2672.938	-1000.00000
30423.657	16758.441	2779.385	-1000.00000
30423.657	16891.029	2887.997	-1000.00000
30423.657	17023.616	2998.538	-1000.00000
30423.657	17156.204	3110.802	-1000.00000
30423.657	17288.792	3224.610	-1000.00000
30423.657	17421.379	3339.804	-1000.00000
30423.657	17553.967	3456.245	-1000.00000
30423.657	17686.554	3573.811	-1000.00000
30423.657	17819.142	3692.395	-1000.00000
30423.657	17951.730	3811.902	-1000.00000
30423.657	18084.317	3932.247	-1000.00000
30423.657	18216.905	4053.357	-1000.00000
30423.657	18349.492	4175.164	-1000.00000
30423.657	18482.080	4297.609	-1000.00000
30423.657	18614.668	4420.640	-1000.00000
30423.657	18747.255	4544.208	-1000.00000
30423.657	18879.843	4668.271	-1000.00000
30423.657	19012.430	4792.790	-1000.00000
30423.657	19145.018	4917.732	-1000.00000
30423.657	19277.606	5043.063	-1000.00000
30560.930	16625.854	2591.786	-1000.00000
30560.930	16758.441	2701.432	-1000.00000
30560.930	16891.029	2813.055	-1000.00000
30560.930	17023.616	2926.428	-1000.00000
30560.930	17156.204	3041.356	-1000.00000
30560.930	17288.792	3157.668	-1000.00000
30560.930	17421.379	3275.217	-1000.00000
30560.930	17553.967	3393.874	-1000.00000
30560.930	17686.554	3513.528	-1000.00000
30560.930	17819.142	3634.080	-1000.00000
30560.930	17951.730	3755.443	-1000.00000
30560.930	18084.317	3877.541	-1000.00000
30560.930	18216.905	4000.307	-1000.00000
30560.930	18349.492	4123.682	-1000.00000
30560.930	18482.080	4247.611	-1000.00000
30560.930	18614.668	4372.049	-1000.00000
30560.930	18747.255	4496.952	-1000.00000
30560.930	18879.843	4622.284	-1000.00000
30560.930	19012.430	4748.010	-1000.00000
30560.930	19145.018	4874.099	-1000.00000
30560.930	19277.606	5000.524	-1000.00000
30698.203	16625.854	2515.511	5.78613
30698.203	16758.441	2628.342	-1000.00000
30698.203	16891.029	2742.941	-1000.00000
30698.203	17023.616	2859.095	-1000.00000
30698.203	17156.204	2976.624	-1000.00000
30698.203	17288.792	3095.369	-1000.00000
30698.203	17421.379	3215.196	-1000.00000
30698.203	17553.967	3335.989	-1000.00000
30698.203	17686.554	3457.647	-1000.00000
30698.203	17819.142	3580.081	-1000.00000
30698.203	17951.730	3703.214	-1000.00000

<p>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>Codice documento CS0549_F0.doc</p>	<p>Rev F0</p>	<p>Data 20/06/2011</p>
---	---	-------------------	----------------------------

30698.203	18084.317	3826.979	-1000.00000
30698.203	18216.905	3951.316	-1000.00000
30698.203	18349.492	4076.174	-1000.00000
30698.203	18482.080	4201.505	-1000.00000
30698.203	18614.668	4327.269	-1000.00000
30698.203	18747.255	4453.428	-1000.00000
30698.203	18879.843	4579.951	-1000.00000
30698.203	19012.430	4706.808	-1000.00000
30698.203	19145.018	4833.972	-1000.00000
30698.203	19277.606	4961.420	-1000.00000
30835.475	16625.854	2444.571	5.39194
30835.475	16758.441	2560.529	5.17738
30835.475	16891.029	2678.032	5.01027
30835.475	17023.616	2796.883	4.87632
30835.475	17156.204	2916.919	4.76798
30835.475	17288.792	3037.999	-1000.00000
30835.475	17421.379	3160.003	-1000.00000
30835.475	17553.967	3282.828	-1000.00000
30835.475	17686.554	3406.384	-1000.00000
30835.475	17819.142	3530.596	-1000.00000
30835.475	17951.730	3655.397	-1000.00000
30835.475	18084.317	3780.727	-1000.00000
30835.475	18216.905	3906.537	-1000.00000
30835.475	18349.492	4032.781	-1000.00000
30835.475	18482.080	4159.420	-1000.00000
30835.475	18614.668	4286.419	-1000.00000
30835.475	18747.255	4413.746	-1000.00000
30835.475	18879.843	4541.374	-1000.00000
30835.475	19012.430	4669.279	-1000.00000
30835.475	19145.018	4797.438	-1000.00000
30835.475	19277.606	4925.832	-1000.00000
30972.748	16625.854	2379.442	5.06692
30972.748	16758.441	2498.425	4.88685
30972.748	16891.029	2618.716	4.74593
30972.748	17023.616	2740.141	4.63410
30972.748	17156.204	2862.558	4.54857
30972.748	17288.792	2985.843	4.48392
30972.748	17421.379	3109.893	4.43526
30972.748	17553.967	3234.621	4.38891
30972.748	17686.554	3359.951	4.35794
30972.748	17819.142	3485.818	4.33146
30972.748	17951.730	3612.166	-1000.00000
30972.748	18084.317	3738.946	-1000.00000
30972.748	18216.905	3866.116	-1000.00000
30972.748	18349.492	3993.638	-1000.00000
30972.748	18482.080	4121.480	-1000.00000
30972.748	18614.668	4249.612	-1000.00000
30972.748	18747.255	4378.010	-1000.00000
30972.748	18879.843	4506.651	-1000.00000
30972.748	19012.430	4635.514	-1000.00000
30972.748	19145.018	4764.581	-1000.00000
30972.748	19277.606	4893.837	-1000.00000
31110.021	16625.854	2320.614	4.78672
31110.021	16758.441	2442.465	4.64159
31110.021	16891.029	2565.381	4.53165
31110.021	17023.616	2689.216	4.44643
31110.021	17156.204	2813.848	4.38027
31110.021	17288.792	2939.177	4.33103
31110.021	17421.379	3065.117	4.29002
31110.021	17553.967	3191.595	4.26036
31110.021	17686.554	3318.551	4.23367
31110.021	17819.142	3445.930	4.20404
31110.021	17951.730	3573.688	4.17154
31110.021	18084.317	3701.786	4.13673
31110.021	18216.905	3830.190	4.10256
31110.021	18349.492	3958.870	4.06337
31110.021	18482.080	4087.799	-1000.00000

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0549_F0.doc

Rev	Data
F0	20/06/2011

31110.021	18614.668	4216.955	-1000.00000
31110.021	18747.255	4346.318	-1000.00000
31110.021	18879.843	4475.869	-1000.00000
31110.021	19012.430	4605.594	-1000.00000
31110.021	19145.018	4735.477	-1000.00000
31110.021	19277.606	4865.505	-1000.00000
31247.293	16625.854	2268.577	4.55202
31247.293	16758.441	2393.079	4.45115
31247.293	16891.029	2518.407	4.36069
31247.293	17023.616	2644.442	4.29621
31247.293	17156.204	2771.089	4.25041
31247.293	17288.792	2898.268	4.20370
31247.293	17421.379	3025.911	4.17910
31247.293	17553.967	3153.962	4.15520
31247.293	17686.554	3282.373	4.12757
31247.293	17819.142	3411.104	4.09647
31247.293	17951.730	3540.119	4.06280
31247.293	18084.317	3669.389	4.01982
31247.293	18216.905	3798.888	3.98448
31247.293	18349.492	3928.593	3.94777
31247.293	18482.080	4058.484	3.90981
31247.293	18614.668	4188.544	3.87110
31247.293	18747.255	4318.758	3.83199
31247.293	18879.843	4449.112	3.79323
31247.293	19012.430	4579.594	-1000.00000
31247.293	19145.018	4710.194	-1000.00000
31247.293	19277.606	4840.902	-1000.00000
31384.566	16625.854	2223.809	4.22811
31384.566	16758.441	2350.683	4.19650
31384.566	16891.029	2478.155	4.17993
31384.566	17023.616	2606.138	4.17383
31384.566	17156.204	2734.560	4.15064
31384.566	17288.792	2863.361	4.12895
31384.566	17421.379	2992.493	4.10137
31384.566	17553.967	3121.915	4.06974
31384.566	17686.554	3251.592	4.03495
31384.566	17819.142	3381.495	3.99837
31384.566	17951.730	3511.598	3.95936
31384.566	18084.317	3641.881	3.92093
31384.566	18216.905	3772.324	3.88143
31384.566	18349.492	3902.912	3.84108
31384.566	18482.080	4033.630	3.80051
31384.566	18614.668	4164.467	3.75983
31384.566	18747.255	4295.411	3.72213
31384.566	18879.843	4426.452	3.69121
31384.566	19012.430	4557.583	3.66625
31384.566	19145.018	4688.796	3.64800
31384.566	19277.606	4820.085	3.63267
31521.839	16625.854	2186.754	3.97731
31521.839	16758.441	2315.659	3.97254
31521.839	16891.029	2444.958	3.98254
31521.839	17023.616	2574.592	3.98300
31521.839	17156.204	2704.512	3.99720
31521.839	17288.792	2834.679	4.00719
31521.839	17421.379	2965.061	4.00780
31521.839	17553.967	3095.630	3.99201
31521.839	17686.554	3226.363	3.96171
31521.839	17819.142	3357.242	3.91370
31521.839	17951.730	3488.251	3.87333
31521.839	18084.317	3619.374	3.83209
31521.839	18216.905	3750.600	3.79036
31521.839	18349.492	3881.918	3.74841
31521.839	18482.080	4013.321	3.70767
31521.839	18614.668	4144.798	3.67315
31521.839	18747.255	4276.344	3.64513
31521.839	18879.843	4407.953	3.61625
31521.839	19012.430	4539.618	3.59974

<p>ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>Codice documento CS0549_F0.doc</p>	<p>Rev F0</p>	<p>Data 20/06/2011</p>
---	---	-------------------	----------------------------

31521.839	19145.018	4671.336	3.58729
31521.839	19277.606	4803.102	3.57830
31659.111	16625.854	2157.811	3.80980
31659.111	16758.441	2288.347	3.82543
31659.111	16891.029	2419.107	3.83774
31659.111	17023.616	2550.055	3.85829
31659.111	17156.204	2681.164	3.86995
31659.111	17288.792	2812.412	3.87336
31659.111	17421.379	2943.780	3.86997
31659.111	17553.967	3075.253	3.86037
31659.111	17686.554	3206.817	3.84077
31659.111	17819.142	3338.463	3.82073
31659.111	17951.730	3470.180	3.79090
31659.111	18084.317	3601.961	3.75273
31659.111	18216.905	3733.799	3.70936
31659.111	18349.492	3865.688	3.66782
31659.111	18482.080	3997.624	3.63399
31659.111	18614.668	4129.601	3.60730
31659.111	18747.255	4261.617	3.58694
31659.111	18879.843	4393.666	3.57129
31659.111	19012.430	4525.748	3.56000
31659.111	19145.018	4657.858	3.55283
31659.111	19277.606	4789.994	3.54871
31796.384	16625.854	2137.310	3.73013
31796.384	16758.441	2269.026	3.73355
31796.384	16891.029	2400.838	3.75319
31796.384	17023.616	2532.730	3.76549
31796.384	17156.204	2664.692	3.77037
31796.384	17288.792	2796.713	3.76757
31796.384	17421.379	2928.786	3.75848
31796.384	17553.967	3060.902	3.73236
31796.384	17686.554	3193.058	3.71450
31796.384	17819.142	3325.248	3.69345
31796.384	17951.730	3457.469	3.66972
31796.384	18084.317	3589.717	3.64418
31796.384	18216.905	3721.989	3.62343
31796.384	18349.492	3854.282	3.60507
31796.384	18482.080	3986.595	3.58776
31796.384	18614.668	4118.926	3.56475
31796.384	18747.255	4251.273	3.55124
31796.384	18879.843	4383.634	3.54203
31796.384	19012.430	4516.009	3.53626
31796.384	19145.018	4648.395	3.53352
31796.384	19277.606	4780.793	3.53341
31933.657	16625.854	2125.494	3.72634
31933.657	16758.441	2257.899	3.71359
31933.657	16891.029	2390.325	3.71397
31933.657	17023.616	2522.767	3.70886
31933.657	17156.204	2655.224	3.69911
31933.657	17288.792	2787.694	3.68590
31933.657	17421.379	2920.174	3.66210
31933.657	17553.967	3052.663	3.64160
31933.657	17686.554	3185.161	3.61808
31933.657	17819.142	3317.666	3.59257
31933.657	17951.730	3450.177	3.56844
31933.657	18084.317	3582.694	3.55112
31933.657	18216.905	3715.216	3.54020
31933.657	18349.492	3847.742	3.53445
31933.657	18482.080	3980.273	3.53275
31933.657	18614.668	4112.807	3.53201
31933.657	18747.255	4245.345	3.53458
31933.657	18879.843	4377.885	3.53648
31933.657	19012.430	4510.429	3.53809
31933.657	19145.018	4642.974	3.53998
31933.657	19277.606	4775.523	3.54324
32070.929	16625.854	2122.509	3.75887
32070.929	16758.441	2255.089	3.74013

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0549_F0.doc

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

32070.929	16891.029	2387.671	3.71598
32070.929	17023.616	2520.253	3.69103
32070.929	17156.204	2652.835	3.66440
32070.929	17288.792	2785.418	3.62992
32070.929	17421.379	2918.002	3.60064
32070.929	17553.967	3050.586	3.57113
32070.929	17686.554	3183.170	3.54177
32070.929	17819.142	3315.754	3.51890
32070.929	17951.730	3448.339	3.50348
32070.929	18084.317	3580.924	3.49446
32070.929	18216.905	3713.509	3.49068
32070.929	18349.492	3846.094	3.49118
32070.929	18482.080	3978.680	3.49532
32070.929	18614.668	4111.265	3.49907
32070.929	18747.255	4243.851	3.50931
32070.929	18879.843	4376.437	3.52152
32070.929	19012.430	4509.023	3.53509
32070.929	19145.018	4641.609	3.54760
32070.929	19277.606	4774.195	3.55903
32208.202	16625.854	2128.391	3.84635
32208.202	16758.441	2260.627	3.80280
32208.202	16891.029	2392.901	3.75710
32208.202	17023.616	2525.209	3.71064
32208.202	17156.204	2657.544	3.65212
32208.202	17288.792	2789.904	3.60685
32208.202	17421.379	2922.284	3.56369
32208.202	17553.967	3054.682	3.52543
32208.202	17686.554	3187.095	3.49795
32208.202	17819.142	3319.523	3.48072
32208.202	17951.730	3451.963	3.47167
32208.202	18084.317	3584.414	3.46871
32208.202	18216.905	3716.874	3.47029
32208.202	18349.492	3849.344	3.47555
32208.202	18482.080	3981.821	3.48397
32208.202	18614.668	4114.305	3.49394
32208.202	18747.255	4246.796	3.50709
32208.202	18879.843	4379.293	3.52216
32208.202	19012.430	4511.795	3.53892
32208.202	19145.018	4644.302	3.55708
32208.202	19277.606	4776.813	3.57627
32345.475	16625.854	2143.069	3.96008
32345.475	16758.441	2274.451	3.88660
32345.475	16891.029	2405.966	3.81600
32345.475	17023.616	2537.592	3.74887
32345.475	17156.204	2669.314	3.66889
32345.475	17288.792	2801.117	3.60984
32345.475	17421.379	2932.991	3.56186
32345.475	17553.967	3064.926	3.52744
32345.475	17686.554	3196.916	3.50398
32345.475	17819.142	3328.953	3.48945
32345.475	17951.730	3461.032	3.48230
32345.475	18084.317	3593.148	3.48097
32345.475	18216.905	3725.299	3.48450
32345.475	18349.492	3857.479	3.49212
32345.475	18482.080	3989.686	3.50294
32345.475	18614.668	4121.917	3.51180
32345.475	18747.255	4254.171	3.52750
32345.475	18879.843	4386.445	3.54484
32345.475	19012.430	4518.737	3.56359
32345.475	19145.018	4651.046	3.58355
32345.475	19277.606	4783.371	3.60464
32482.747	16625.854	2166.362	4.09187
32482.747	16758.441	2296.412	3.98451
32482.747	16891.029	2426.737	3.88694
32482.747	17023.616	2557.295	3.79826
32482.747	17156.204	2688.051	3.70577
32482.747	17288.792	2818.978	3.64635

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.1+921 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0549_F0.doc

Rev Data
F0 20/06/2011

32482.747	17421.379	2950.054	3.60199
32482.747	17553.967	3081.259	3.56938
32482.747	17686.554	3212.577	3.54628
32482.747	17819.142	3343.996	3.53157
32482.747	17951.730	3475.503	3.52386
32482.747	18084.317	3607.090	3.52173
32482.747	18216.905	3738.747	3.52449
32482.747	18349.492	3870.468	3.53124
32482.747	18482.080	4002.246	3.54186
32482.747	18614.668	4134.076	3.55692
32482.747	18747.255	4265.953	3.57308
32482.747	18879.843	4397.872	3.59094
32482.747	19012.430	4529.831	3.61019
32482.747	19145.018	4661.825	3.63117
32482.747	19277.606	4793.852	3.65323
32620.020	16625.854	2197.998	4.23401
32620.020	16758.441	2326.280	4.09154
32620.020	16891.029	2455.020	3.96475
32620.020	17023.616	2584.149	3.86145
32620.020	17156.204	2713.611	3.77345
32620.020	17288.792	2843.362	3.71580
32620.020	17421.379	2973.363	3.67264
32620.020	17553.967	3103.582	3.64070
32620.020	17686.554	3233.995	3.61908
32620.020	17819.142	3364.577	3.60552
32620.020	17951.730	3495.310	3.59788
32620.020	18084.317	3626.178	3.59580
32620.020	18216.905	3757.166	3.59842
32620.020	18349.492	3888.263	3.60506
32620.020	18482.080	4019.458	3.61505
32620.020	18614.668	4150.741	3.62301
32620.020	18747.255	4282.105	3.63911
32620.020	18879.843	4413.542	3.65800
32620.020	19012.430	4545.045	3.67863
32620.020	19145.018	4676.610	3.70045
32620.020	19277.606	4808.231	3.72328
32757.292	16625.854	2237.622	4.38058
32757.292	16758.441	2363.754	4.20540
32757.292	16891.029	2490.558	4.07251
32757.292	17023.616	2617.934	3.97163
32757.292	17156.204	2745.804	3.89473
32757.292	17288.792	2874.102	3.82307
32757.292	17421.379	3002.772	3.78126
32757.292	17553.967	3131.770	3.75028
32757.292	17686.554	3261.055	3.72806
32757.292	17819.142	3390.595	3.71306
32757.292	17951.730	3520.362	3.70389
32757.292	18084.317	3650.332	3.69952
32757.292	18216.905	3780.484	3.69905
32757.292	18349.492	3910.799	3.70223
32757.292	18482.080	4041.262	3.70908
32757.292	18614.668	4171.859	3.71967
32757.292	18747.255	4302.578	3.73483
32757.292	18879.843	4433.408	3.75095
32757.292	19012.430	4564.339	3.76890
32757.292	19145.018	4695.363	3.78845
32757.292	19277.606	4826.473	3.80942