

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> |
|--|--|---|--|

| | | |
|---|--|-----------|
| <i>Unità Funzionale</i> | COLLEGAMENTI CALABRIA | CS0561_F0 |
| <i>Tipo di sistema</i> | INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI | |
| <i>Raggruppamento di opere/attività</i> | ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE | |
| <i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> | GENERALE | |
| <i>Titolo del documento</i> | ADEGUAMENTO TOMBINO PK 2+104 (ASSE C) – RELAZIONE DI CALCOLO | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CODICE | C | G | 0 | 7 | 0 | 0 | P | C | L | D | C | S | C | 0 | 0 | G | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | F | 0 |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

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

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

INDICE

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

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

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

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

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

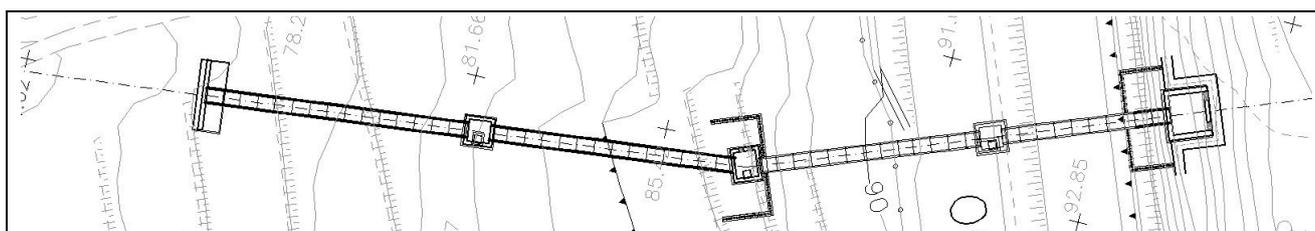
| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

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

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

PREMESSA

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

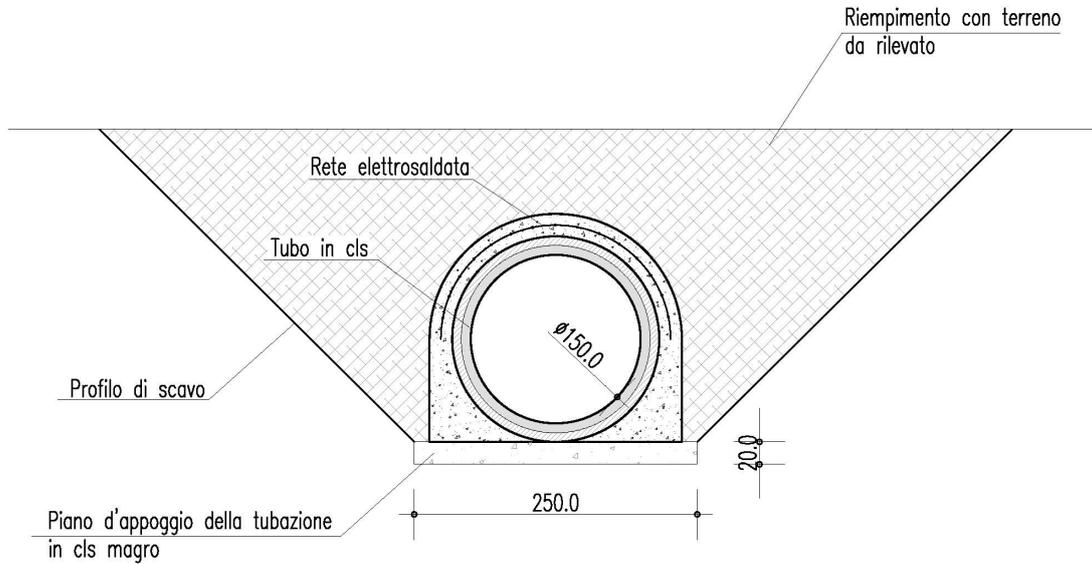


Stralcio planimetrico dell'opera

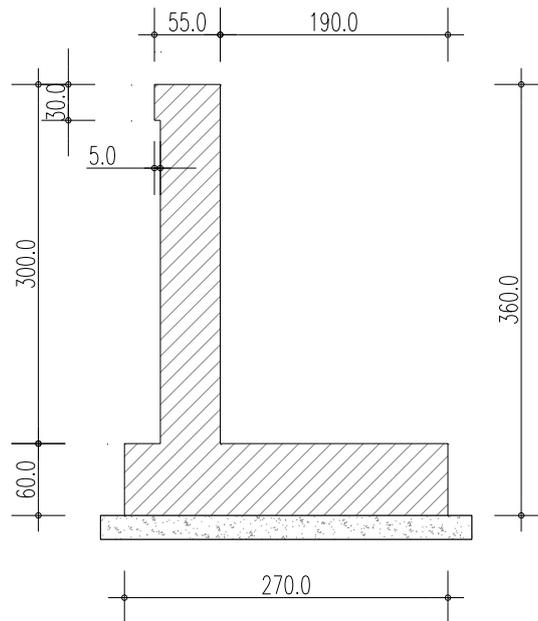
Si tratta di una struttura costituita dall'insieme di moduli circolari in cemento vibrocompresso armato di diametro interno pari a 1500 mm.

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

Nelle illustrazioni seguenti si riportano le sezioni trasversali:



Sezione trasversale tubo



Sezione trasversale muro

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

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

1 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

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

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

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

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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

3 PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA

- **SAP2000 Advanced Rel. 14.0.2 – Structural Analysis Program**
Computers and Structures, Inc. – Berkeley CA, USA
Programma di calcolo ad elementi finiti monodimensionali, bidimensionali e tridimensionali;
- **STS Stati Limite Rel. 1.1**
Distribuito dall'ing. Dante Sangalli
Programma di calcolo per la verifica alle Tensioni Ammissibili ed agli Stati Limite di sezioni in c.a. e c.a.p.;
- **Spettri di risposta ver. 1.0.3**
Distribuito dal Consiglio Superiore LL.PP.
Foglio di calcolo per la definizione dei parametri sismici secondo la trattazione del D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le Costruzioni".
- **Paratie Plus 2010 ver. 8.0.9.38**
Prodotto da Ce.A.S., Deep Excavation - Distribuito da Harpaceas s.r.l.
Programma di calcolo per l'analisi di paratie flessibili pluritirantate ad elementi finiti in campo non lineare.
- **SLIDE release 5.0**
Prodotto da Rocscience Inc.
Programma per l'analisi di stabilità di pendii.

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

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO PER MANUFATTI IDRAULICI

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

Caratteristiche del calcestruzzo:

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

Resistenze di calcolo a SLU:

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

Resistenze di calcolo a SLE:

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

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

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

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

Caratteristiche del calcestruzzo:

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

Resistenze di calcolo a SLU:

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

Resistenze di calcolo a SLE:

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

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

4.3 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 | γ _c | = - | | = 1.50 | - |
| Coeff. riduttivo per resist. di lunga durata | α _{cc} | = - | | = 0.85 | - |
| Resistenza a compressione di calcolo | f _{cd} | = α _{cc} f _{ck} /γ _c | | = 18.81 | N/mm ² |
| Resistenza a trazione di calcolo | f _{ctd} | = f _{ctk} /γ _c | | = 1.45 | N/mm ² |

Resistenze di calcolo a SLE:

| | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|------------------------|--|---------|-------------------|
| Massima compressione (Comb. Rara) | σ _c | = 0.60 f _{ck} | | = 19.92 | N/mm ² |
| Massima compressione (Comb. Q.P.) | σ _c | = 0.45 f _{ck} | | = 14.94 | N/mm ² |

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

4.4 MISCELA CEMENTIZIA PER MICROPALI

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

Caratteristiche del calcestruzzo:

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

Resistenze di calcolo a SLU:

| | | |
|--|------------------|---|
| Coeff. parziale di sicurezza | γ _c | = - = 1.50 - |
| Coeff. riduttivo per resist. di lunga durata | α _{cc} | = - = 0.85 - |
| Resistenza a compressione di calcolo | f _{cd} | = α _{cc} f _{ck} /γ _c = 14.11 N/mm ² |
| Resistenza a trazione di calcolo | f _{ctd} | = f _{ctk} /γ _c = 1.19 N/mm ² |

Resistenze di calcolo a SLE:

| | | |
|-----------------------------------|----------------|--|
| Massima compressione (Comb. Rara) | σ _c | = 0.60 f _{ck} = 14.94 N/mm ² |
| Massima compressione (Comb. Q.P.) | σ _c | = 0.45 f _{ck} = 11.21 N/mm ² |

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

4.5 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

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

Caratteristiche dell'acciaio:

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

Resistenze di calcolo a SLU:

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

Resistenze di calcolo a SLE:

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

4.6 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA PER MICROPALI

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

Caratteristiche dell'acciaio:

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

Resistenze di calcolo a SLU:

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

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

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 _{≤40mm}) | f _{tk} | = - | = 430.00 N/mm ² |
| Tensione caratt. di snervamento (t _{≤40mm}) | 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 |

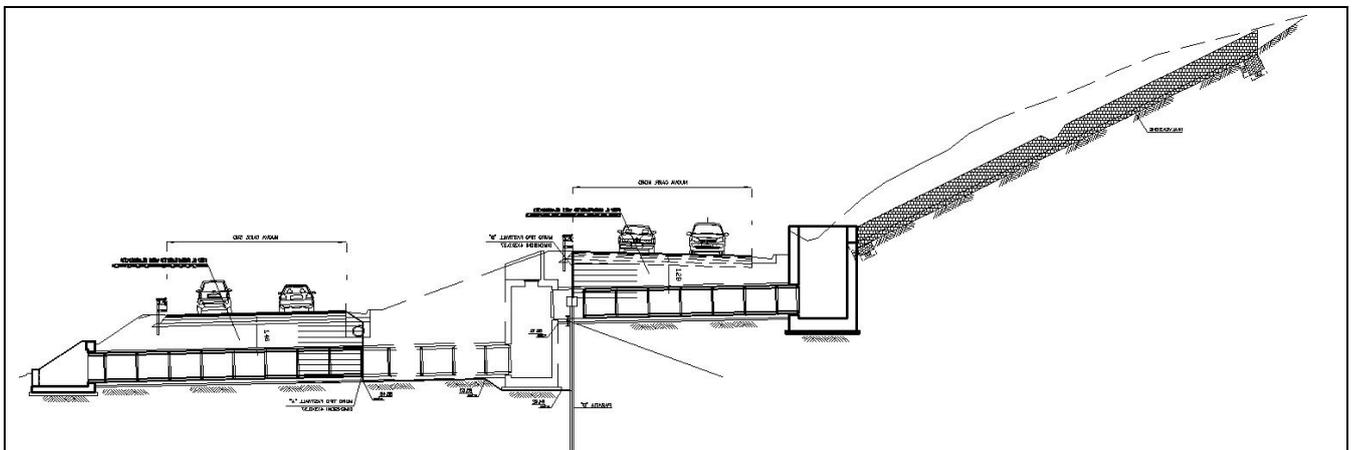
| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

5 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA E DEL LUOGO

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

Lo stato di fatto si compone delle seguenti opere:

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

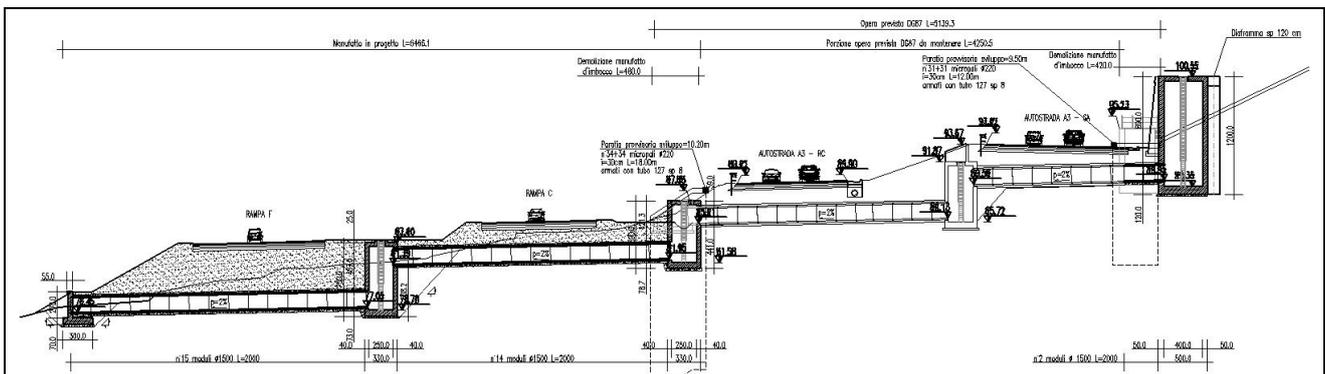


Profilo - Stato di fatto

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

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

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



Profilo - Nuove opere in progetto

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

5.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

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

Descrizione delle litologie prevalenti

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

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

Depositi terrazzati marini: sono rappresentati da depositi marini sabbiosi e sabbioso ghiaiosi fortemente pedogenizzati in prossimità della superficie. I depositi dei terrazzi marini rappresentano terre da sciolte a debolmente coesive con cementazione da debole ad assente.

L'età attribuibile ai terrazzi cartografati nell'area di intervento copre l'intervallo Pleistocene medio-superiore.

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

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

La falda non risulta interferente con le opere.

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

Indagini previste

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

Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

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

Depositi di versante

Si considerano i sondaggi della caratterizzazione generale.

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

Depositi terrazzati marini

Si considerano i sondaggi della tratta relativa alla Rampa A_acc.

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

Plutoniti

Si considerano i sondaggi della caratterizzazione generale.

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

Depositi di versante

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

Con riferimento al fuso medio si ha:

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

Il peso di volume dei grani γ_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 $C_{sg}=0.95$.
- γ_d : si può stimare un valore medio di γ_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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

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

$c_p' = 0$ kPa = coesione apparente

$\varphi_p' = 36 \div 38^\circ$ =angolo di resistenza al taglio

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

$c_r' = 0$ kPa = coesione apparente

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

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

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

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

Per G ed E_0 una stima è data quindi da:

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

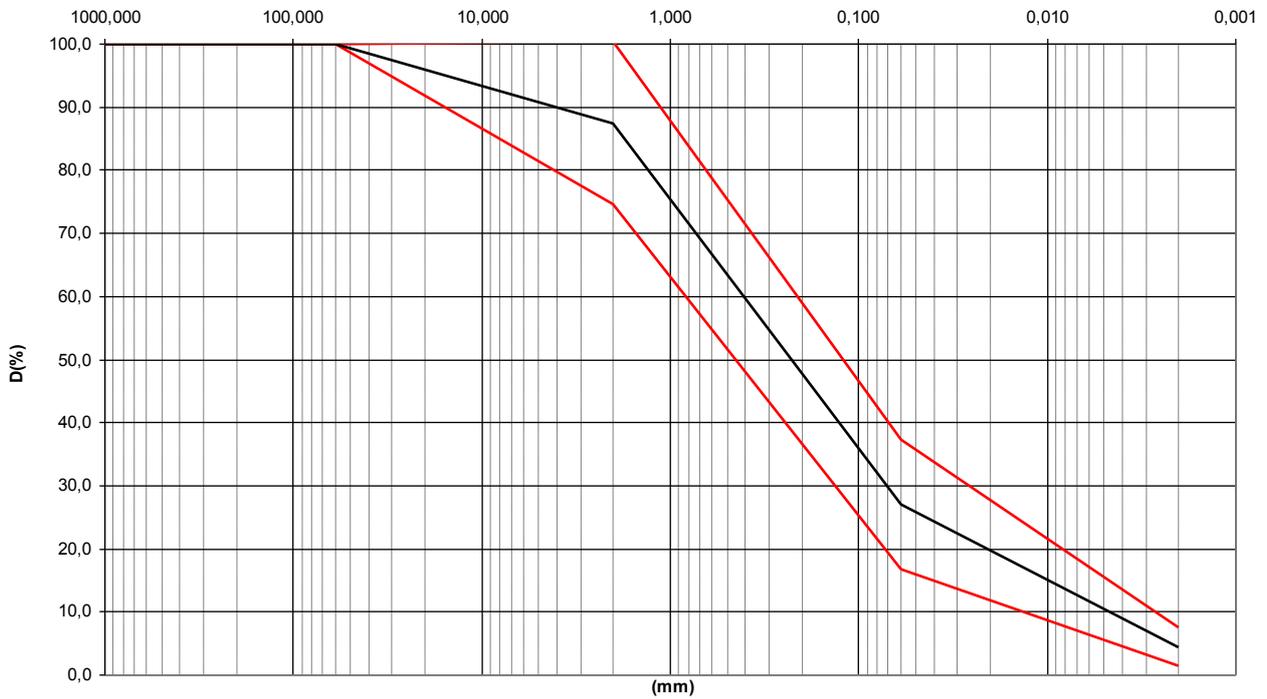
$$E_0 = 48 \cdot (z)^{0.85}$$

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

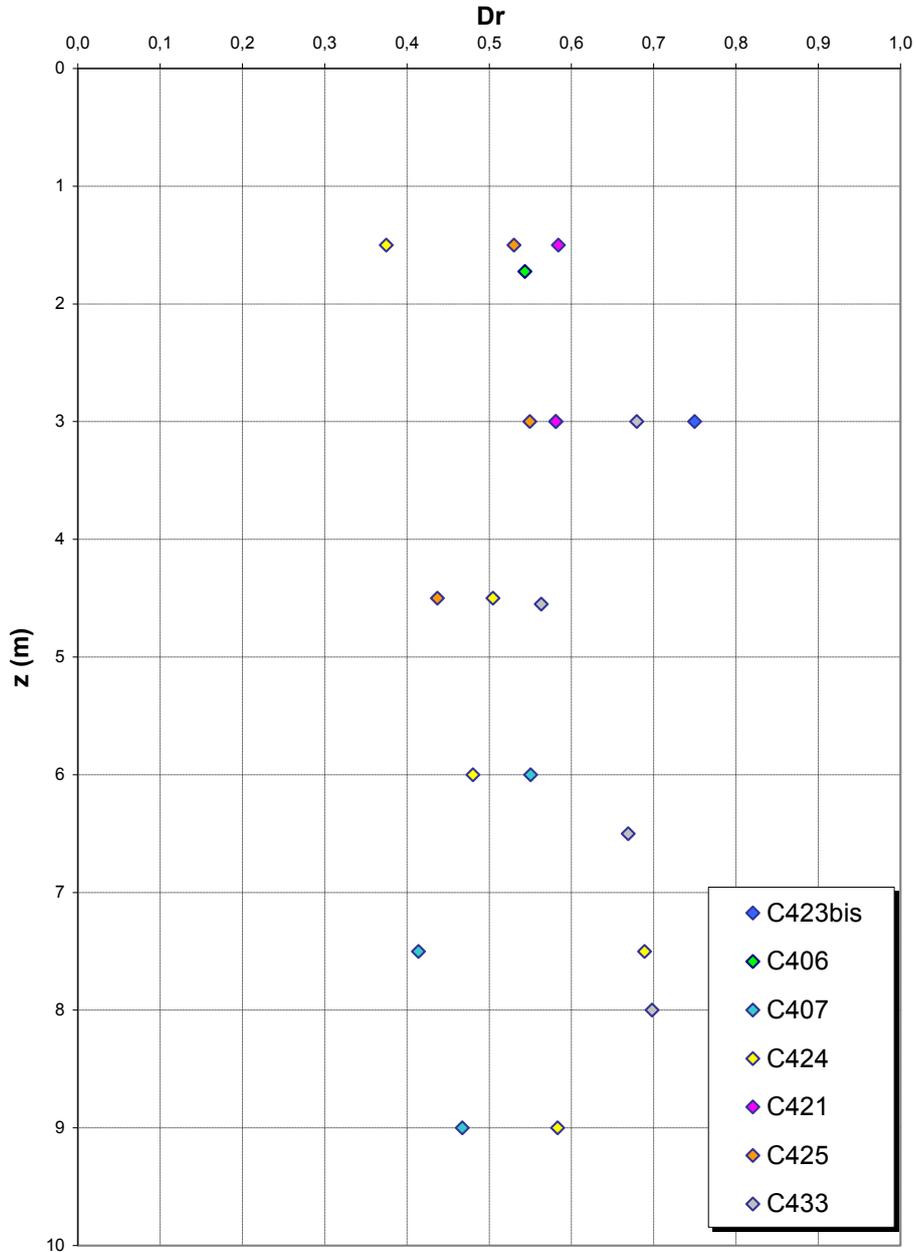
$$E = (6 \div 16) \cdot (z)^{0.85}$$

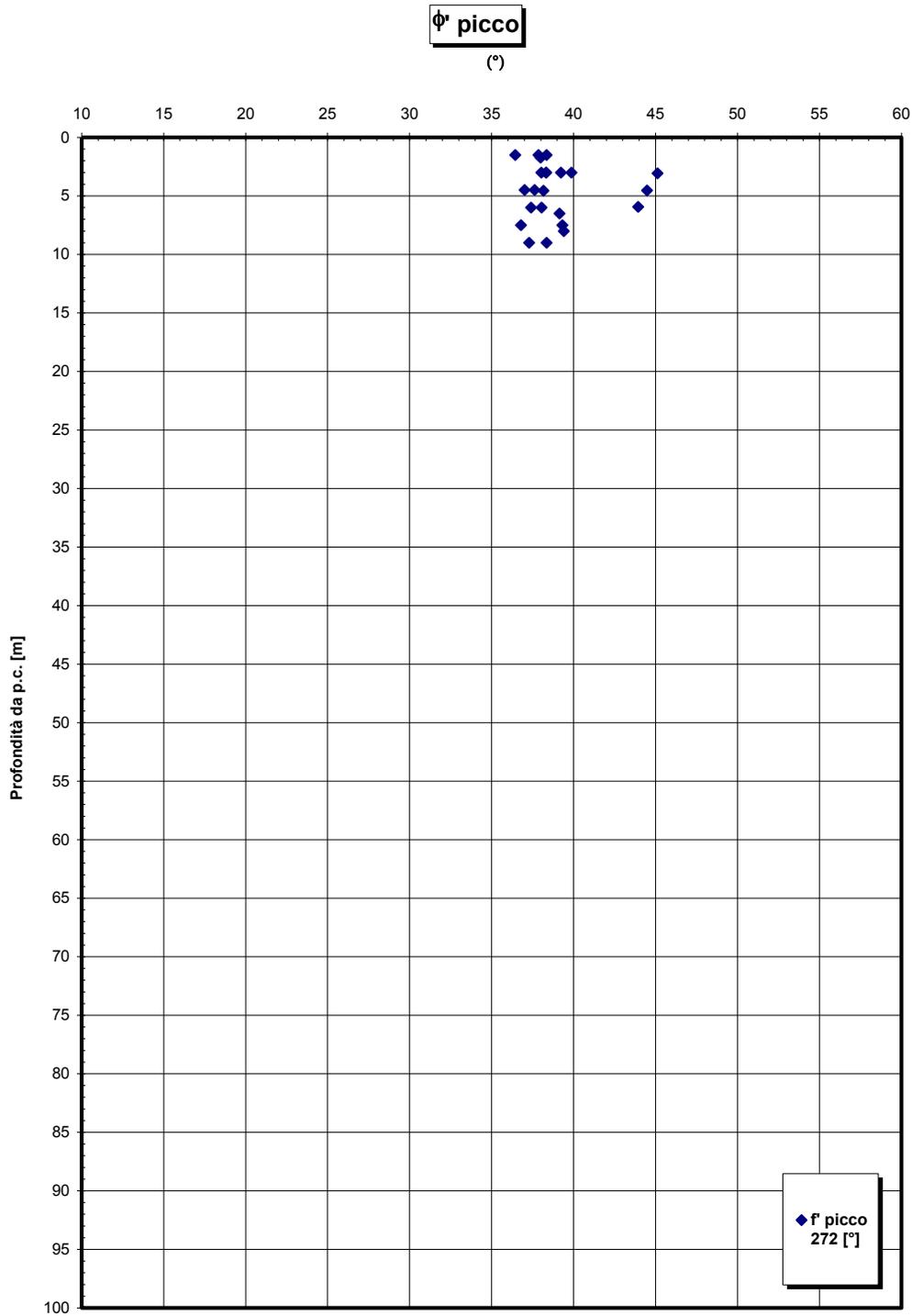
pari rispettivamente a circa 1/5 ÷ 1/10 (medie e grandi deformazioni) ed 1/3 (piccole deformazioni) di quelli iniziali .

Depositi di versante



Dr Skempton (1986)
Componente sabbiosa prevalente
DEPOSITI DI VERSANTE



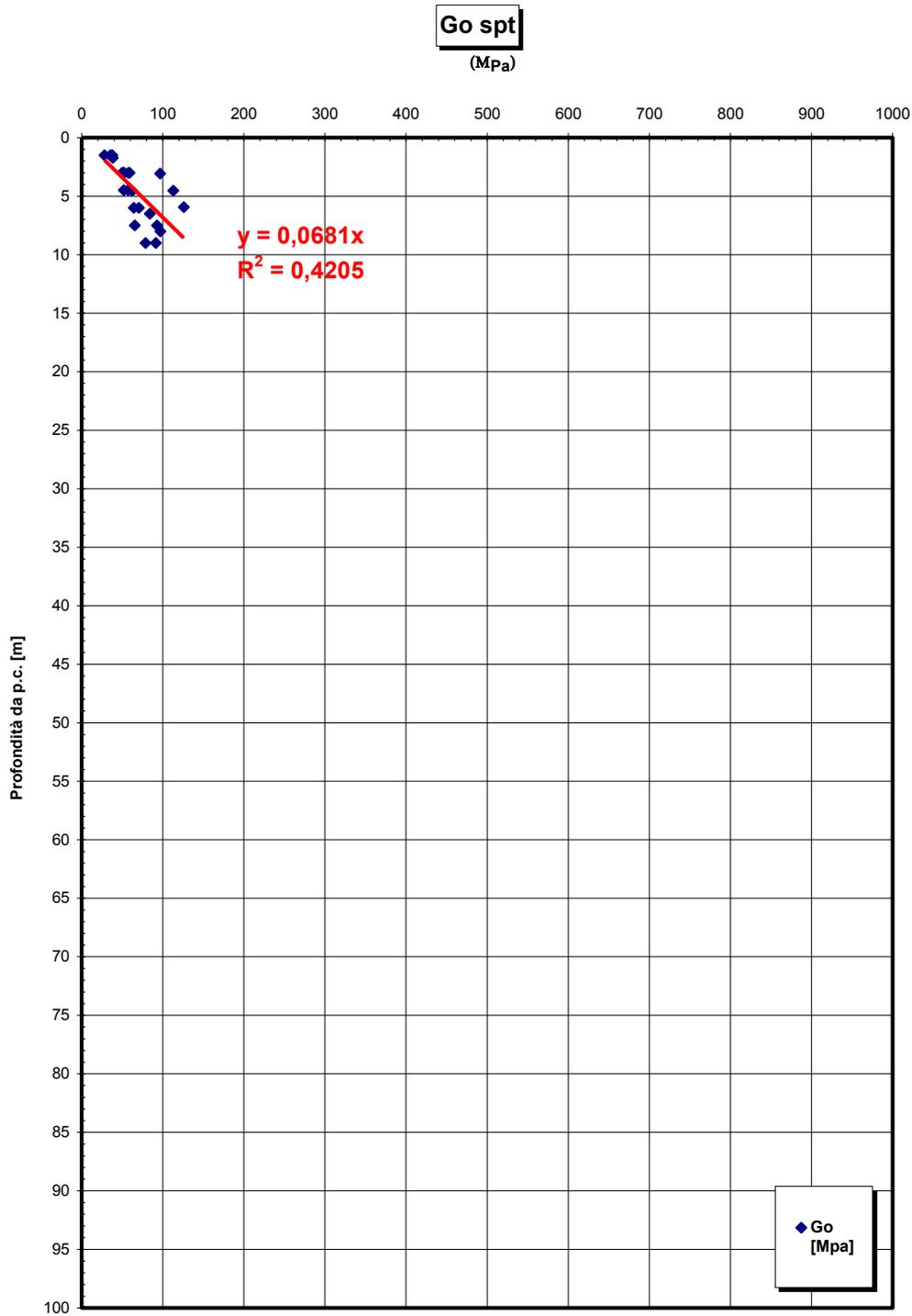


ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

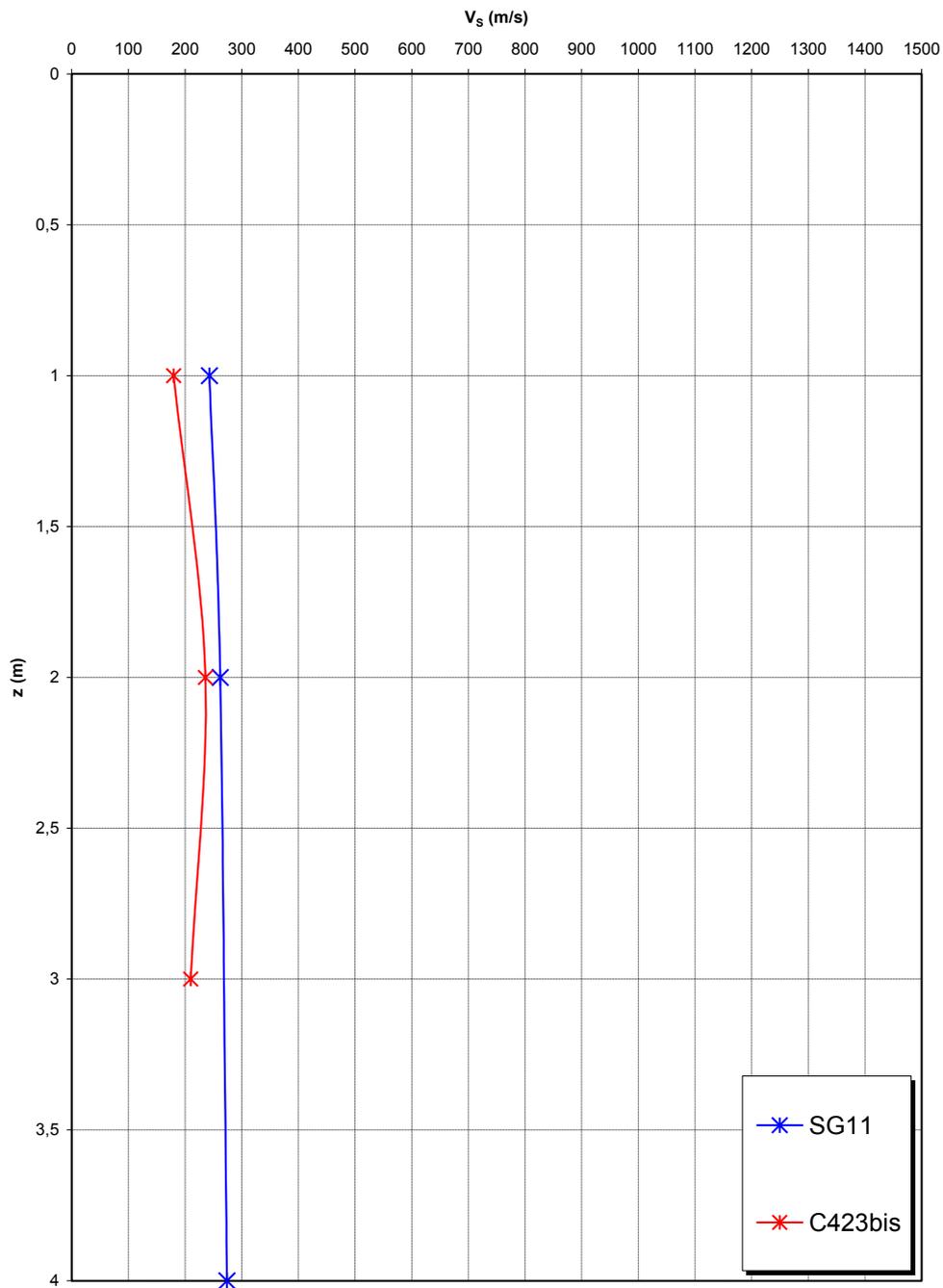
Codice documento
CS0561_F0.doc

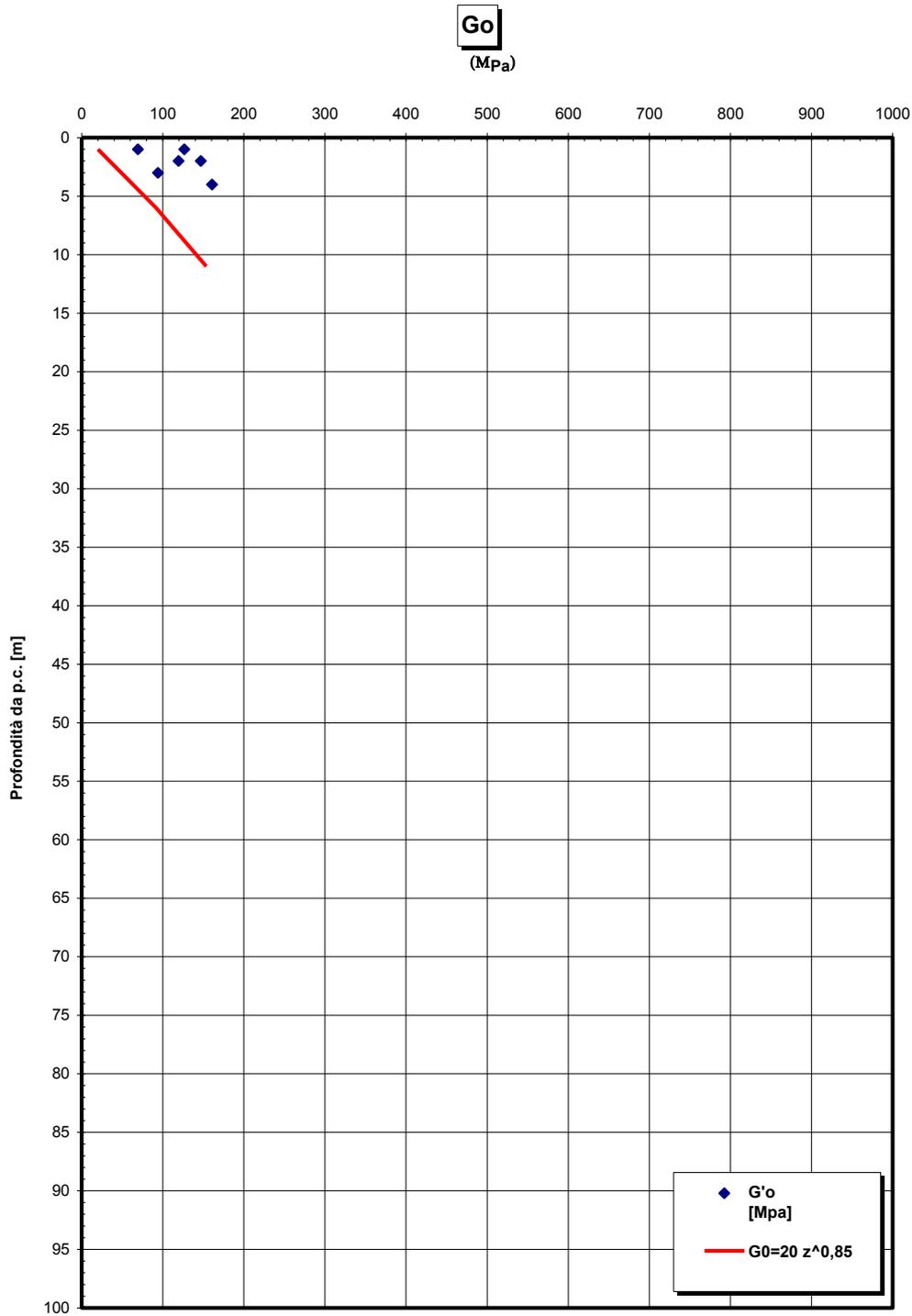
Rev
F0

Data
20/06/2011

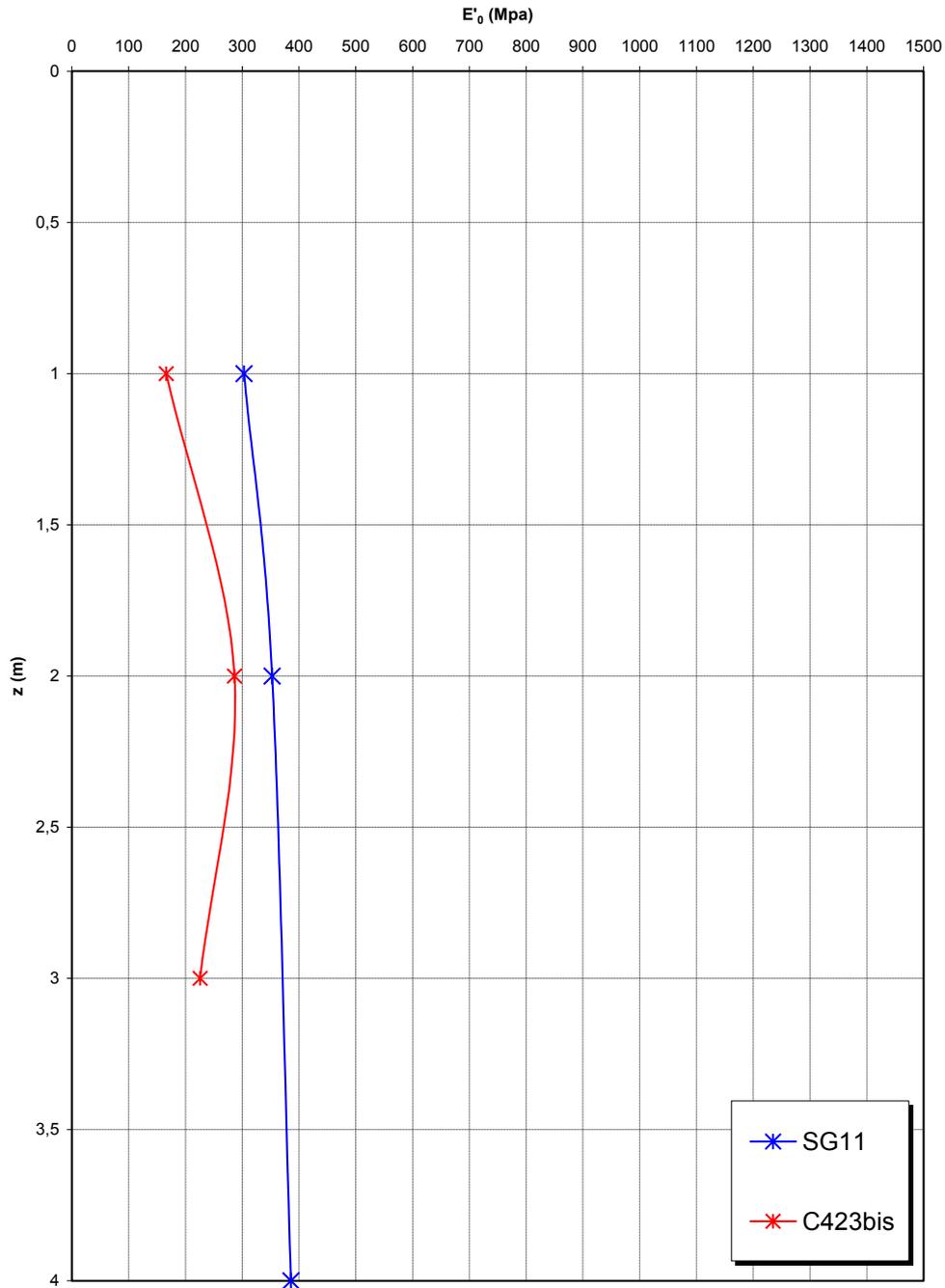


**Prove sismiche
DEPOSITI DI VERSANTE**





**Prove sismiche
DEPOSITI DI VERSANTE**



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

Depositi terrazzati marini

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

Con riferimento al fuso medio si ha:

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

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

Da letteratura si hanno a disposizione i valori di γ_{dmax} e γ_{dmin} pari rispettivamente a 18.8 e 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.
- **γ_d :** in base ai valori di e_o da γ_s si può stimare γ , riportato nel grafico.
- **K_0 :** si considera la relazione di Jaky.

| Dr(%) Prevalente sabbiosa | Dr(%) Sabbie e ghiaie | $\gamma_d(KN/m^3)$ | K_0 |
|--|--|--------------------------------------|-------------------------|
| 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) | ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°) | ϕ'_p (pff=272-350KPa) (°) | ϕ'_{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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

$\varphi' = 38^\circ \div 40^\circ$ =angolo di resistenza al taglio

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

$c_r' = 0$ kPa = coesione apparente

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

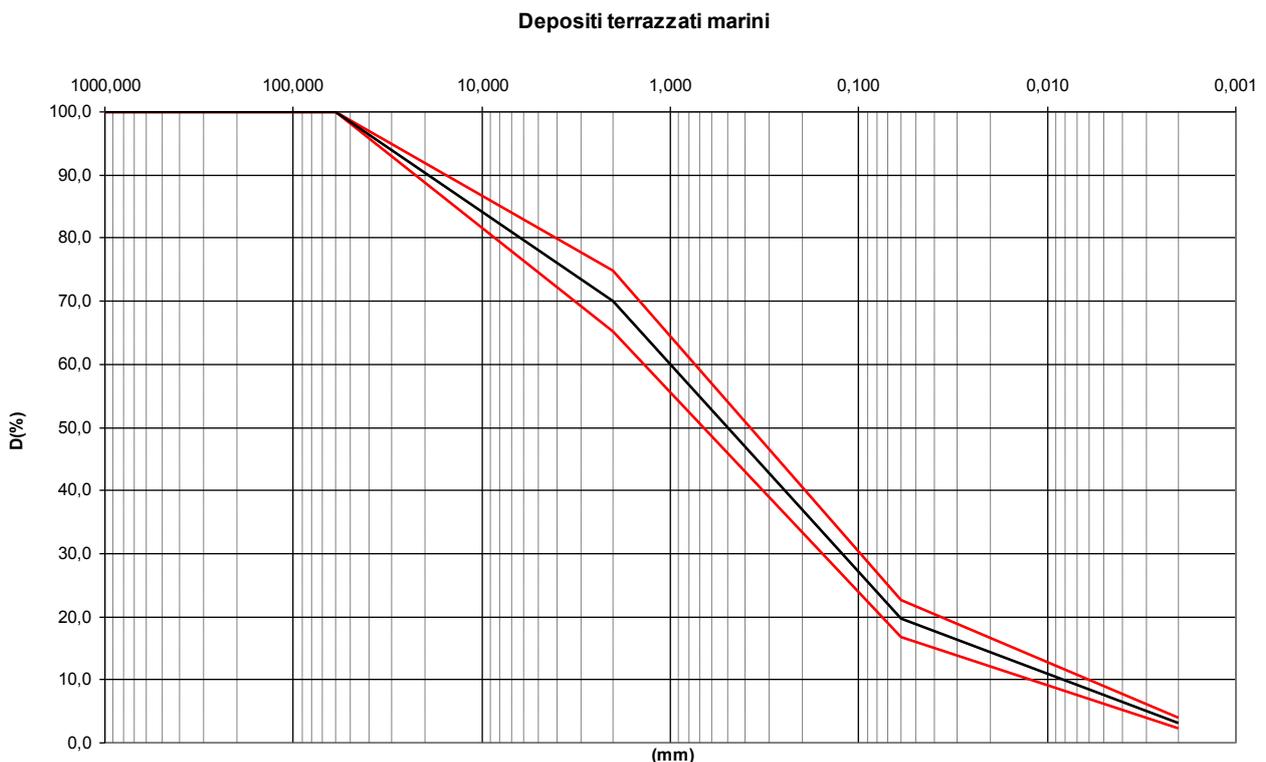
Dalle prove di laboratorio su campioni rimaneggiati si ottiene per l'angolo di attrito un valore di $30^\circ - 35^\circ$.

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

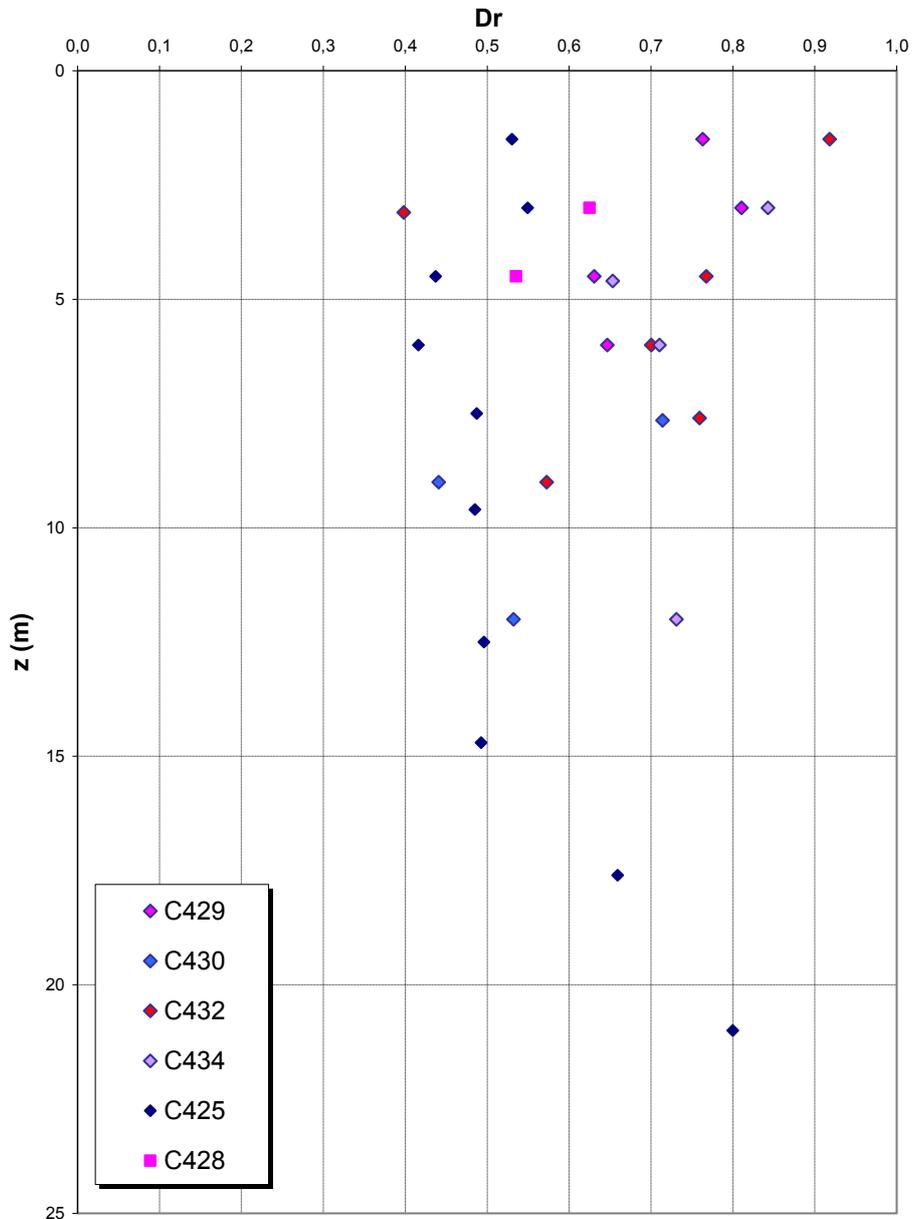
| z(m) | G0(MPa) | E0(MPa) | E'(MPa) |
|------|---------|---------|----------------|
| 0-10 | 100-250 | 240-600 | 32-80 / 80-200 |

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

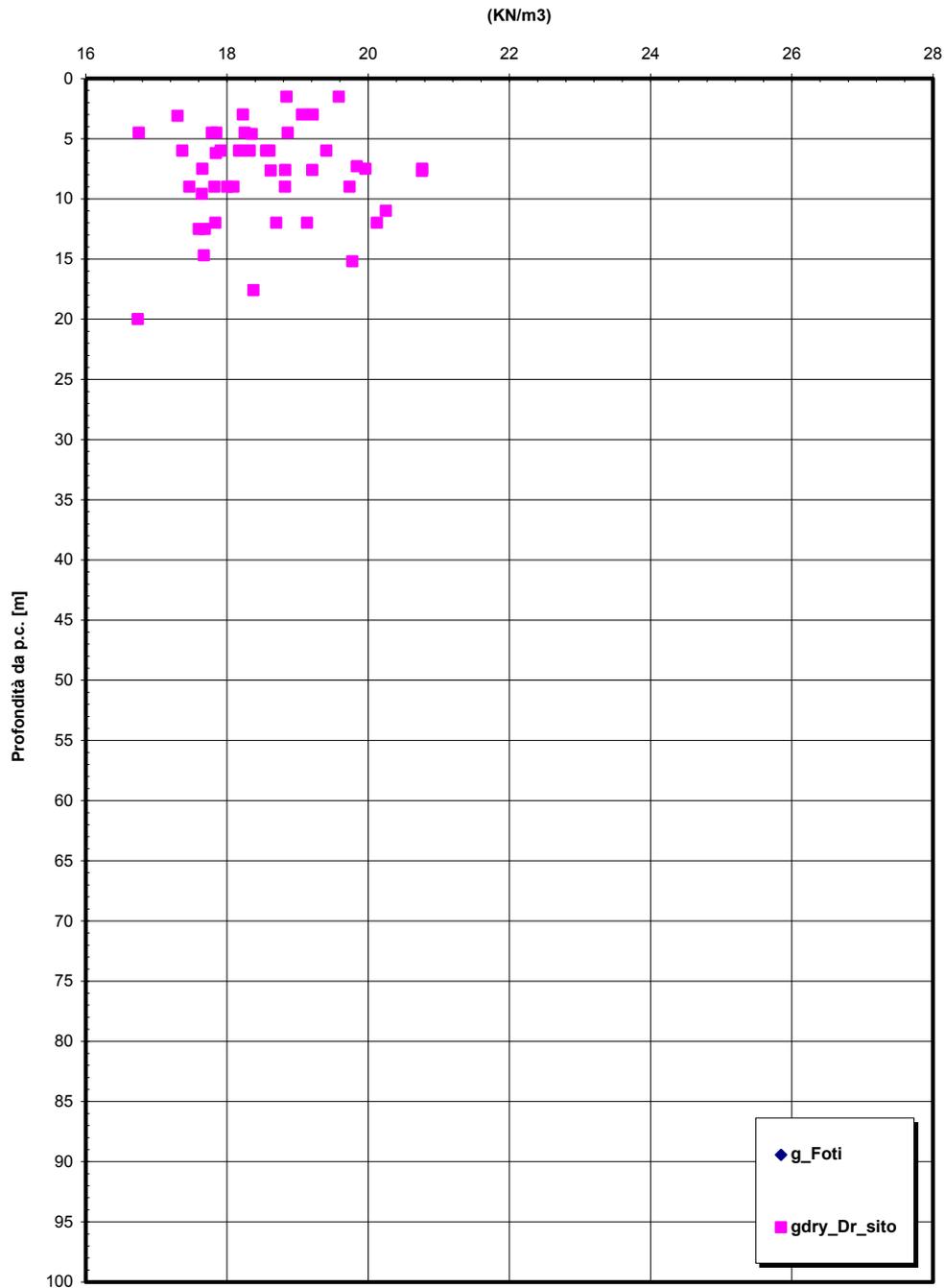
La prova pressiométrica (SN8) ha fornito un valore (primo carico) di E' di 120MPa a circa 18m di profondità.



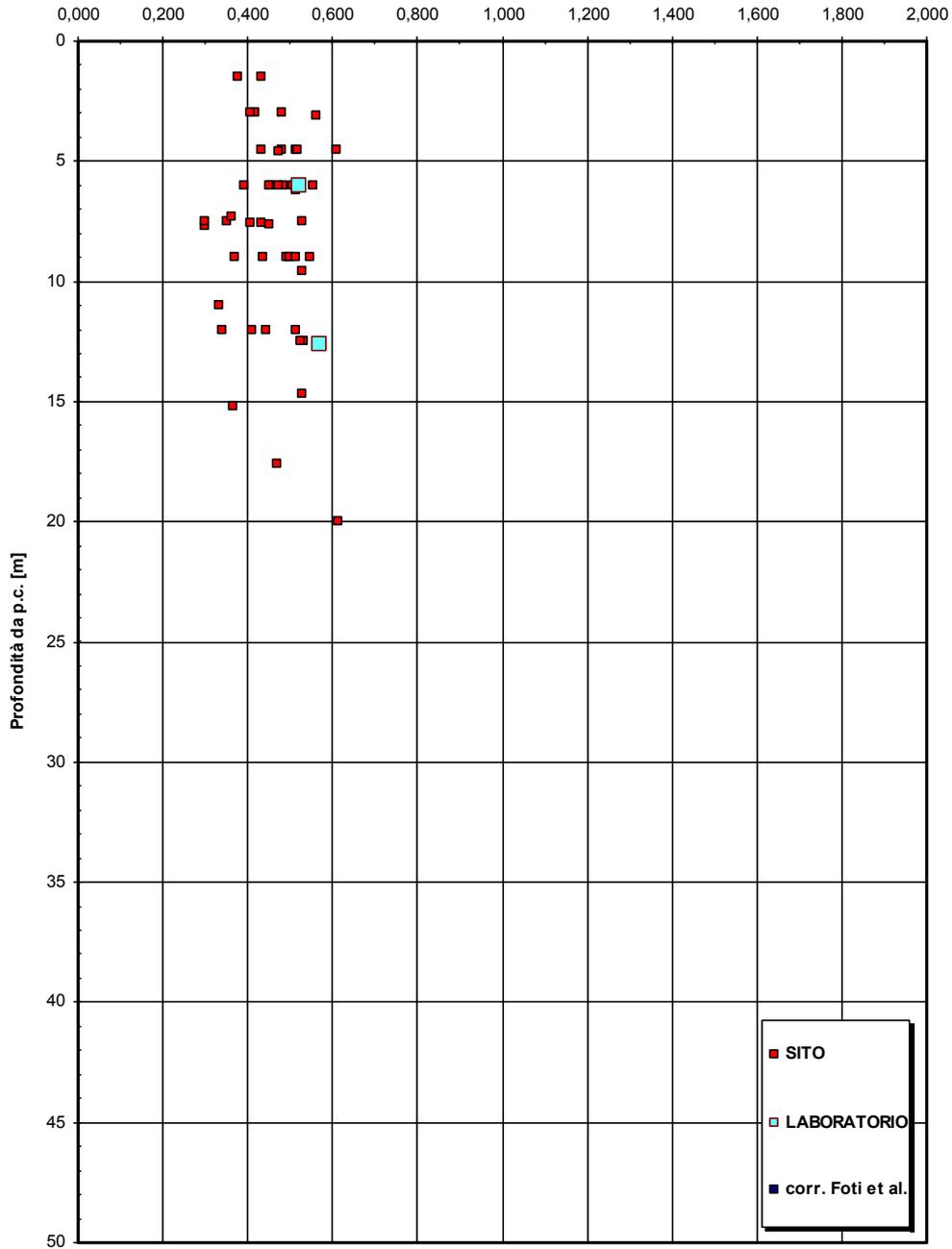
Dr Skempton (1986)
Componente sabbiosa prevalente
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI
- Rampa F -



γ - Ramo F

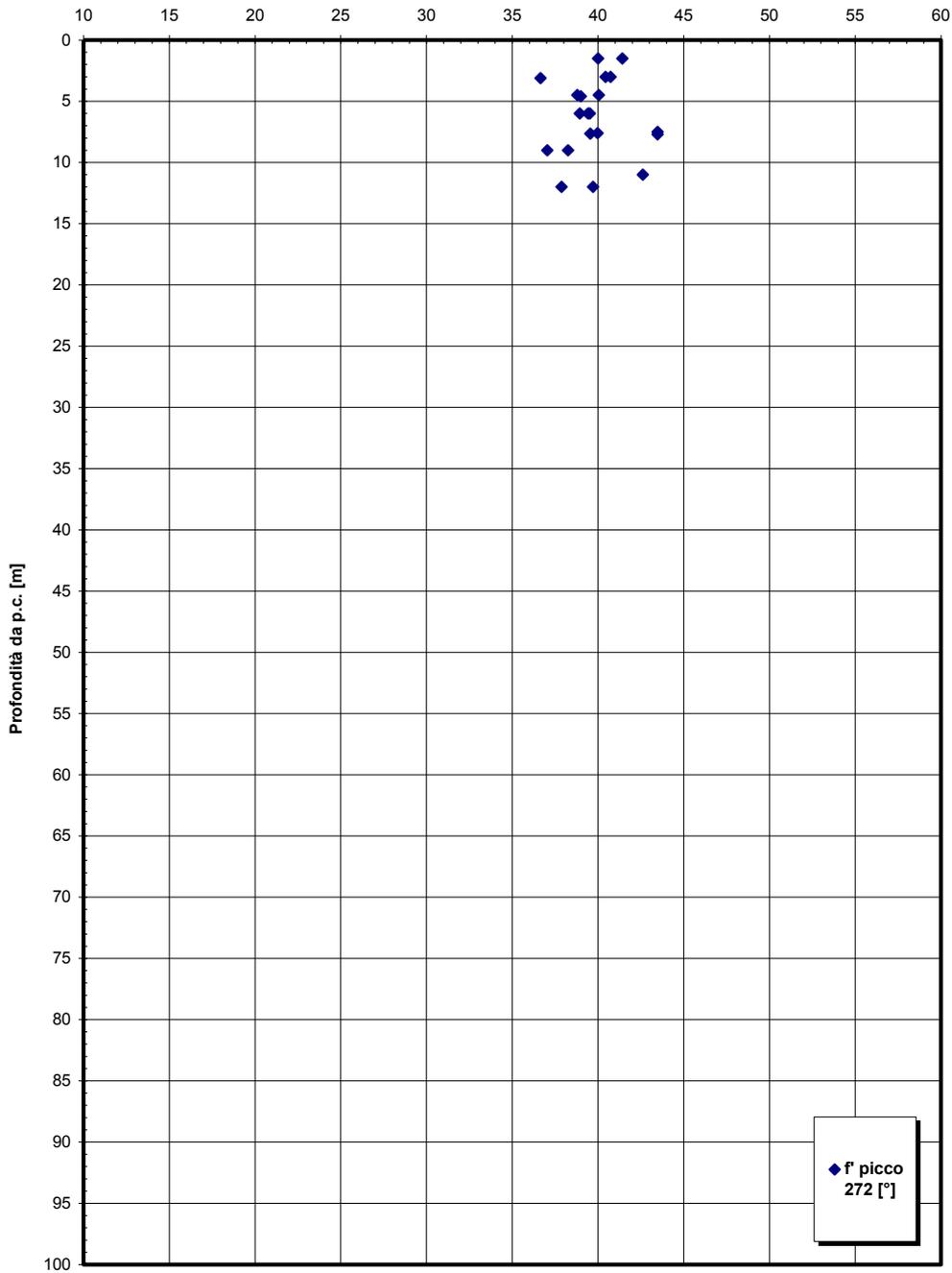


e⁰ - Ramo F



ϕ ° picco - Ramo F

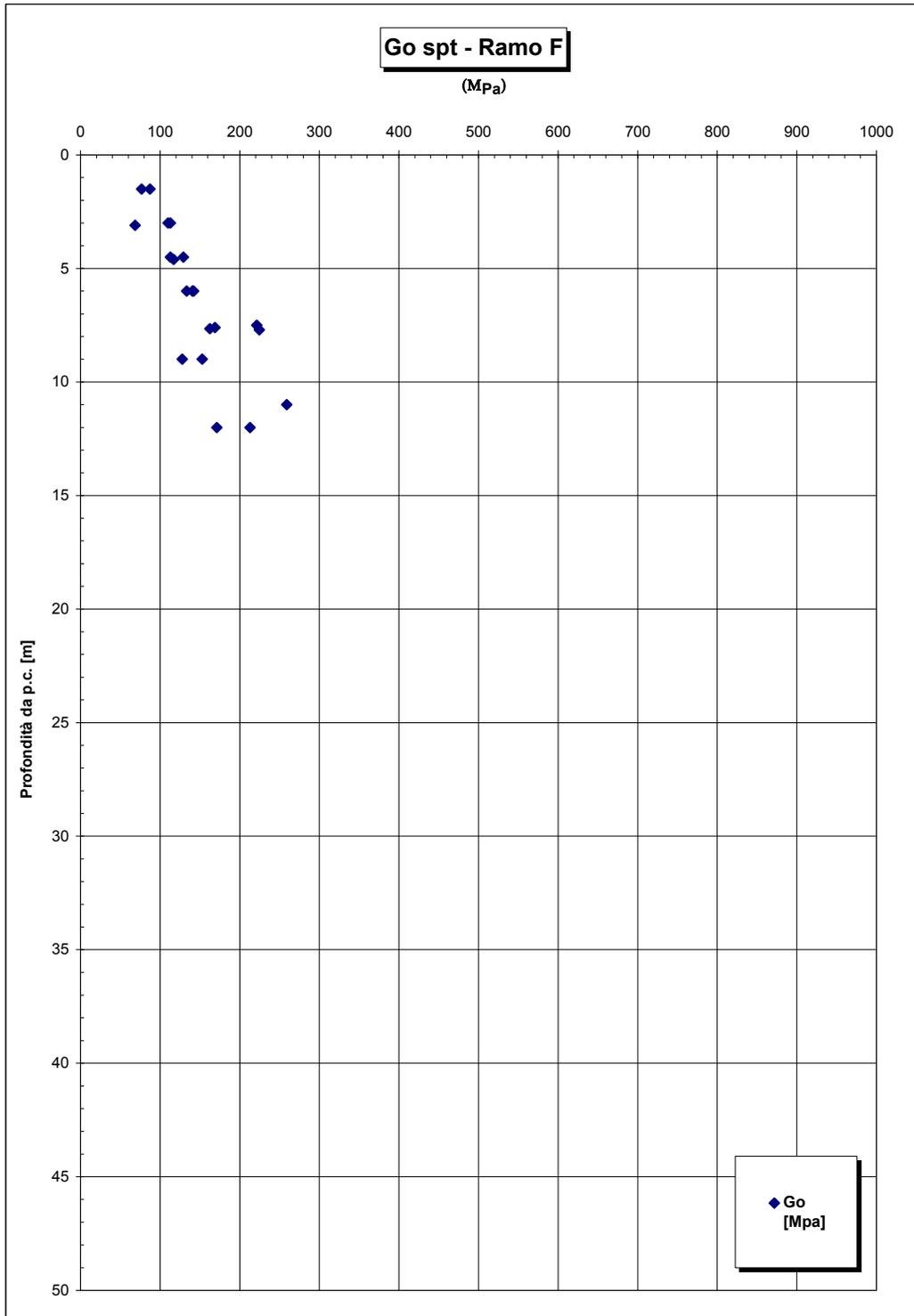
(°)



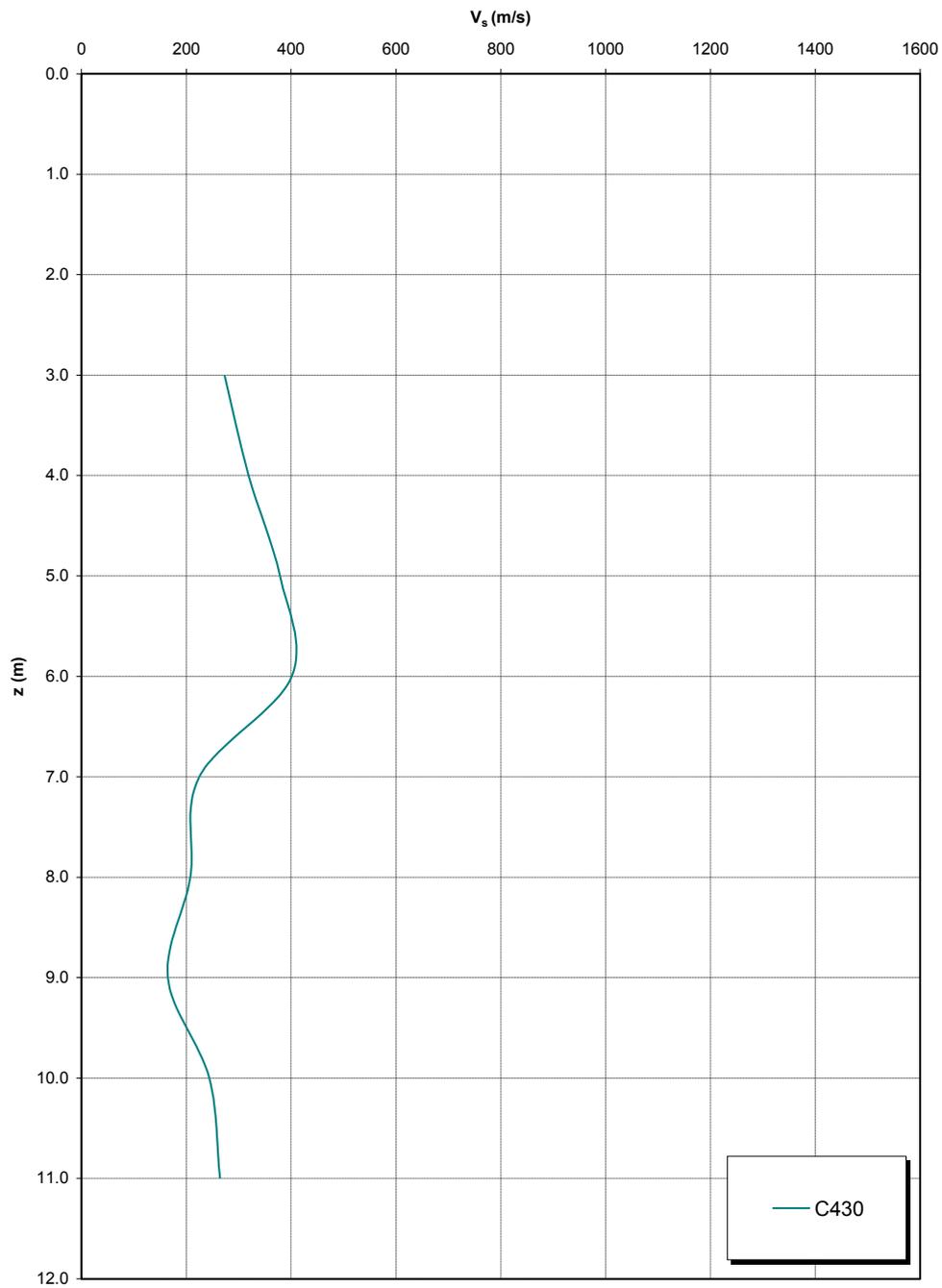
ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0561_F0.doc

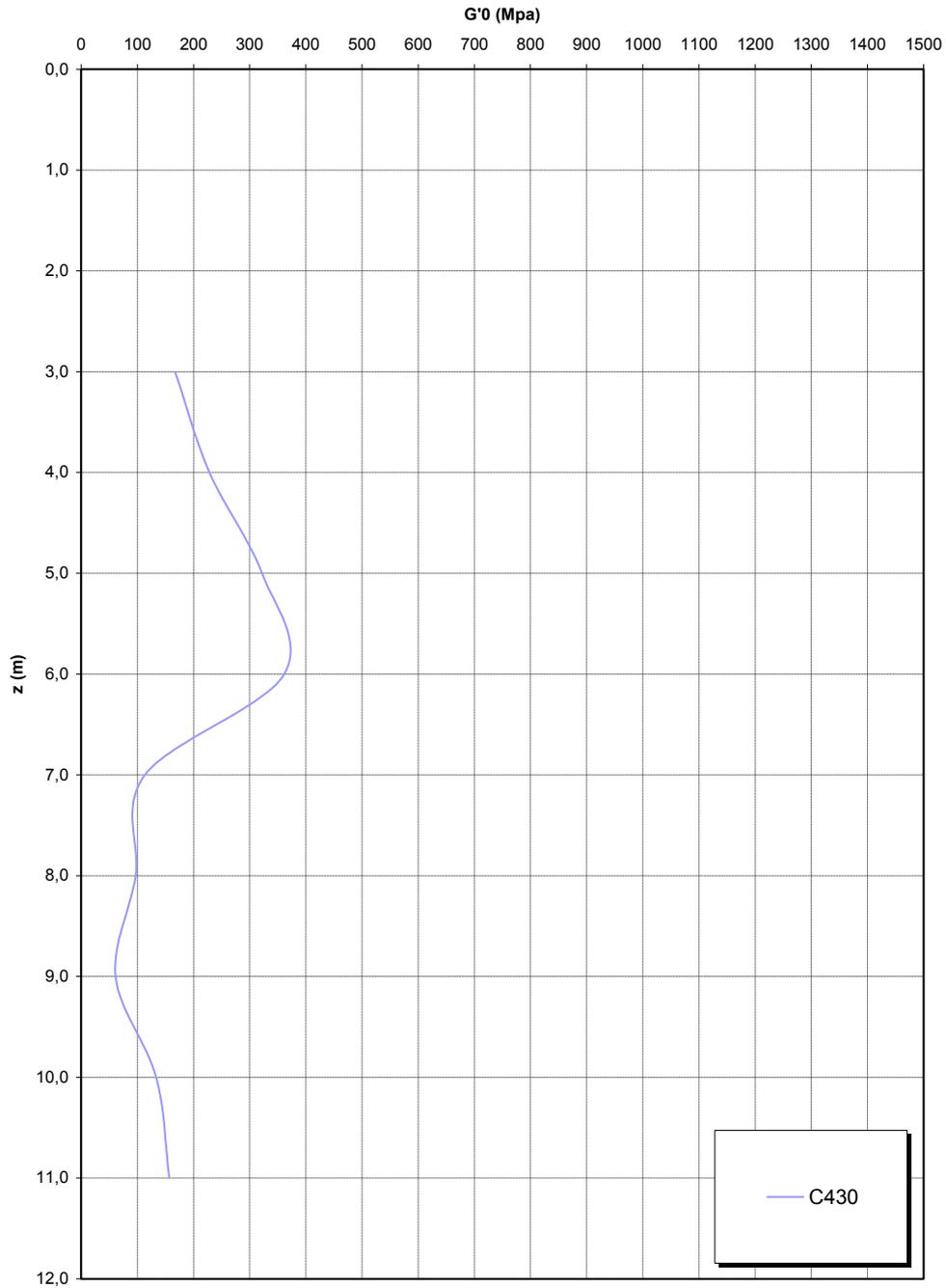
| Rev | Data |
|-----|------------|
| F0 | 20/06/2011 |



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



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



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

Plutoniti

Per le caratteristiche fisiche dalle prove di laboratorio emerge un peso di volume γ di volume totale pari a 21KN/m³.

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

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

L'interpretazione delle caratteristiche dell'ammasso parte dalla stima del parametro RMR₈₉ che è stato valutato sulla base di 15 rilievi geostrutturali effettuati sugli affioramenti.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Si ritiene quindi ragionevole assumere tale range di valori operativi:

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

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

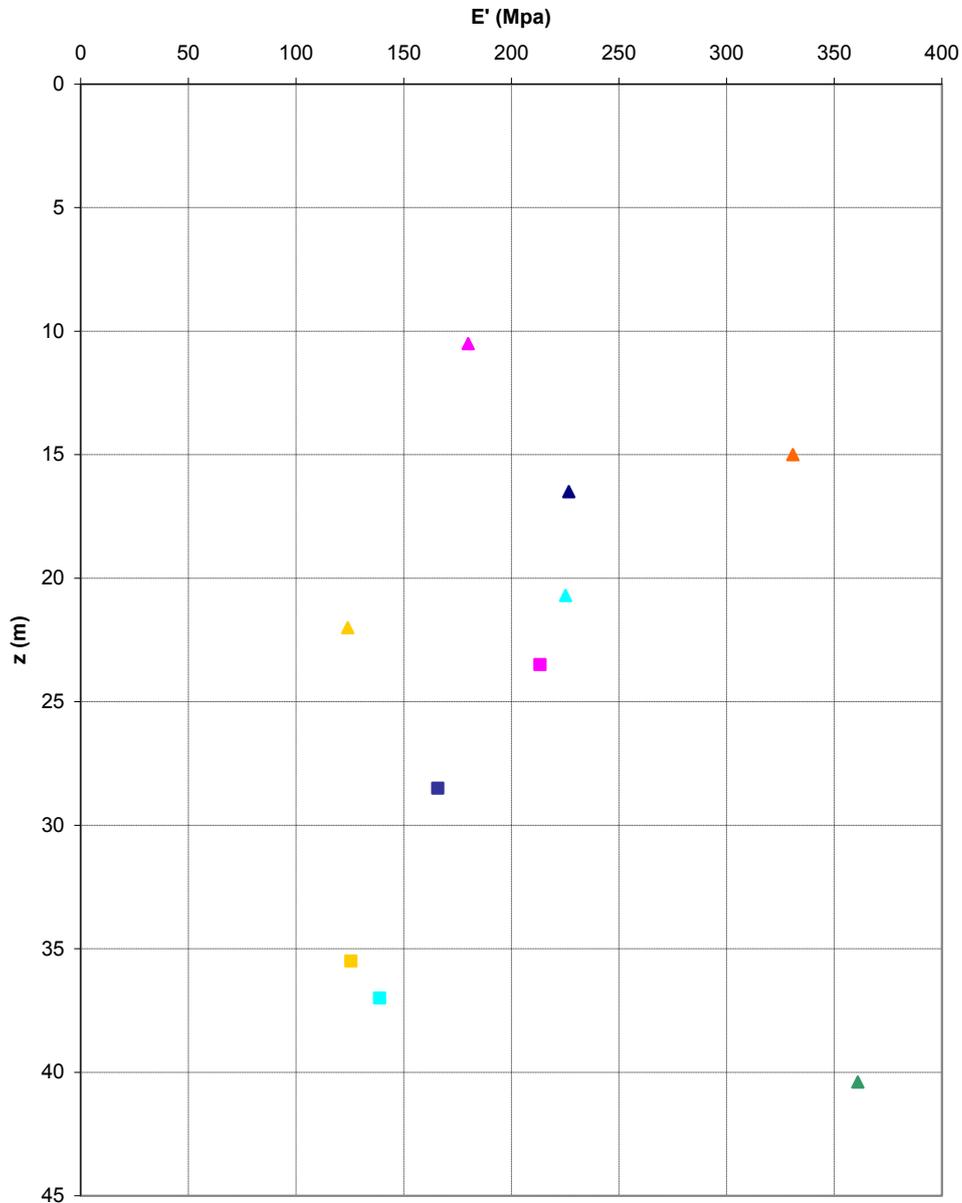
$E'=1000 \div 1500$ Mpa per profondità maggiori

Riepilogo caratteristiche fisiche plutoniti

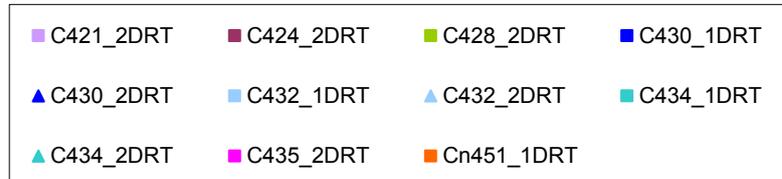
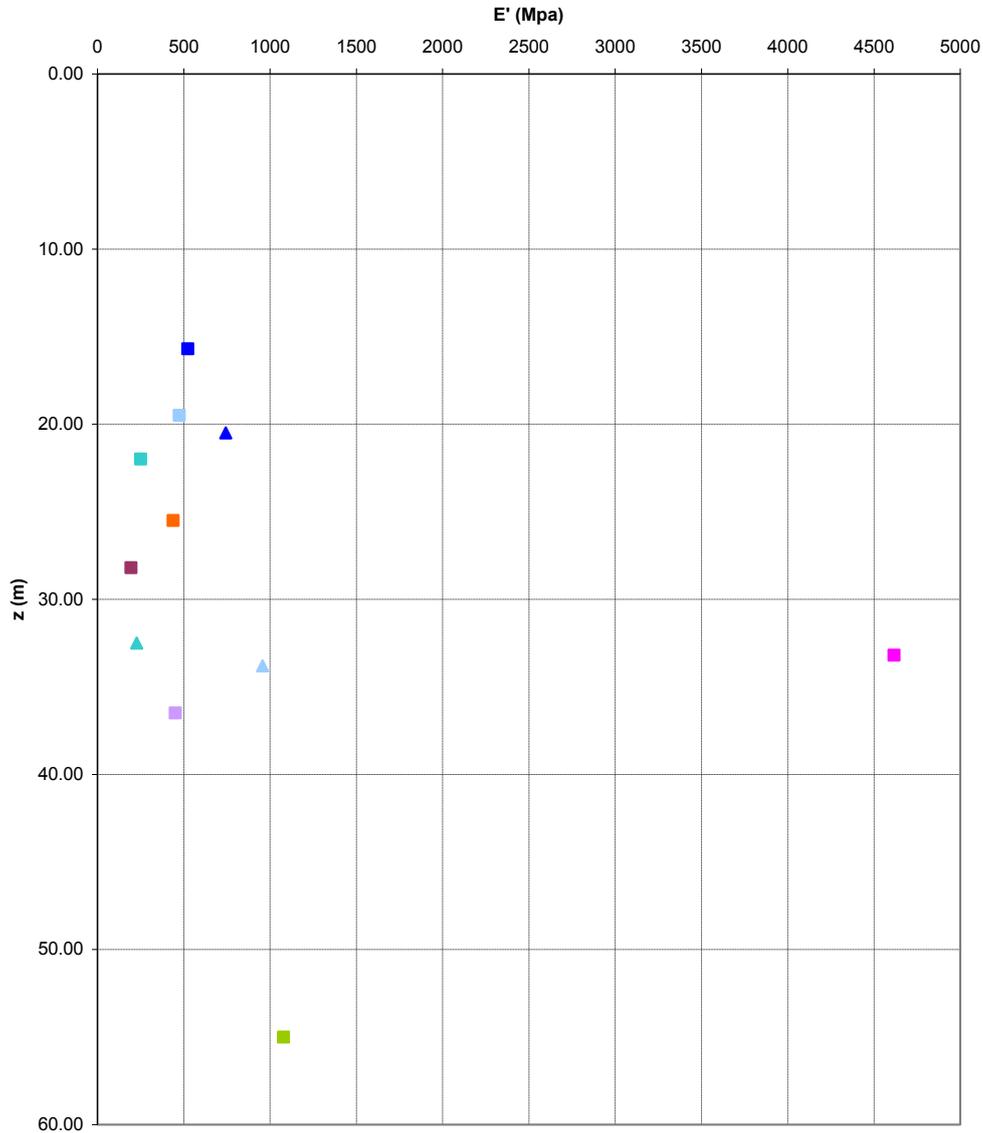
| SONDAGGIO | N° PROVINO | OPERA | z (m) | γ (kN/m ³) | γ_d (kN/m ³) | γ_s (kN/m ³) |
|-----------|------------|---|-------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| SG11bis | C1 | Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G | 4.1 | 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) | γ (kN/m ³) | γ_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**

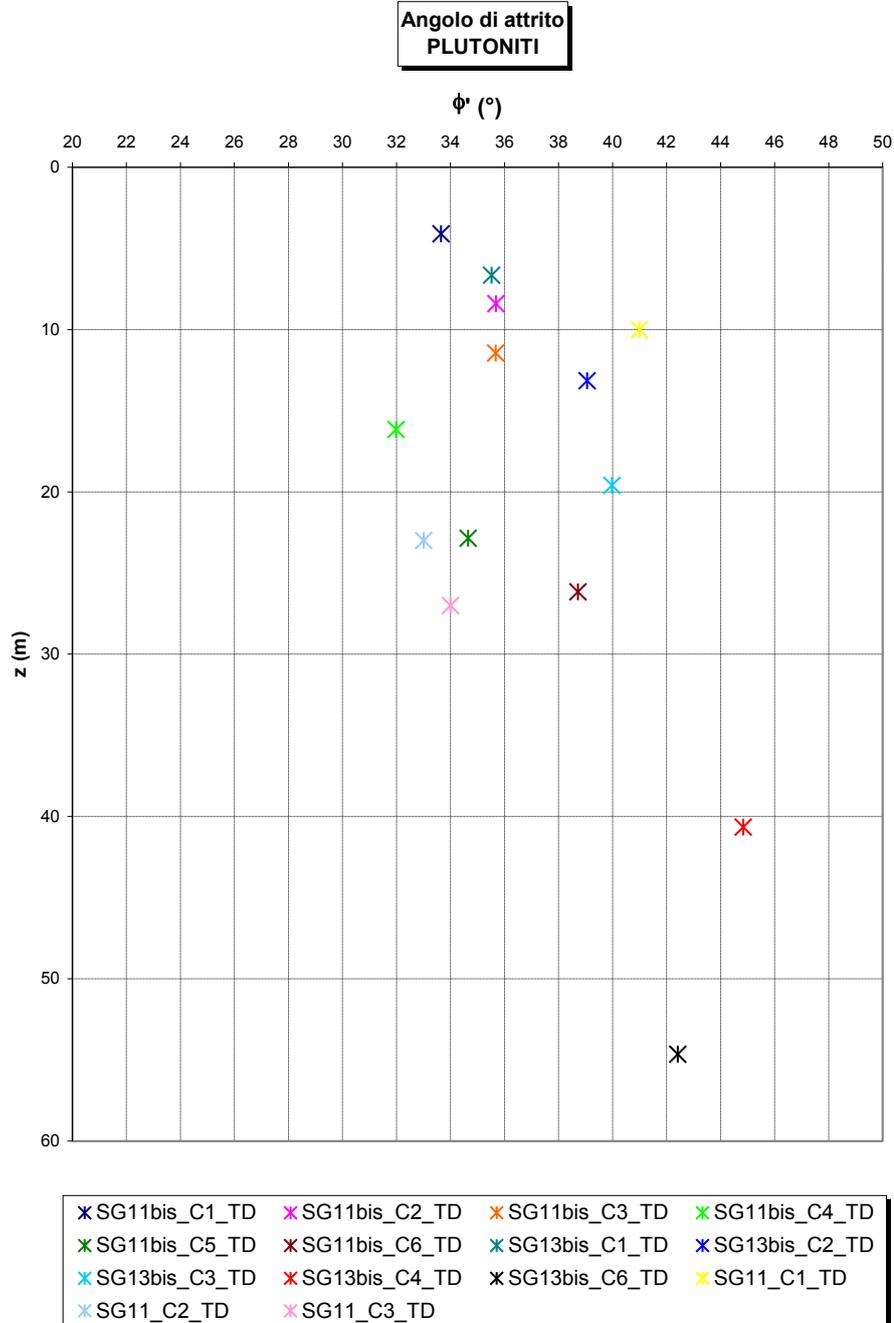


ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

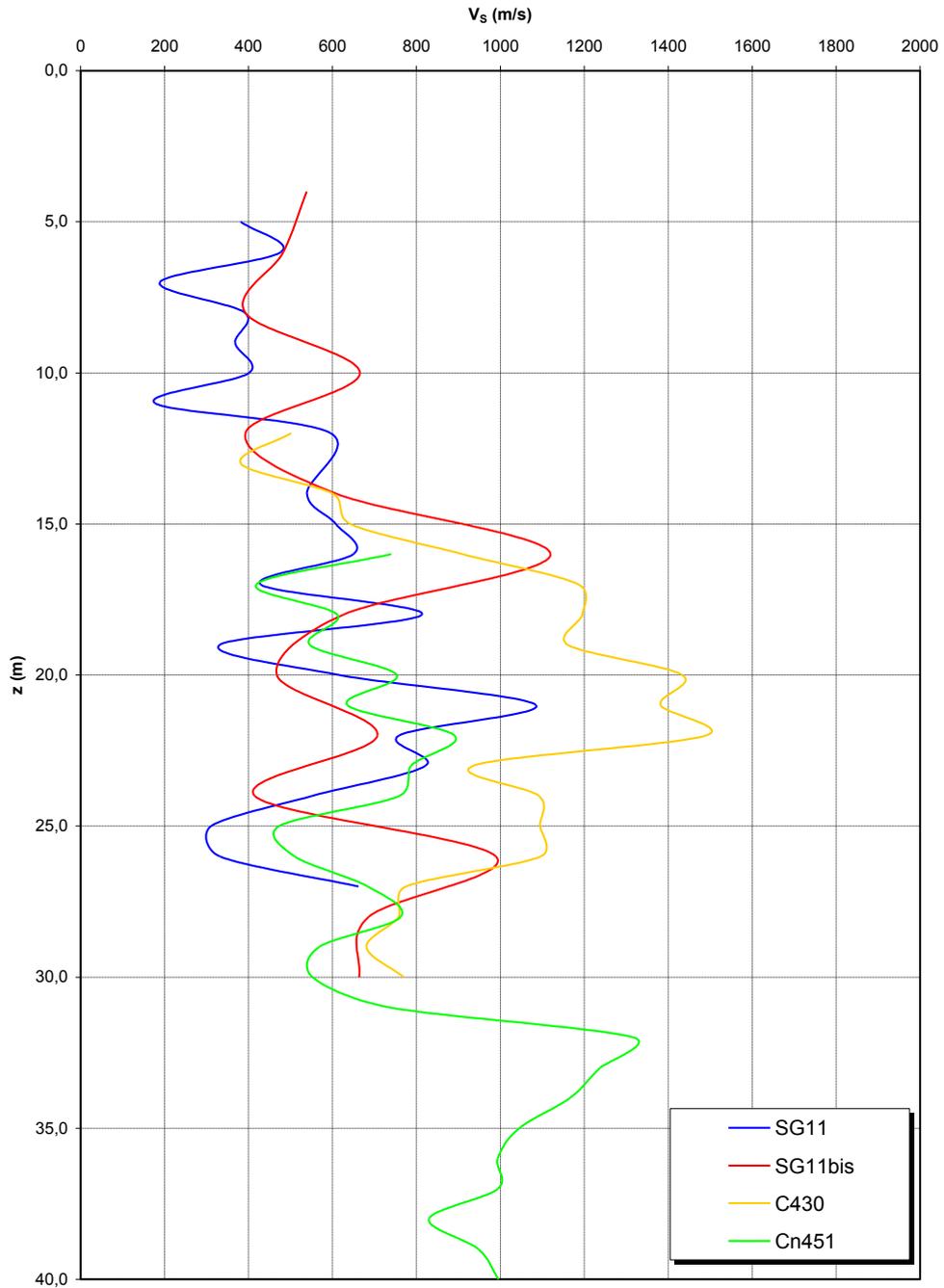
Codice documento
CS0561_F0.doc

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

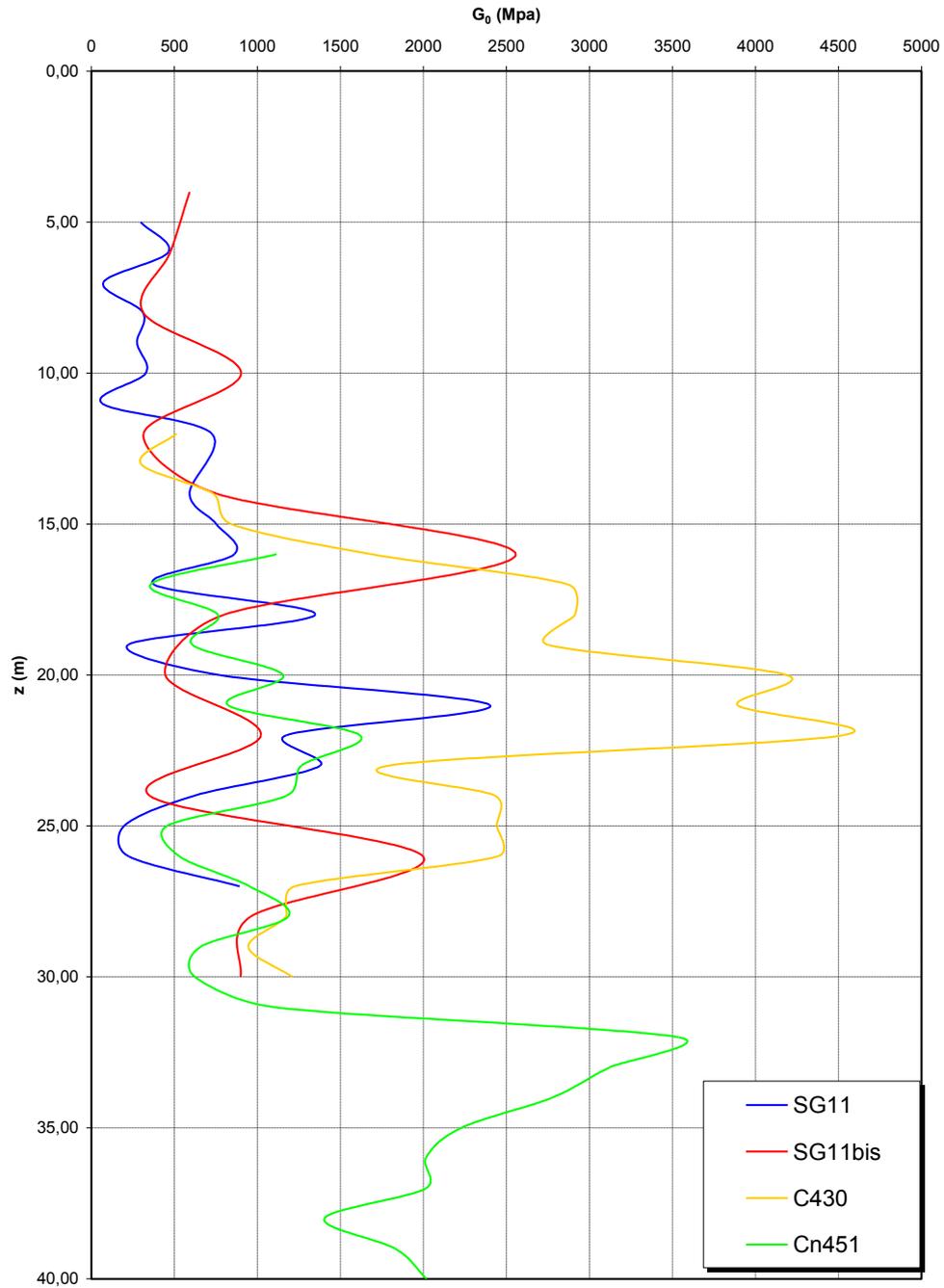
| SONDAGGIO | N° PROVINO | z (m) | Opera | PROVA | c' [kPa] | φ' [°] |
|-----------|------------|-------|---|-------|----------|--------|
| SG11 | C1/riman | 10.0 | Rampa C 1+200-3+300 | TD | 16.3 | 41 |
| SG11 | C2/ind | 23.0 | Rampa C 1+200-3+300 | TD | 11.6 | 33 |
| SG11 | C3/ind | 27.0 | Rampa C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



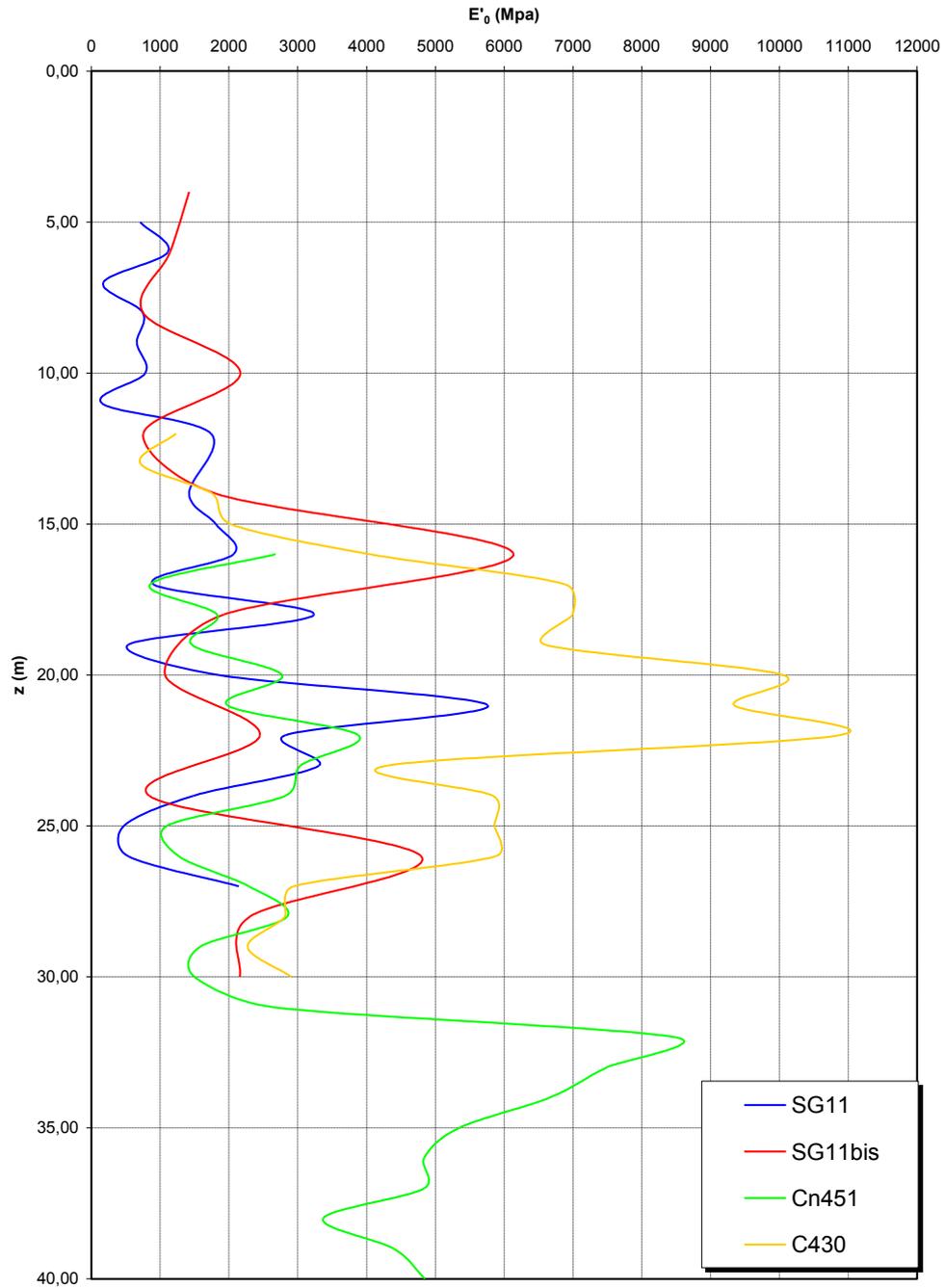
**Prove sismiche
PLUTONITI**

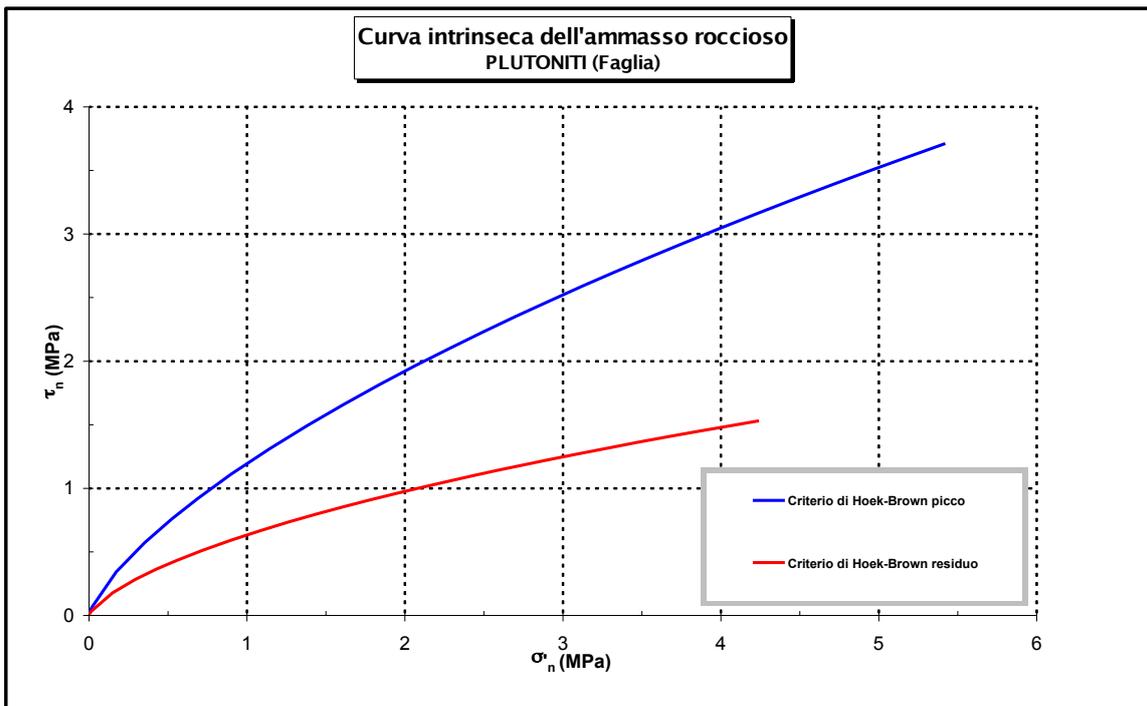
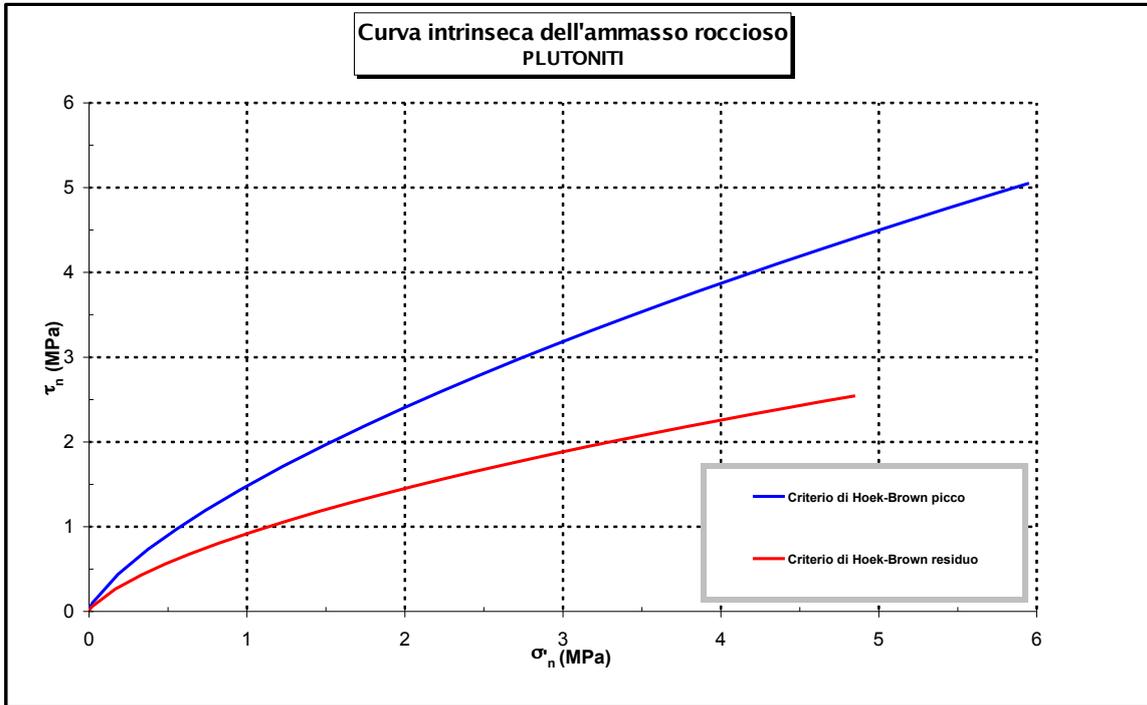


**Prove sismiche
PLUTONITI**



**Prove sismiche
PLUTONITI**





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

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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

5.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITÀ

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

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

| | |
|--------------------|-------------|
| 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:

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

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

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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_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 spessore 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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Pertanto si ha:

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

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

5.3.4.2 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

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

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

5.3.5 PARAMETRI PER LE VERIFICHE DI STABILITÀ DEL PENDIO

Per le verifiche di stabilità globale del pendio a monte del muro di sostegno si è invece considerata sia l'accelerazione orizzontale che quella verticale. Il valore del coefficiente 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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

6 FASI COSTRUTTIVE

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

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

6.1 REALIZZAZIONE DEL PROLUNGAMENTO A MONTE

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

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

6.2 REALIZZAZIONE DEL PROLUNGAMENTO A VALLE

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

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

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

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

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

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

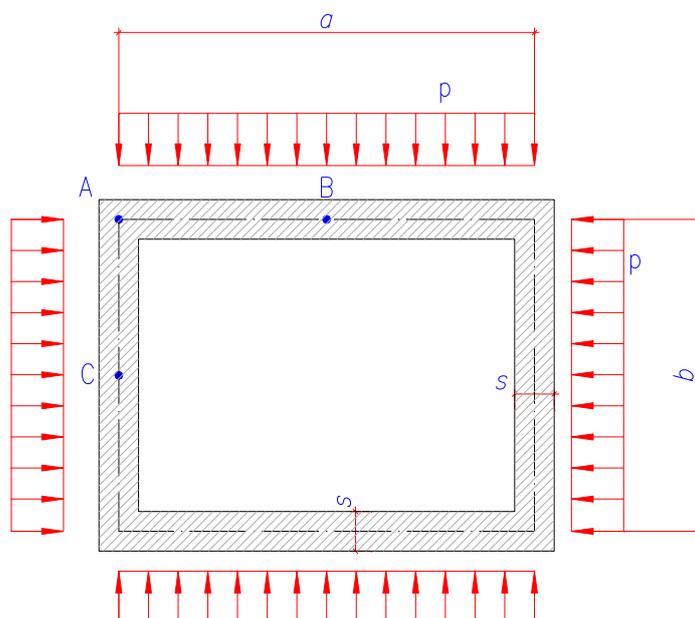
7 ANALISI MANUFATTO D'IMBOCCO

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

7.1 ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE

7.1.1 SCHEMA STATICO

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



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

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

| Dimensioni (m) | Spessore (m) | Profondità (m) |
|----------------|--------------|----------------|
| 4.90 × 3.40 | 0.50 | 11.00 |

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

7.1.2 ANALISI DEI CARICHI

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

Spinta laterale del terreno (a riposo)

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

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

Spinta del sovraccarico accidentale sulla parete laterale della cameretta

Considerando un sovraccarico agente sul terreno pari a 20.0 kN/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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

7.1.3 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

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

| | | |
|---------|---|--------------------------|
| SLE | $p = S_T + S_{ACC} =$ | 123.12 kN/m ² |
| SLU | $p = 1.35 \cdot S_T + 1.35 \cdot S_{ACC} =$ | 91.20 kN/m ² |
| FESS_QP | $p = S_T =$ | 83.60 kN/m ² |
| FESS_FR | $p = S_T + 0.7 \cdot S_{ACC} =$ | 88.92 kN/m ² |

Considerando il rapporto k dato da:

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

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

si ottengono le seguenti sollecitazioni:

| | N_B [kN] | M_A [kNm] | M_B [kNm] | N_C [kN] | M_C [kNm] | T_{MAX} [kN] |
|----------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| SLE | 228.00 | 150.10 | 10.45 | 159.60 | -134.90 | 228.00 |
| SLU | 307.80 | 202.64 | 14.11 | 215.46 | -182.12 | 307.80 |
| FESS_QP | 209.00 | 137.59 | 9.58 | 146.30 | -123.66 | 209.00 |
| FESS_FR | 222.30 | 146.35 | 10.19 | 155.61 | -131.53 | 222.30 |

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

7.2 VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO

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

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
 h2 50.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 3141.6 (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 = 150.1 (KN.m)
 Sforzo normale = -159.6 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.68 (N/mm²)
 Trazione massima nell'acciaio = 191.05 (N/mm²)
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.6 (cm)
 Braccio di leva interno = 39.0 (cm)

Condizione di carico 2

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

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.12 (N/mm²)
 Trazione massima nell'acciaio = 166.80 (N/mm²)
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.9 (cm)
 Braccio di leva interno = 38.7 (cm)

Condizione di carico 3

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

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.54 (N/mm²)
 Trazione massima nell'acciaio = 186.27 (N/mm²)
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.6 (cm)
 Braccio di leva interno = 39.0 (cm)

Condizione di carico 4

Momento = -131.5 (KN.m)

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

Sforzo normale = -155.6(KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -4.99(N/mm²)

Trazione massima nell'acciaio = 162.63(N/mm²)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.9 (cm)

Braccio di leva interno = 38.7 (cm)

Condizione di carico 5

Momento = 137.6(KN.m)

Sforzo normale = -146.3(KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.21(N/mm²)

Trazione massima nell'acciaio = 175.12(N/mm²)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.6 (cm)

Braccio di leva interno = 39.0 (cm)

Condizione di carico 6

Momento = -123.7(KN.m)

Sforzo normale = -146.3(KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -4.69(N/mm²)

Trazione massima nell'acciaio = 152.90(N/mm²)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.9 (cm)

Braccio di leva interno = 38.7 (cm)

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

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

7.3 VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

7.3.1 COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI

Momento positivo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
 h2 50.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 3141.6 (mm²) a 25.0 cm da intrad.

Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'intradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 20.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm⁻¹

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

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

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

Stadio non fessurato

Coefficiente di omogeneizzazione = 15

Distanza asse neutro da lembo teso = 22.7 cm

Altezza del tirante ideale = 20.0 cm

Densità d'armatura del tirante ideale = 0.785 %

Stadio fessurato

Coefficiente di omogeneizzazione = 15

Distanza media fra due fessure attigue S_m = 28.2 cm

Momento di fessurazione; Trazione acciaio = 214.5 (N/mm²)

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

Trazione nell'acciaio per il calcolo della fessura = 186.3 (N/mm²)

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

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

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

Momento negativo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 50.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 3141.6 (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 = 20.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm⁻¹

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

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

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

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

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

7.3.2 COMBINAZIONI FREQUENTI

Momento positivo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
 h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

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

Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'intradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 14.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm⁻¹

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

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

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

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

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

Momento negativo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 50.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 3141.6 (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 = 20.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm⁻¹

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

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

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

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

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

7.4 VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO

7.4.1 FLESSIONE

METODO SEMIPROBABILISTICO - VERIFICA A ROTTURA

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
 h2 50.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 3141.6 (mm²) a 25.0 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 : $F_1 = 0.850$
 Rapporto R_{cy1}/R_{cubo} : $F_2 = 0.830$
 Resistenza di progetto calcestruzzo : $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \gamma_c = 0.47 R_{cubo}$
 Resistenza di progetto dell'acciaio : $F_{sd} = F_{yk} / \gamma_s = 0.87 F_{yk}$

Resistenze di progetto

Calcestruzzo = 18.81 (N/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 $M_d = 202.6$ (KN.m)
 Sforzo di Progetto $N_d = -215.5$ (KN)
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.4 (cm)
 Momento di Rottura $M_r = 293.8$ (KN.m)
 Sforzo di Rottura $N_r = -215.0$ (KN)
 Rottura nel Dominio 2
 Rapporto $M_r/M_d = 1.45$

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

Condizione di carico 2

Momento di Progetto $M_d = -182.1 \text{ (KN.m)}$
Sforzo di Progetto $N_d = -215.5 \text{ (KN)}$

Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.4 (cm)

Momento di Rottura $M_r = -293.8 \text{ (KN.m)}$

Sforzo di Rottura $N_r = -215.0 \text{ (KN)}$

Rottura nel Dominio 2

Rapporto $M_r/M_d = 1.613$

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

7.4.2 TAGLIO

Verifiche senza armatura trasversale resistente a taglio

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

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

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

dove: d = altezza utile della sezione (in mm);
 $\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ = rapporto geometrico di armatura longitudinale (≤ 0.02);
 $\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ = tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \cdot f_{cd}$);
 b_w = larghezza minima della sezione (in mm).

Di seguito viene presentata la tabella di verifica della sezione.

Caratteristiche dei materiali:

| | | | | |
|---|----------|---|-----------|-------------------|
| Resistenza caratteristica a compressione cubica cls | R_{ck} | = | 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} | = | 307.80 | kN |
| Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed} | $N(V_{Ed})$ | = | 215.46 | kN |
| Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed} | $M(V_{Ed})$ | = | 182.12 | kNm |

Caratteristiche geometriche della sezione:

| | | | | |
|--------------------------------|-------|---|-------------|----|
| Altezza utile della sezione | d | = | 440 | mm |
| Larghezza minima della sezione | b_w | = | 1000 | mm |

Armatura della sezione in zona tesa:

| | | | | |
|---|---------------|---|-----------|-----------------|
| Diametro ferri longitudinali | \varnothing | = | 20 | mm |
| Numero tondini longitudinali utilizzati | n° | = | 5 | - |
| Area totale di armatura longitudinale in zona tesa | A_{sl} | = | 1570 | mm ² |
| Rapporto geometrico dell'armatura longitud. (≤ 0.02) | ρ_l | = | 0.0036 | - |

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

Calcolo del taglio resistente:

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

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

Verifiche con armatura trasversale resistente a taglio

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

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

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

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

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

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

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

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

b_w = larghezza minima della sezione (in mm);

A_{sw} = area dell'armatura trasversale (in mm²);

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

α = angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento;

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

α_c = coefficiente maggiorativo pari a:

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

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

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} | = | 307.80 | kN |
| Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed} | $N(V_{Ed})$ | = | 215.46 | kN |
| Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed} | $M(V_{Ed})$ | = | 182.12 | kNm |

Caratteristiche geometriche della sezione:

| | | | | |
|--------------------------------|-------|---|-------------|----|
| Altezza utile della sezione | d | = | 440 | mm |
| Larghezza minima della sezione | b_w | = | 1000 | mm |

Armatura della sezione in zona tesa:

| | | | | |
|---|---------------|---|---------------|-----------------|
| Diametro ferri longitudinali | \varnothing | = | 20 | mm |
| Numero tondini longitudinali utilizzati | n° | = | 5 | - |
| Area totale di armatura longitudinale in zona tesa | A_{sl} | = | 1570 | mm ² |
| Rapporto geometrico dell'armatura longitud. (≤ 0.02) | ρ_l | = | 0.0036 | - |

Armatura aggiuntiva resistente a taglio:

| | | | | |
|--|--------------------|---|------------|-----------------|
| Angolo d'inclinaz. armatura trasv. su asse dell'elemento | α | = | 45 | ° |
| Diametro ferri a taglio | \varnothing_{sw} | = | 10 | mm |
| Numero dei bracci in sezione trasversale | n°_{sw} | = | 5 | - |
| Passo in direzione asse elemento | s | = | 200 | mm |
| Area totale di armatura a taglio | A_{sw} | = | 395 | mm ² |

Fattori di resistenza a compressione:

| | | | | |
|--|---------------|---|-------------|-------------------|
| Angolo di inclinazione dei puntoni di cls | θ | = | 45 | ° |
| Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima | f'_{cd} | = | 9.41 | N/mm ² |
| Tensione media di compressione nella sezione | σ_{cp} | = | 0.00 | N/mm ² |
| Coefficiente maggiorativo per membrature compresse | α_c | = | 1.03 | - |

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

Calcolo del taglio resistente:

| | | | | |
|---|-----------|---|---------------|----|
| Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura | V_{Rsd} | = | 432.80 | kN |
| Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls | V_{Rcd} | = | 3822.00 | kN |
| Resistenza ultima a taglio | V_{Rd} | = | 432.80 | kN |

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

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

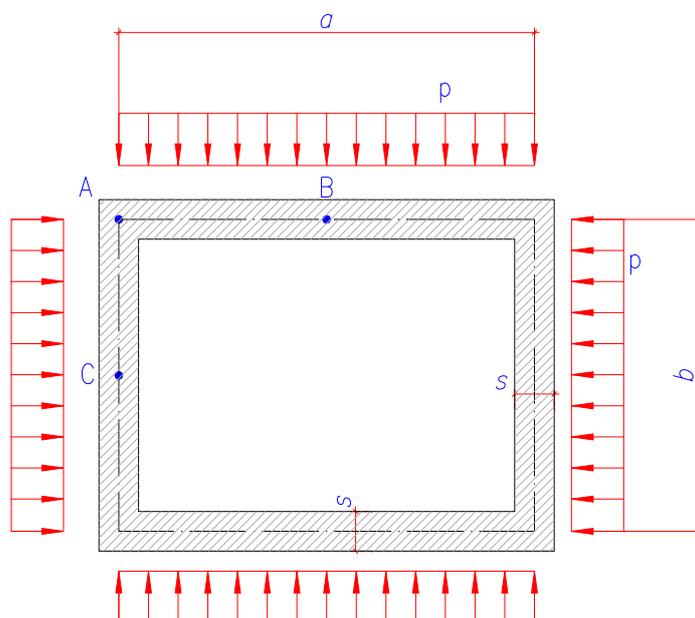
8 ANALISI POZZETTO DI CADUTA

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

8.1 ANALISI STATICA RITTI SEZIONE TRASVERSALE

8.1.1 SCHEMA STATICO

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



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

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

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

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

8.1.2 ANALISI DEI CARICHI

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

Spinta laterale del terreno (a riposo)

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

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

Spinta del sovraccarico accidentale sulla parete laterale della cameretta

Considerando un sovraccarico agente sul terreno pari a 20.0 kN/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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

8.1.3 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

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

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

Considerando il rapporto k dato da:

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

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

si ottengono le seguenti sollecitazioni:

| | N_B [kN] | M_A [kNm] | M_B [kNm] | N_C [kN] | M_C [kNm] | T_{MAX} [kN] |
|----------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| SLE | 115.71 | 55.93 | -27.96 | 115.71 | -27.96 | 115.71 |
| SLU | 156.21 | 75.50 | -37.75 | 156.21 | -37.75 | 156.21 |
| FESS_QP | 104.69 | 50.60 | -25.30 | 104.69 | -25.30 | 104.69 |
| FESS_FR | 112.40 | 54.33 | -27.16 | 112.40 | -27.16 | 112.40 |

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

8.2 VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO

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

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
 h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (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 = 55.9 (KN.m)
 Sforzo normale = -115.7 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -4.28 (N/mm²)
 Trazione massima nell'acciaio = 156.01 (N/mm²)
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 10.0 (cm)
 Braccio di leva interno = 29.7 (cm)

Condizione di carico 2

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

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.99 (N/mm²)
 Trazione massima nell'acciaio = 44.72 (N/mm²)
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.8 (cm)
 Braccio di leva interno = 24.6 (cm)

Condizione di carico 3

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

Compressione massima nel calcestruzzo = -4.16 (N/mm²)
 Trazione massima nell'acciaio = 151.54 (N/mm²)
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 10.0 (cm)
 Braccio di leva interno = 29.7 (cm)

Condizione di carico 4

Momento = -27.2 (KN.m)

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

Sforzo normale = -112.4(KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.94(N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 43.44(N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.8 (cm)
Braccio di leva interno = 24.6 (cm)

Condizione di carico 5

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

Compressione massima nel calcestruzzo = -3.87(N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 141.14(N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 10.0 (cm)
Braccio di leva interno = 29.7 (cm)

Condizione di carico 6

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

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.80(N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 40.46(N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 13.8 (cm)
Braccio di leva interno = 24.6 (cm)

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

| | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------|-------------|----|------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_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 | | | | | | |

8.3 VERIFICHE A STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

8.3.1 COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI

Momento positivo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (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 ($\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$) = 76.78 (KN.m)

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

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

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

Momento negativo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
 h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

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

Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'estradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 14.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm⁻¹

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Momento negativo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

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

Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'estradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 14.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm⁻¹

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

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

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

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

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

8.4 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 : $F_1 = 0.850$
 Rapporto R_{cy1}/R_{cubo} : $F_2 = 0.830$
 Resistenza di progetto calcestruzzo : $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \gamma_c = 0.47 R_{cubo}$
 Resistenza di progetto dell'acciaio : $F_{sd} = F_{yk} / \gamma_s = 0.87 F_{yk}$

Resistenze di progetto

Calcestruzzo = 18.81 (N/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 $M_d = 75.5$ (KN.m)
 Sforzo di Progetto $N_d = -156.2$ (KN)

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

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

Condizione di carico 2

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

Distanza asse neutro da lembo compresso = 5.2 (cm)

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

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

Rottura nel Dominio 2

Rapporto $M_r/M_d = 3.305$

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

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:

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

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

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

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

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

b_w = larghezza minima della sezione (in mm).

Di seguito viene presentata la tabella di verifica della sezione.

Caratteristiche dei materiali:

| | | | | |
|---|----------|---|-----------|-------------------|
| Resistenza caratteristica a compressione cubica cls | R_{ck} | = | 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} | = | 156.21 | 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} | $M(V_{Ed})$ | = | 75.50 | kNm |

Caratteristiche geometriche della sezione:

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

Armatura della sezione in zona tesa:

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

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

Calcolo del taglio resistente:

| | | | | |
|--|---------------|---|---------------|-------------------|
| Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 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 ($\leq 0.2 \times f_{cd}$) | 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 |

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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

8.5 ANALISI SOLETTA SUPERIORE

8.5.1 ANALISI DEI CARICHI

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

Peso del terreno

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

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

Peso del sovraccarico accidentale sulla parete laterale del pozzo

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

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

Il carico totale risulta pari a:

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

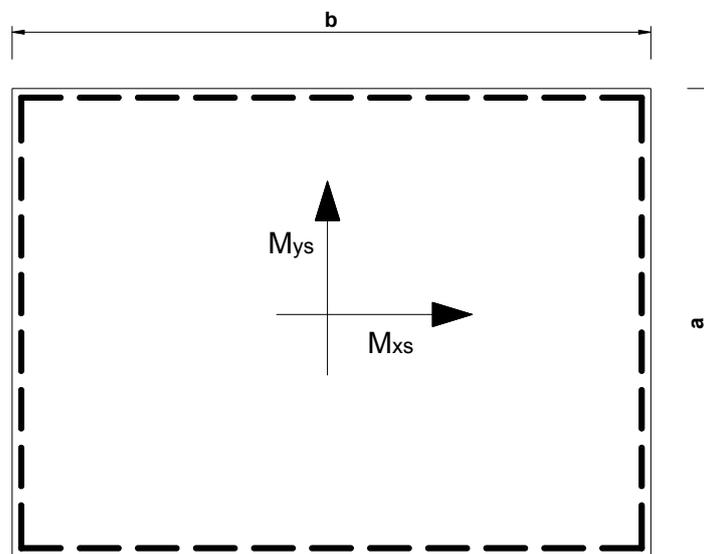
| | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------|-------------|----|------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: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

8.5.2 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

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

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

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



Schema struttura

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

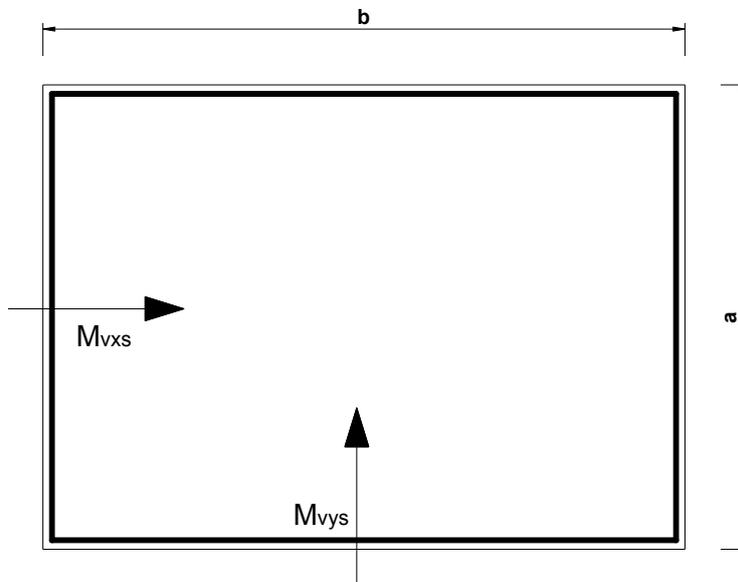
$$M_{xs} = k_{xs} \cdot q \cdot b^2$$

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

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

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

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



Schema struttura momento negativo massimo

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

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

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

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

| k_{xs} | k_{ys} | k_{vxs} | k_{vys} |
|----------|----------|-----------|-----------|
| 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.05 |

Coefficienti k

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

Sollecitazioni

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

8.6 VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO

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

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
 h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (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 = 14.2 (KN.m)
 Sforzo normale = 0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.11 (N/mm²)
 Trazione massima nell'acciaio = 58.59 (N/mm²)
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)
 Braccio di leva interno = 31.5 (cm)

Condizione di carico 2

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

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.35 (N/mm²)
 Trazione massima nell'acciaio = 71.31 (N/mm²)
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)
 Braccio di leva interno = 31.5 (cm)

Condizione di carico 3

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

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.94 (N/mm²)
 Trazione massima nell'acciaio = 49.82 (N/mm²)
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)
 Braccio di leva interno = 31.5 (cm)

Condizione di carico 4

Momento = -14.7 (KN.m)

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

Sforzo normale = 0.0(KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -1.15(N/mm²)

Trazione massima nell'acciaio = 60.65(N/mm²)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)

Braccio di leva interno = 31.5 (cm)

Condizione di carico 5

Momento = 7.1(KN.m)

Sforzo normale = 0.0(KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.55(N/mm²)

Trazione massima nell'acciaio = 29.27(N/mm²)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 7.6 (cm)

Braccio di leva interno = 31.5 (cm)

Condizione di carico 6

Momento = -8.7(KN.m)

Sforzo normale = 0.0(KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.67(N/mm²)

Trazione massima nell'acciaio = 35.66(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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 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 -
Unità di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100.0
h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

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

Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'intradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 14.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm⁻¹

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

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

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

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

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

Momento negativo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
 h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

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

Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'estradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 14.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm⁻¹

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

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

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

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

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

8.7.2 COMBINAZIONI FREQUENTI

Momento positivo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (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 ($\sigma = 0.7 \cdot 1.2 \cdot f_{ctm}$) = 76.78 (KN.m)

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

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

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

Momento negativo

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
 h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

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

Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'estradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 14.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm⁻¹

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

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

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

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

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

8.8 VERIFICHE A STATO LIMITE ULTIMO

8.8.1 FLESSIONE

METODO SEMIPROBABILISTICO - VERIFICA A ROTTURA

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
 h2 40.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (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 : $F_1 = 0.850$
 Rapporto R_{cy1}/R_{cubo} : $F_2 = 0.830$
 Resistenza di progetto calcestruzzo : $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \gamma_c = 0.47 R_{cubo}$
 Resistenza di progetto dell'acciaio : $F_{sd} = F_{yk} / \gamma_s = 0.87 F_{yk}$

Resistenze di progetto

Calcestruzzo = 18.81 (N/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 $M_d = 19.2$ (KN.m)
 Sforzo di Progetto $N_d = 0.0$ (KN)
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 4.4 (cm)
 Momento di Rottura $M_r = 98.4$ (KN.m)
 Sforzo di Rottura $N_r = 0.3$ (KN)
 Rottura nel Dominio 2
 Rapporto $M_r/M_d = 5.123$

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

Condizione di carico 2

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

Distanza asse neutro da lembo compresso = 4.4 (cm)

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

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

Rottura nel Dominio 2

Rapporto $M_r/M_d = 4.207$

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

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 taglienti di elementi sprovvisti di apposita armatura a taglio è valutata con la seguente espressione:

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

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

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

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

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

b_w = larghezza minima della sezione (in mm).

Di seguito viene presentata la tabella di verifica della sezione.

Caratteristiche dei materiali:

| | | | | |
|---|----------|---|-----------|-------------------|
| Resistenza caratteristica a compressione cubica cls | R_{ck} | = | 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} | = | 78.30 | 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 | \varnothing | = | 14 | mm |
| Numero tondini longitudinali utilizzati | n° | = | 5 | - |
| Area totale di armatura longitudinale in zona tesa | A_{sl} | = | 770 | mm ² |
| Rapporto geometrico dell'armatura longitud. (≤ 0.02) | ρ_l | = | 0.0022 | - |

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

Calcolo del taglio resistente:

| | | | | |
|--|---------------|---|---------------|-------------------|
| Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 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 ($\leq 0.2 \times f_{cd}$) | 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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table> | <i>Rev</i> | <i>Data</i> | F0 | 20/06/2011 |
| <i>Rev</i> | <i>Data</i> | | | | | | |
| F0 | 20/06/2011 | | | | | | |

9 ANALISI MURO DI SOSTEGNO

9.1 ANALISI DEI CARICHI

9.1.1 PESO PROPRIO

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

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

9.1.2 SPINTA DELLE TERRE

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

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

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

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

dove:

| | | |
|------------|---------------------------|--|
| 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 | = 3.50 | altezza di spinta (in m) |

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

9.1.3 SOVRACCARICO PERMANENTE

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

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

9.2 COMBINAZIONI DI CARICO

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

| | | Peso proprio | Peso terreno | Peso permanenti | Peso accidentali | Spinta terre | Spinta permanenti | Spinta accidentali | Azioni in testa muro | Azioni sismiche |
|---|------------------|--------------|--------------|-----------------|------------------|--------------|-------------------|--------------------|----------------------|-----------------|
| 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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

9.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

9.3.1 SOLLECITAZIONI A LIVELLO INTRADOSSO FONDAZIONE

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

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

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

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

9.3.2 VERIFICHE A RIBALTAMENTO

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

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

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

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

9.3.3 VERIFICHE A SCIVOLAMENTO

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

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

- dove: μ = coefficiente di attrito terreno/fondazione (posto ragionevolmente pari a 0.60);
 α_i = coefficiente di combinazione della forza N_i (vedi par. 9.2);
 N_i = forza verticale (vedi par. 9.3.1);
 β_i = coefficiente di combinazione della forza V_i (vedi par. 9.2);
 V_i = forza orizzontale (vedi par. 9.3.1).

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

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

9.3.4 VERIFICHE DI CAPACITÀ PORTANTE DELLA FONDAZIONE

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

La portata limite unitaria è pertanto fornita dalla seguente espressione:

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

- dove:
- 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_{γ}, N_c, N_q = coefficienti di capacità portante;
 - s_{γ}, s_c, s_q = coefficienti di forma;
 - i_{γ}, i_c, i_q = coefficienti correttivi dovuti alla presenza di carichi orizzontali;
 - d_c, d_q = coefficienti dipendenti dalla profondità del piano di posa.

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

- *Larghezza equivalente della fondazione:*

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

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

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

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

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

- *Coefficienti di capacità portante:*

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

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

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

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

dove: ϕ' = angolo di attrito del terreno di fondazione.

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

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

$$s_q = s_{\gamma}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dove: ϕ' = 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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

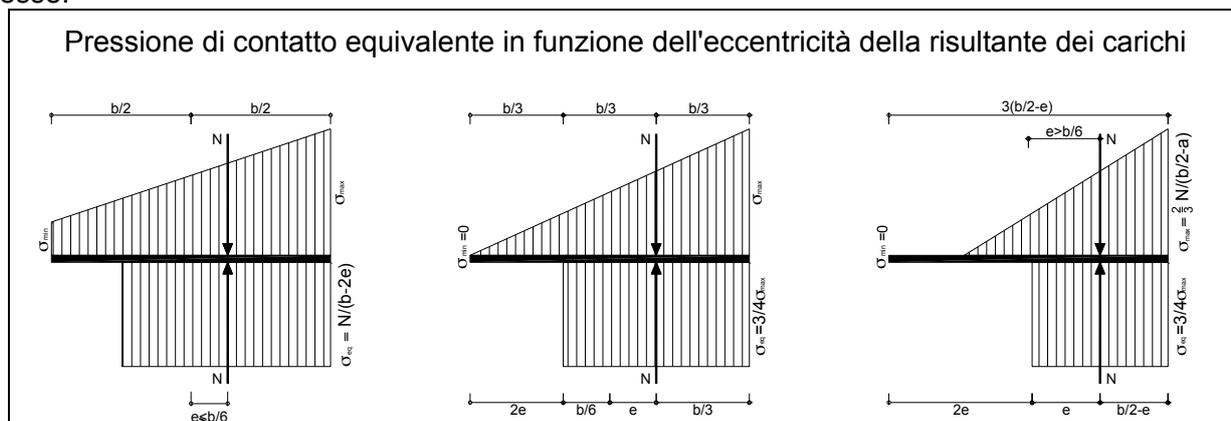
- H = azione parallela al piano di posa sulla fondazione;
- N_c = coefficiente di capacità portante (definito in precedenza);
- d_q = coefficiente dipendente dalla profondità del piano di posa (definito in precedenza).

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:

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

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

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



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

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

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

dove:

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

Le verifiche di portata risultano pertanto soddisfatte.

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

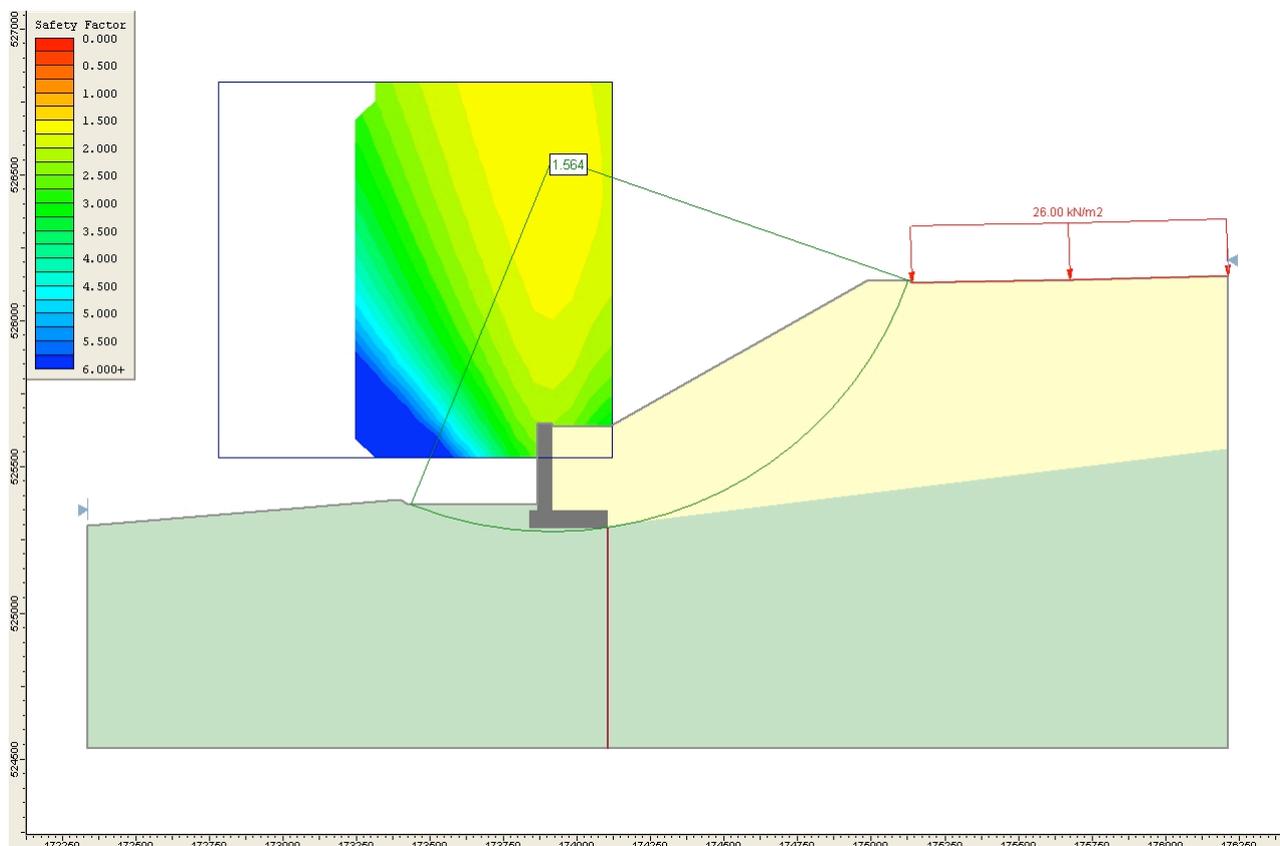
9.3.5 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE MURO-TERRENO

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

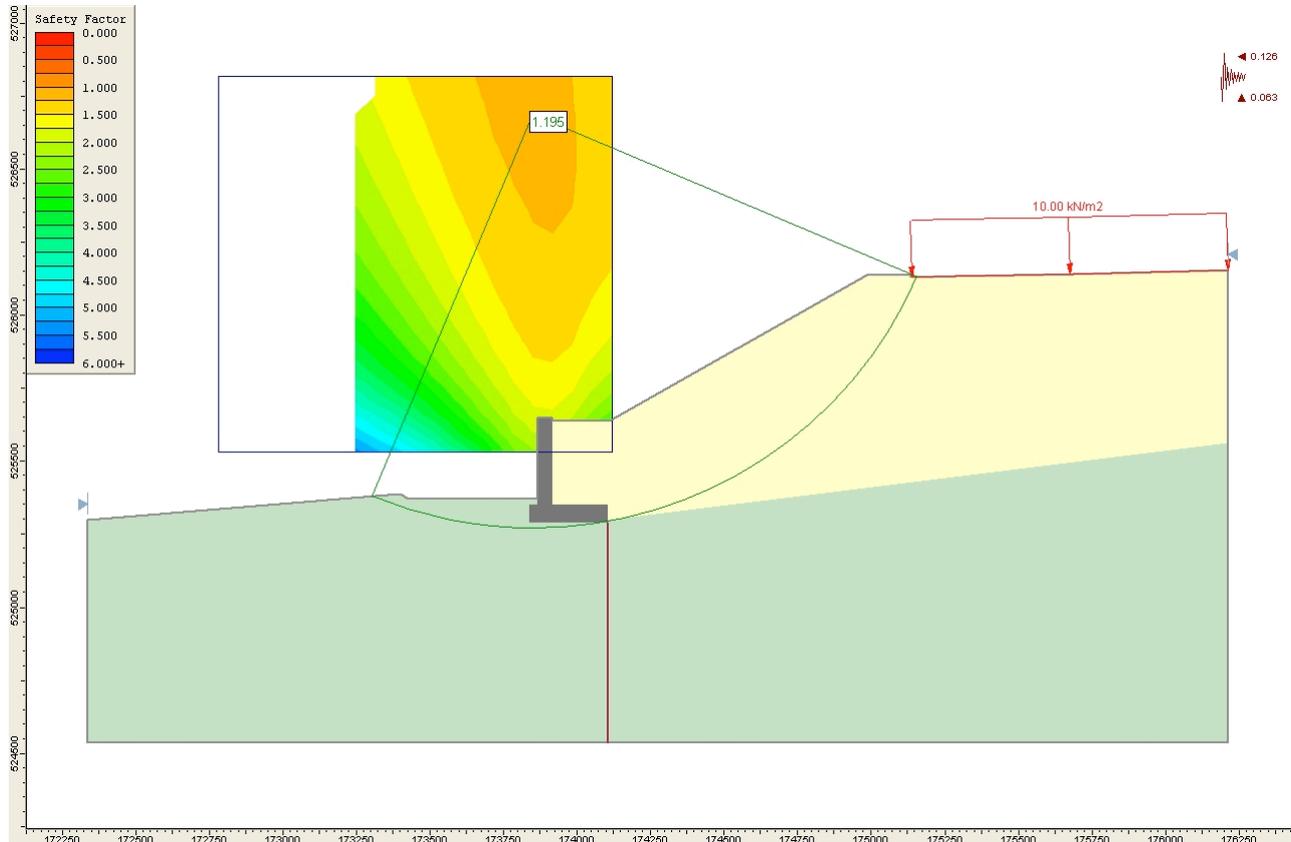
Le analisi di stabilità sono state condotte sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche facendo riferimento alle indicazioni riportate in precedenza; in particolare si assume:

$$\gamma_r \geq 1.1$$

Il sisma è stato rappresentato da un'accelerazione orizzontale e una verticale nelle due direzioni possibili. Nel seguito però sono riportati solo i risultati del caso più gravoso.



Analisi di stabilità caso statico: FS=1.564



Analisi di stabilità caso sismico: FS=1.195

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

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

9.4 VERIFICHE DELL'ELEVAZIONE

9.4.1 RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

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

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

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

(nella tabella precedente N positiva se di compressione).

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

9.4.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

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

Si adotta l'armatura seguente:

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

Il copriferro netto è pari a 4 cm.

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
 h2 50.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (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 = 41.0(KN.m)
 Sforzo normale = -38.0(KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -2.11(N/mm²)
 Trazione massima nell'acciaio = 105.00(N/mm²)
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 10.3 (cm)
 Braccio di leva interno = 40.2 (cm)

Condizione di carico 2

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

Compressione massima nel calcestruzzo = -2.42(N/mm²)
 Trazione massima nell'acciaio = 124.45(N/mm²)
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 10.0 (cm)
 Braccio di leva interno = 40.5 (cm)

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

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

9.4.3 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 50.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

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

Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'intradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 14.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm⁻¹

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

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

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

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

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

9.4.4 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE

METODO SEMIPROBABILISTICO - VERIFICA A ROTTURA

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
 h2 50.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) a 25.0 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 : $\gamma_c = 1.500$
 Coefficiente di sicurezza acciaio : $\gamma_s = 1.150$
 Termine di lunga durata : $F_1 = 0.850$
 Rapporto R_{cyl}/R_{cubo} : $F_2 = 0.830$
 Resistenza di progetto calcestruzzo : $F_1 \cdot F_2 \cdot R_{cubo} / \gamma_c = 0.47 R_{cubo}$
 Resistenza di progetto dell'acciaio : $F_{sd} = F_{yk} / \gamma_s = 0.87 F_{yk}$

Resistenze di progetto

Calcestruzzo = 18.81 (N/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 $M_d = 54.0$ (KN.m)
 Sforzo di Progetto $N_d = -38.0$ (KN)

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

Condizione di carico 2

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

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

Sforzo di Progetto N_d = -38.0(KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 5.0 (cm)

Momento di Rottura M_r = 134.9(KN.m)

Sforzo di Rottura N_r = -37.9(KN)

Rottura nel Dominio 2

Rapporto M_r/M_d = 3.289

Condizione di carico 3

Momento di Progetto M_d = 108.0(KN.m)

Sforzo di Progetto N_d = -35.0(KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 5.0 (cm)

Momento di Rottura M_r = 134.2(KN.m)

Sforzo di Rottura N_r = -34.9(KN)

Rottura nel Dominio 2

Rapporto M_r/M_d = 1.243

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

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

9.4.5 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

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

Caratteristiche dei materiali:

| | | | | |
|---|----------|---|--------|-------------------|
| Resistenza caratteristica a compressione cubica cls | R_{ck} | = | 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} | = | 93.00 | kN |
| Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed} | $N(V_{Ed})$ | = | 35.00 | kN |
| Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed} | $M(V_{Ed})$ | = | 108.00 | 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 | \varnothing | = | 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 | = | 0.0017 | -- |

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} | = | 0.44 | N/mm ² |
| Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$) | σ_{cp} | = | 0.08 | N/mm ² |
| Resistenza ultima a taglio minima | $V_{Rd,mi}$ | = | 198.39 | kN |
| Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$) | V_{Rd} | = | 198.39 | kN |

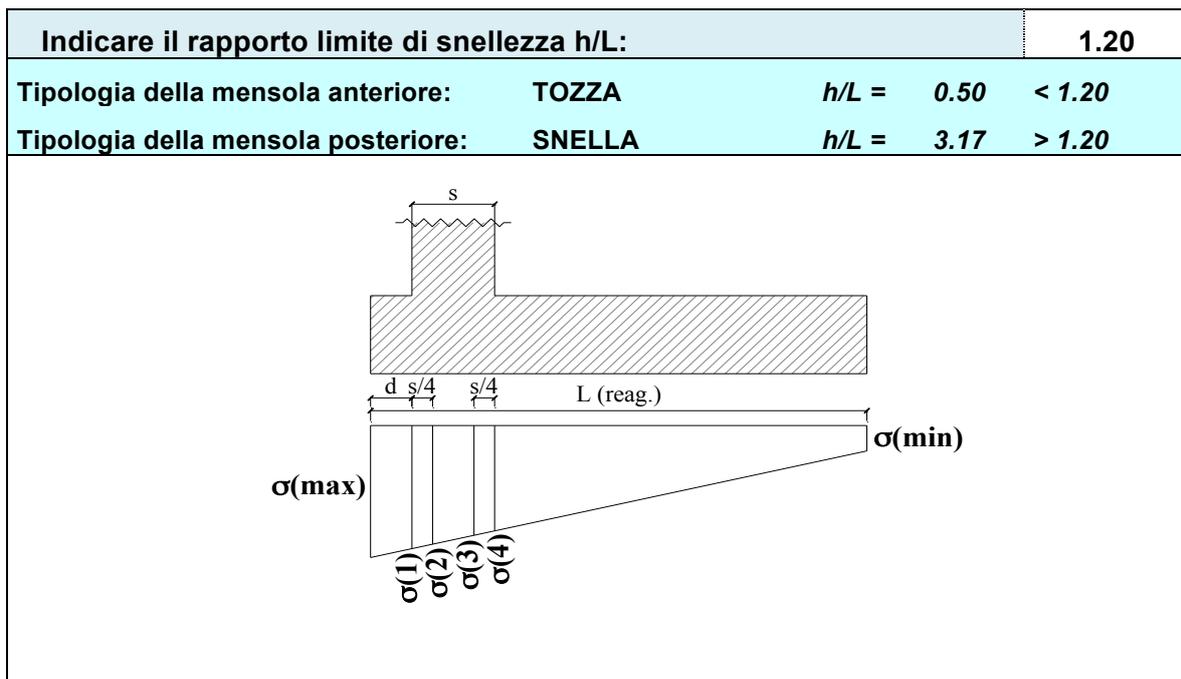
Dato che la verifica risulta soddisfatta non occorre disporre un'apposita armatura resistente a

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

taglio.

9.5 VERIFICHE DELLA FONDAZIONE

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



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

9.5.1 RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI DI VERIFICA MENSOLA SNELLA

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

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

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

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

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

9.5.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Per la mensola snella si adotta la seguente armatura:

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

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

Il copriferro netto della sezione è pari a 4 cm.

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

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
 h2 60.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) a 30.0 cm da intrad.

Convenzioni di segno

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

Coefficiente d'omogeneizzazione dell'armatura =15

Condizione di carico 1

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

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.41(N/mm²)
 Trazione massima nell'acciaio = 28.12(N/mm²)
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 9.7 (cm)
 Braccio di leva interno = 51.0 (cm)

Condizione di carico 2

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

Compressione massima nel calcestruzzo = -0.41(N/mm²)
 Trazione massima nell'acciaio = 28.12(N/mm²)
 Distanza asse neutro da lembo compresso = 9.7 (cm)
 Braccio di leva interno = 51.0 (cm)

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

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

9.5.3 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE

CALCOLO AMPIEZZA TEORICA DELLE FESSURE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
h2 60.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) a 30.0 cm da intrad.

Armatura in barre ad aderenza migliorata

E' teso l'estradosso della sezione

Copriferro minimo di norma = 2.5 cm

Copriferro effettivo sezione = 5.0 cm

Interferro = 20.0 cm

Diametro massimo barre = 14.0 (mm)

Rapporto sforzo normale/momento = 0.0 cm⁻¹

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

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

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

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

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

9.5.4 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER FLESSIONE

METODO SEMIPROBABILISTICO - VERIFICA A ROTTURA

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

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

b1 100.0
 h2 60.0 b3 100.0

Descrizione dell'armatura normale

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

Area armatura normale = 1539.4 (mm²) a 30.0 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 : γ_c = 1.500
 Coefficiente di sicurezza acciaio : γ_s = 1.150
 Termine di lunga durata : F₁ = 0.850
 Rapporto R_{cy1}/R_{cubo}: F₂ = 0.830
 Resistenza di progetto calcestruzzo : F₁·F₂·R_{cubo}/γ_c = 0.47R_{cubo}
 Resistenza di progetto dell'acciaio : F_{sd} = F_{yk}/γ_s = 0.87F_{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 = -16.0 (KN.m)
 Sforzo di Progetto N_d = 0.0 (KN)

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

Condizione di carico 2

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

|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
|---|---|---|--|------------|-------------|----|------------|
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1252 282 1332 324"><i>Rev</i></th> <th data-bbox="1332 282 1444 324"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1252 324 1332 378">F0</td> <td data-bbox="1332 324 1444 378">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table> | <i>Rev</i> | <i>Data</i> | F0 | 20/06/2011 |
| <i>Rev</i> | <i>Data</i> | | | | | | |
| F0 | 20/06/2011 | | | | | | |

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

Condizione di carico 3

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

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

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

9.5.5 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

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

Caratteristiche dei materiali:

| | |
|---|-------------------------------------|
| Resistenza caratteristica a compressione cubica cls | $R_{ck} = 30$ N/mm 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 | $V_{Ed} = 58.00$ kN |
| Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed} | $N(V_{Ed}) = 0.00$ kN |
| Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed} | $M(V_{Ed}) = 0.00$ kNm |

Caratteristiche geometriche della sezione:

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

Armatura della sezione in zona tesa:

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

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

| | |
|---|--|
| Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2) | $k = 1.61$ -- |
| Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls | $v_{min} = 0.36$ N/mm ² |
| Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$) | $\sigma_{cp} = 0.00$ N/mm ² |
| Resistenza ultima a taglio minima | $V_{Rd,mi} = 193.17$ kN |
| Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$) | $V_{Rd} = 193.17$ 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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

9.6 VERIFICA MENSOLA TOZZA

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

| Azioni mensola tozza | F_{reaz} [kN/m] | b_{Freaz} [m] | F_{tir} [kN/m] | σ_s [N/mm ²] |
|---------------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|------------------------------------|
| Combinazione di carico SLU_STR | 46.47 | 0.21 | 19.58 | 2.54 |
| Combinazione di carico SLU_ECC | 41.85 | 0.21 | 17.56 | 2.28 |
| Combinazione di carico SLU_SISM | 67.44 | 0.22 | 29.13 | 3.78 |

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

10 ANALISI DELLE PARATIE PROVVISORIE

10.1 CARATTERISTICHE DI CALCOLO

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

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

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

$$E_d < R_d$$

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

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

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

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

| parametro | simbolo | coeff. parziale | M1 | M2 |
|----------------------------|----------------|-------------------|------|------|
| tangente angolo di attrito | $\tan \phi'_k$ | $\gamma_{\phi'}$ | 1.00 | 1.25 |
| coesione efficace | c'_k | $\gamma_{c'}$ | 1.00 | 1.25 |
| resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1.00 | 1.40 |
| peso unità di volume | γ | γ_{γ} | 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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

10.2 STRATIGRAFIA DI PROGETTO

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

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

| Unità [-] | Tipologia [-] | S [m] | 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).

10.3 PARAMETRI DI SPINTA

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

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

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

I valori dei coefficienti di spinta attiva (k_a) sono stati calcolati secondo la relazione di Coulomb, mentre i coefficienti di spinta passiva (k_p) secondo le relazioni di Rankine: il valore dell'angolo di attrito terreno-parametria (δ) è stato assunto pari a $0.5 \times \varphi$ per la spinta attiva, mentre è stato prudenzialmente assunto nullo per il calcolo della spinta passiva.

La relazione di Coulomb per il calcolo del coefficiente di spinta attiva, con le condizioni assunte, è la seguente:

$$K_a = \frac{\sin^2(\psi + \varphi)}{\sin^2 \varphi \cdot \sin(\psi - \delta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}{\sin(\psi - \varphi) \cdot \sin(\psi + \varepsilon)}} \right)^2} \quad (\text{spinta attiva})$$

dove: φ = angolo d'attrito del terreno;

Ψ = inclinazione del paramento di monte del muro (90°);

δ = angolo d'attrito lungo la superficie di rottura;

ε = Inclinazione del pendio a monte.

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

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

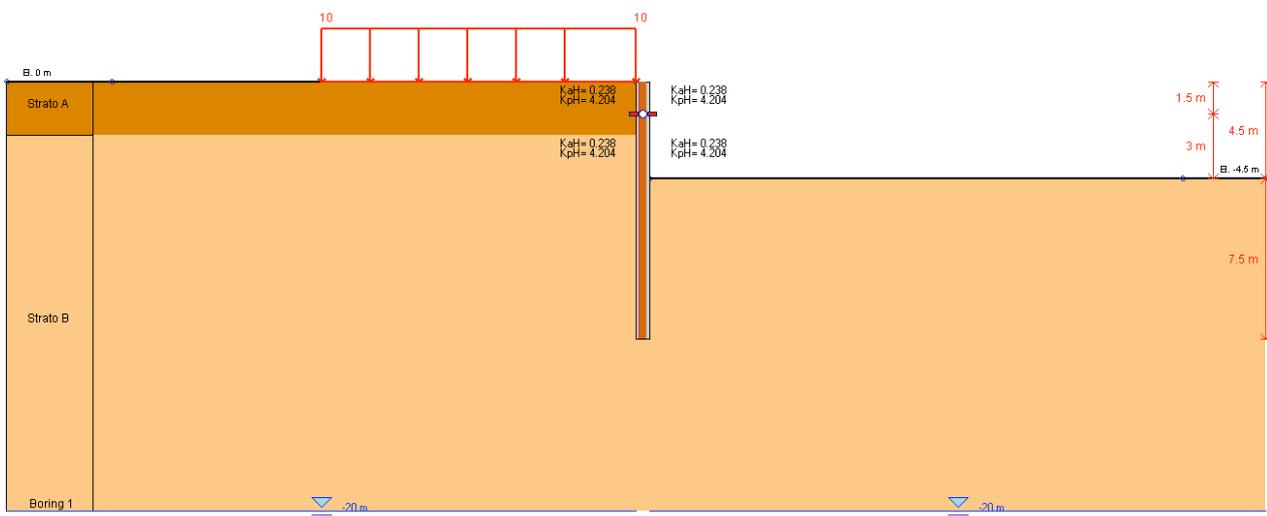
La tabella seguente riassume i coefficienti di spinta utilizzati nei calcoli effettuati; il pedice 'h' indica che i coefficienti di spinta attiva e passiva sono stati calcolati in direzione orizzontale.

| Unità [-] | S.L. [-] | Valori [-] | Approccio [-] | ϕ [°] | 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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

10.4 PARATIA H=4.50M

Il tratto in oggetto della paratia viene realizzato mediante micropali \varnothing 220 mm di lunghezza 12 m e interasse 30 cm (armati con profili metallici PM127x8) e sostenuti da 1 ordine di puntelli (posizionato a quota -1.50m dalla testa della paratia) composti da profili commerciali in acciaio tipo HEB260 e HEB200.



Modello di calcolo

10.4.1 GEOMETRIA E FASI DI REALIZZAZIONE

Nel paragrafo in oggetto si dimensiona dal punto di vista strutturale la paratia necessaria per raggiungere la massima quota di scavo, posta a circa -4.50 m dalla quota dello stato di fatto. Per tener conto dei carichi accidentali transitori sulla pista di lavoro, a monte della paratia viene inserito un sovraccarico accidentale pari a 10 kN/m^2 (per una larghezza della pista posta pari a 5.00m). La situazione di studio viene riepilogata nella seguente tabella:

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

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

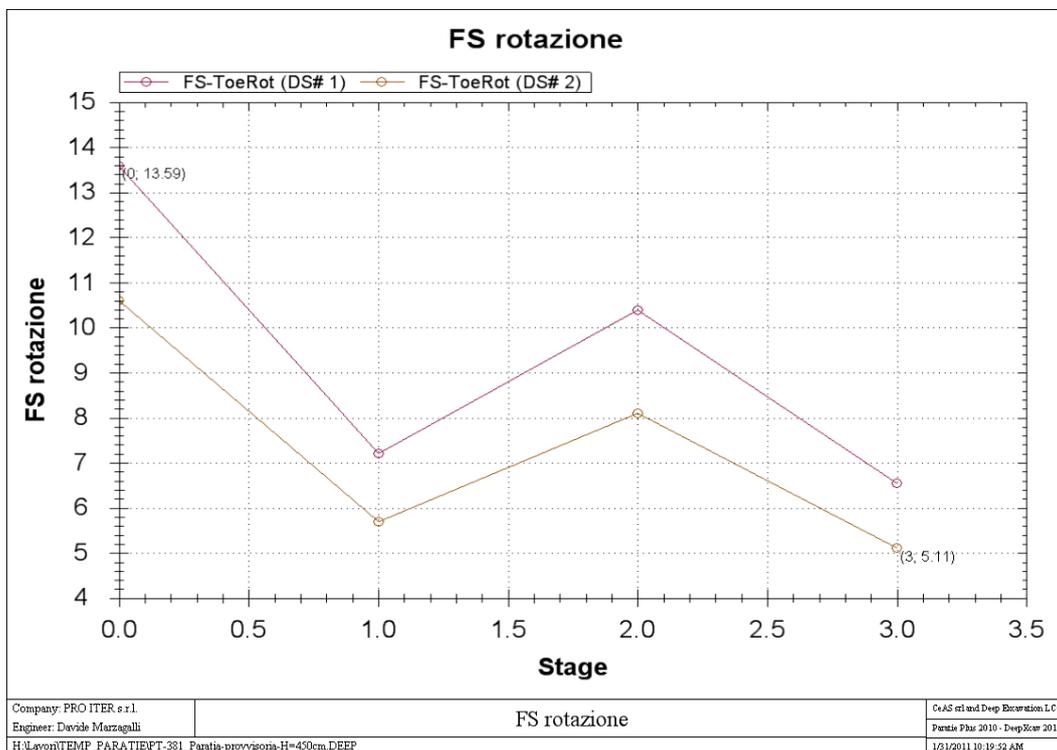
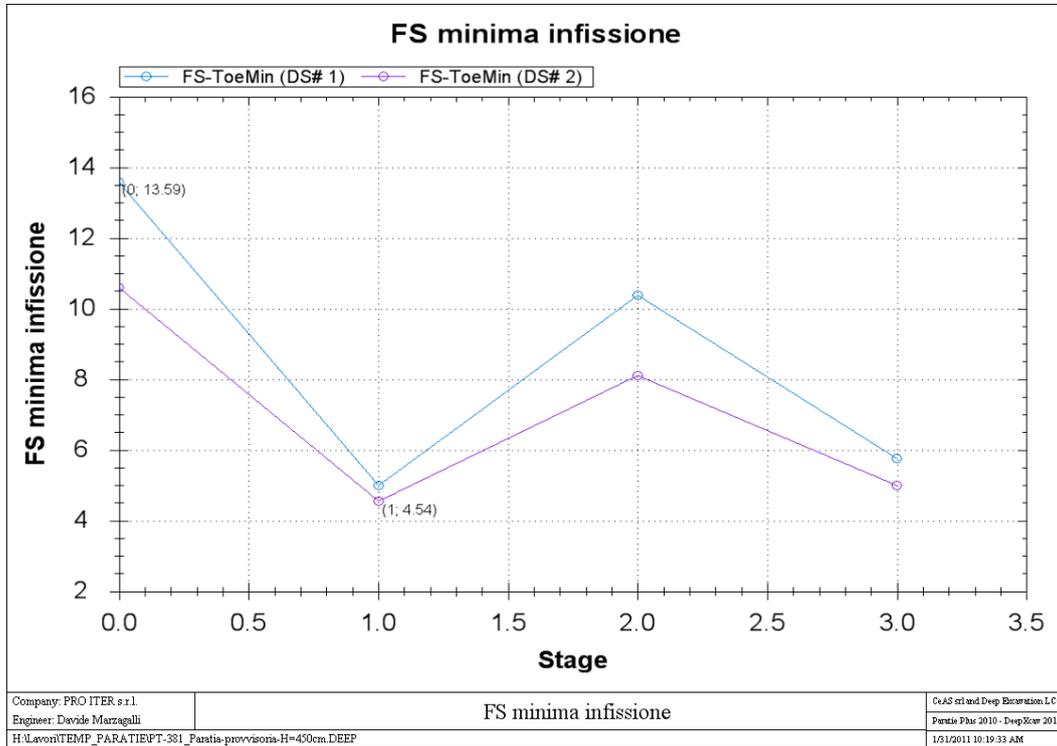
| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

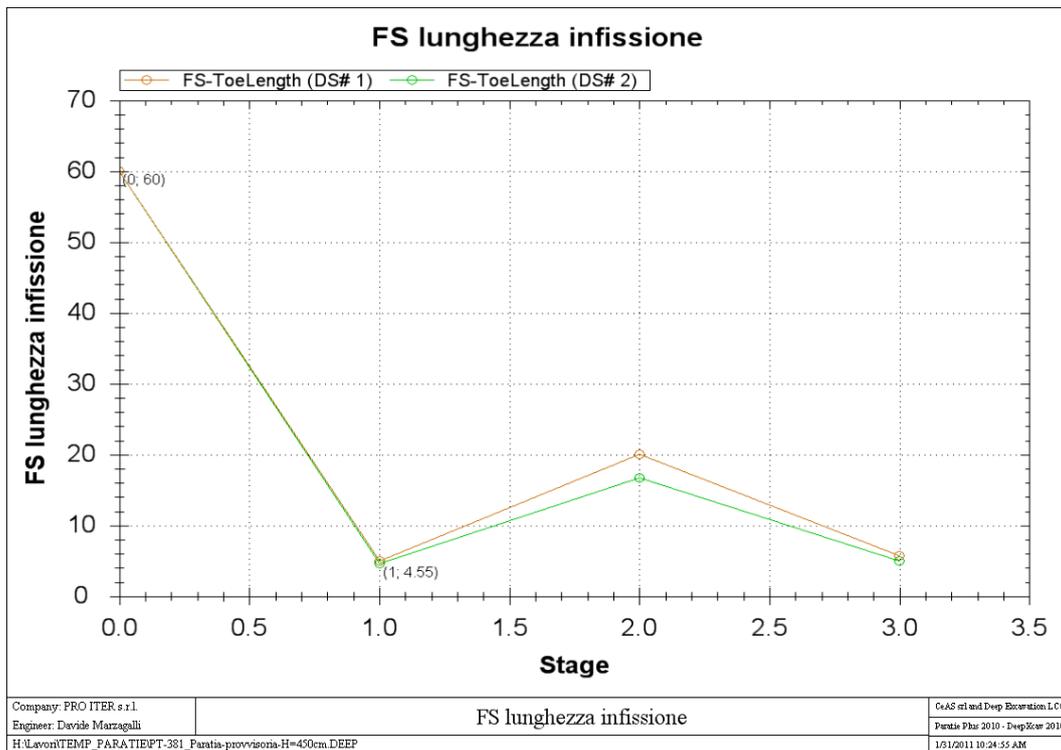
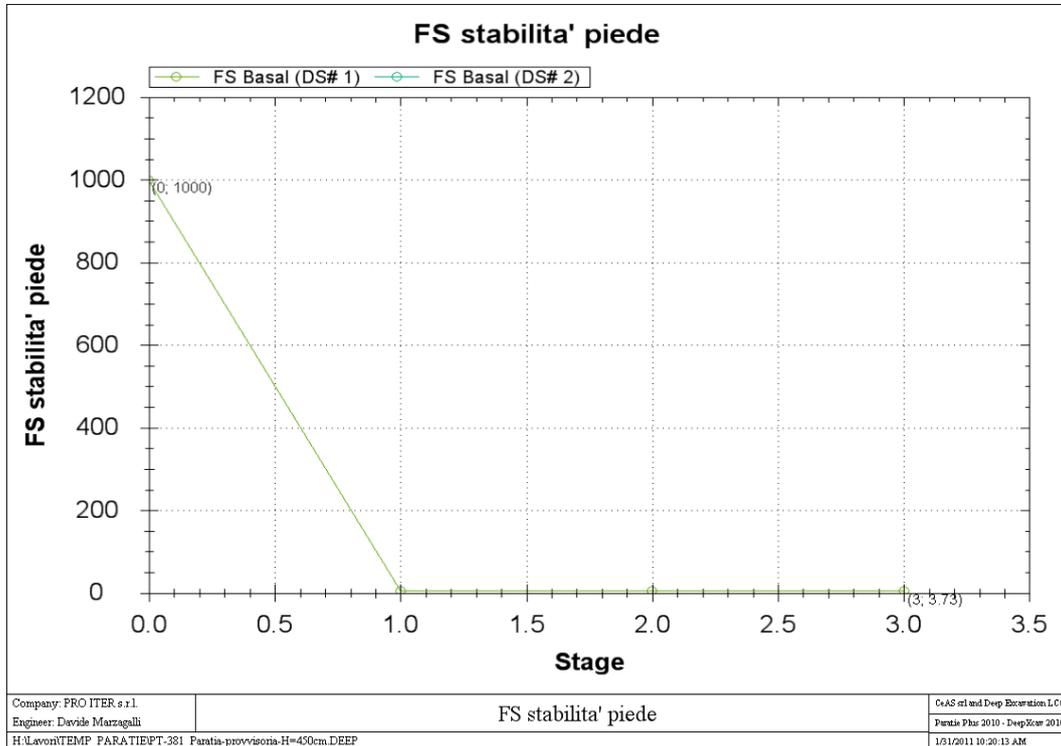
Di seguito si riportano gli step di calcolo:

- **STEP 0: Condizione geostatica**
Corrisponde alla fase geostatica iniziale: le quote del terreno a monte e a valle della paratia coincidono (quota 0 m).
- **STEP 1: Scavo per posizionamento 1° ordine di contrasti**
Corrisponde alla fase di scavo a valle fino al raggiungimento di quota -2.00 m, al fine di poter mettere in opera il 1° ordine di contrasti (posti a quota -1.50 m).
- **STEP 2: Messa in opera 1° ordine di contrasti**
In tale fase viene considerato attivo il 1° ordine di contrasti (vincolo fisso).
- **STEP 3: Fondo scavo**
Corrisponde alla fase di scavo a valle fino al raggiungimento di quota -4.50 m (fondo scavo).

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

10.4.2 VERIFICHE GEOTECNICHE





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

10.4.3 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE PARATIA-TERRENO

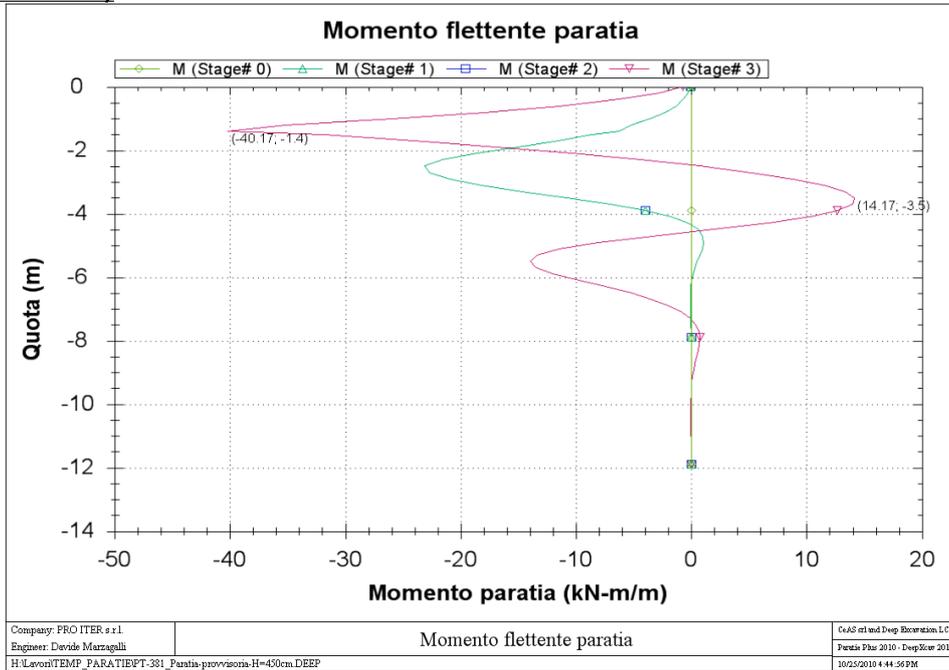
Poichè la paratia risulta di profondità minore rispetto a quella analizzata nel paragrafo 10.5 e tenuto conto della conformazione più favorevole del rilevato, per le verifiche di stabilità si rimanda a quanto svolto per la paratia successiva.

10.4.4 RISULTATI DELLE ANALISI

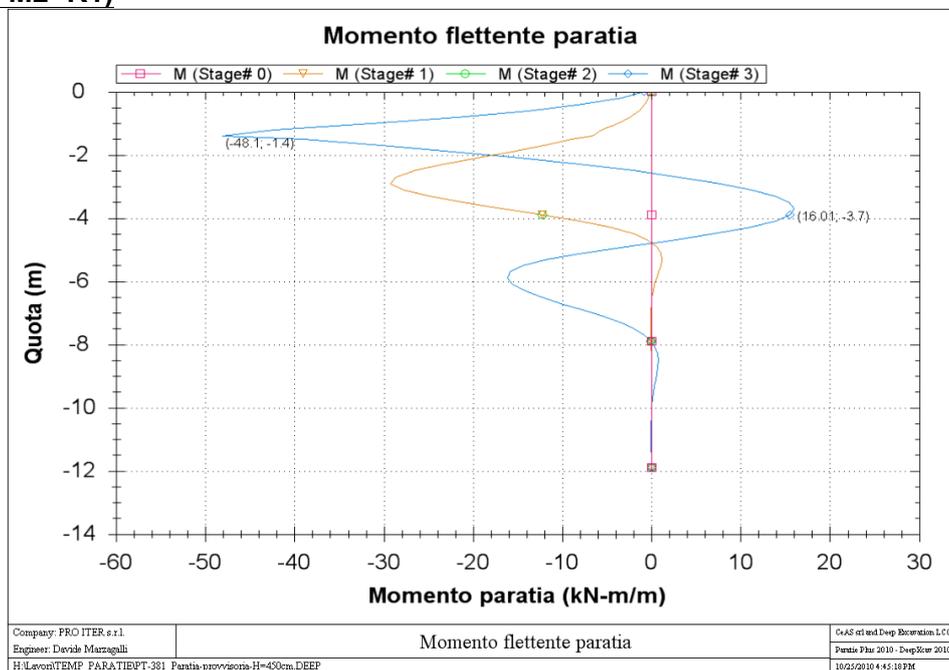
Di seguito vengono presentati i diagrammi dei momenti flettenti, dei tagli e delle azioni assiali nei contrasti per le due combinazioni di carico analizzate a Stato Limite Ultimo e le deformazioni a Stato Limite di Esercizio.

10.4.4.1 DIAGRAMMI DEL MOMENTO FLETTENTE

Comb1 (A1+M1+R1)

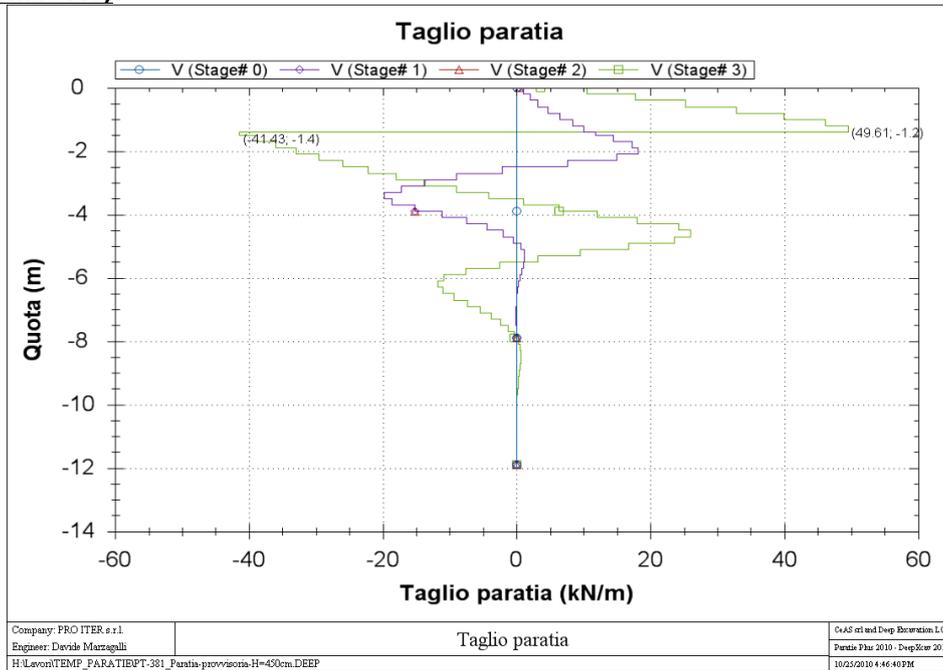


Comb2 (A2+M2+R1)

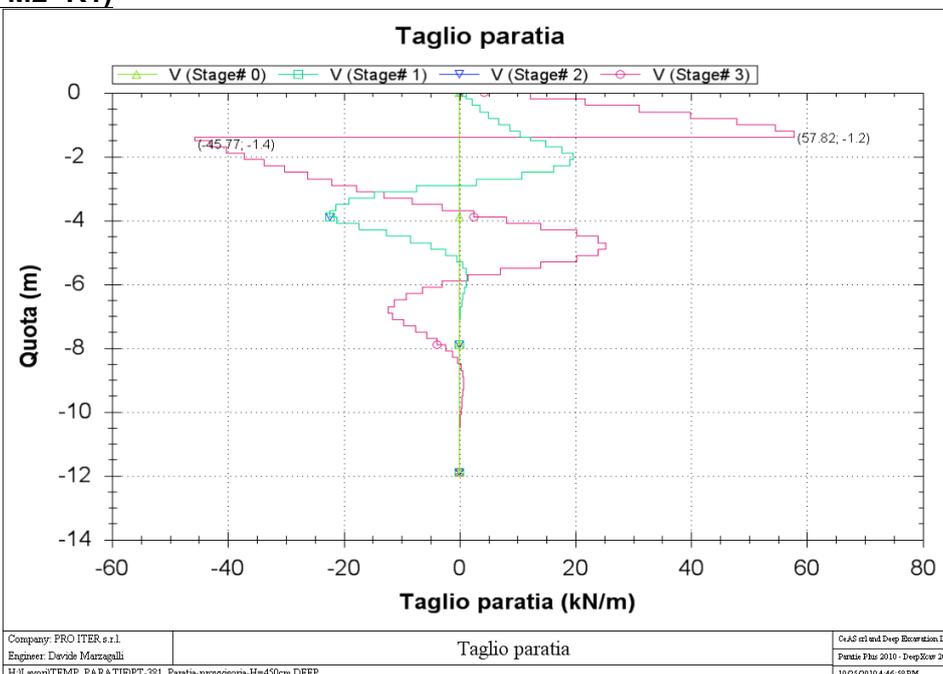


10.4.4.2 DIAGRAMMI DEL TAGLIO

Comb1 (A1+M1+R1)



Comb2 (A2+M2+R1)

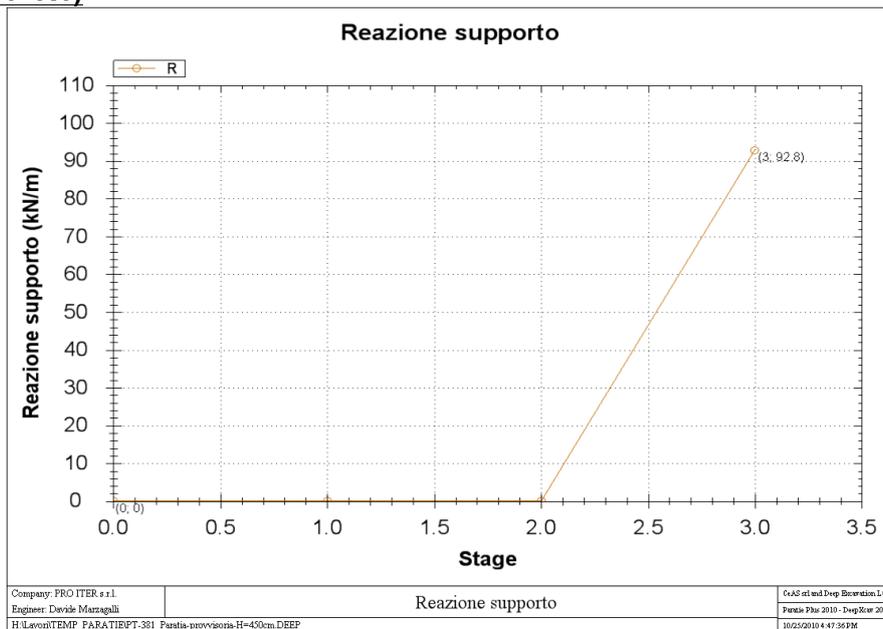


| | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------|-------------|----|------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | Codice documento CS0561_F0.doc | <table border="1"> <tr> <td>Rev</td> <td>Data</td> 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

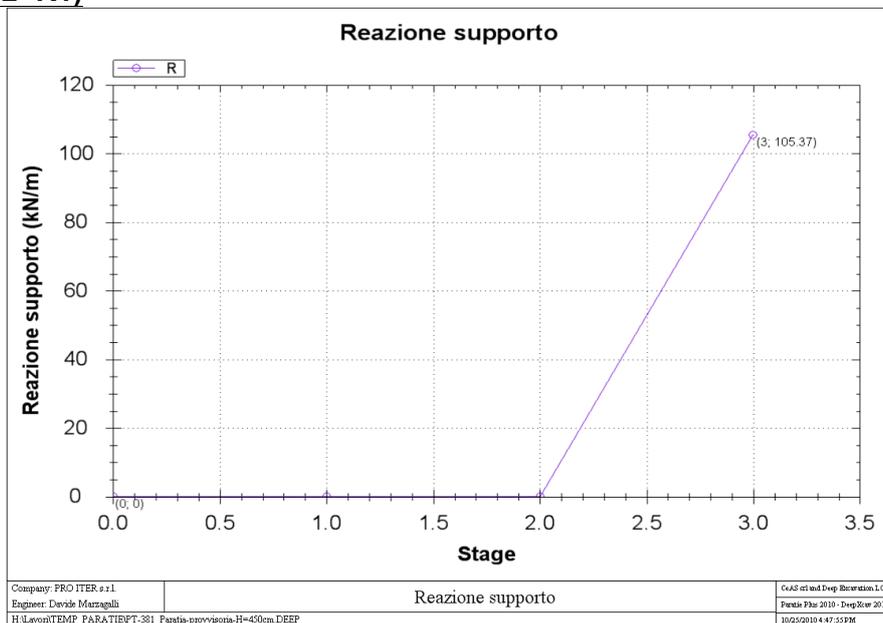
10.4.4.3 STORIA DI CARICO DEI CONTRASTI

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

Comb1 (A1+M1+R1)



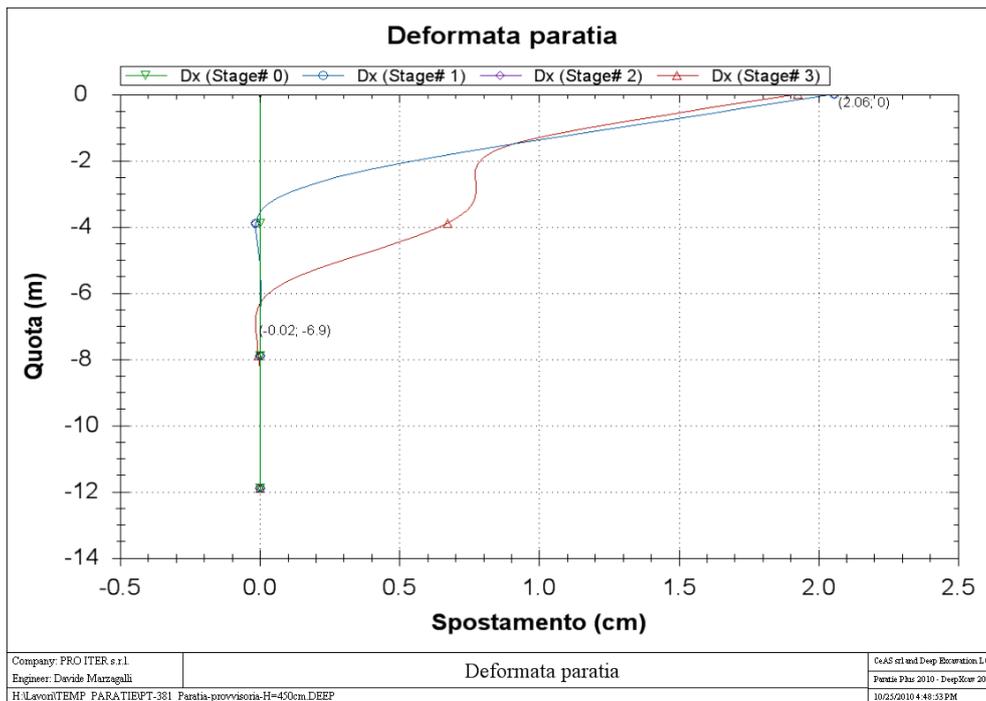
Comb2 (A2+M2+R1)



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

10.4.4.4 DIAGRAMMA DELLE DEFORMAZIONI

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



Il valore massimo di spostamento pari a circa 2 cm è ritenuto ammissibile per l'opera in progetto e per la tipologia di terreno presente in sito.

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

10.4.5 VERIFICHE DEI MICROPALI

Le verifiche vengono effettuate a Stato Limite Ultimo, confrontando le sollecitazioni massime fornite dal programma nello step più sfavorevole con il dominio di progetto dei pali.

Nella seguente tabella si riportano le sollecitazioni massime per metro fuori piano e le sollecitazioni di progetto in ciascun micropalo ($i = 0.30$ m).

| Combinazione | M_{Ed} [kNm/m] | V_{Ed} [kN/m] | $M_{Ed-palo}$ [kNm] | $V_{Ed-palo}$ [kN] |
|---------------|---------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|
| Comb 1 | 40.17 | 49.61 | 12.05 | 14.88 |
| Comb 2 | 48.10 | 57.82 | 14.43 | 17.35 |

Con riferimento al paragrafo 4.2.4 delle N.T.C.2008, la resistenza di calcolo a flessione retta e a taglio (affidata, a favore di sicurezza) al solo profilato metallico, si calcola mediante le seguenti relazioni:

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

Considerando le caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione tubolare di acciaio del micropalo (costituita da un profilo cavo circolare commerciale tipo PM127x8 di acciaio S355), si ottiene:

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{113000 \cdot 355}{1.05} \cdot 10^{-6} = 38.20 \text{ kNm}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1904 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1.05} \cdot 10^{-3} = 371.66 \text{ kN}$$

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

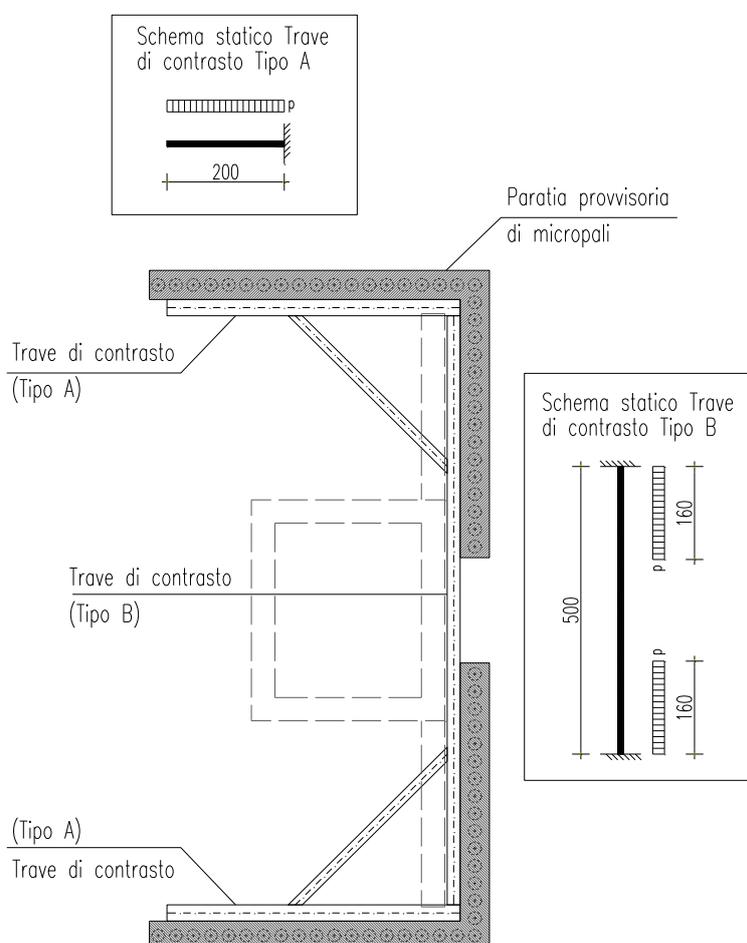
| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

10.4.6 VERIFICHE DEI CONTRASTI

Nella seguente tabella sono riportati i valori massimi dell'azione agente nei contrasti nelle diverse combinazioni (indicata nelle verifiche con T_{Ed}):

| Ordine [-] | SLE [kN/m] | Comb1 [kN/m] | Comb2 [kN/m] |
|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| I | 69.39 | 92.80 | 105.37 |

Nella figura seguente si evidenziano la disposizione, la tipologia e lo schema statico adottato per il calcolo dei contrasti.



In base a quanto riportato nella figura precedente, si procede al dimensionamento delle travi di

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

contrasto, utilizzando una forza “p” pari a 105.37 kN/m (valore a Stato Limite Ultimo).

Per la trave Tipo A si utilizza un profilo metallico commerciale tipo HEB260 (acciaio S275), mentre per la trave Tipo B un profilo HEB200 (acciaio S275).

Verifiche trave Tipo A

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

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

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

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

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

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

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

La verifica risulta soddisfatta.

Verifiche trave Tipo B

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

$$M_{Sdu} = \frac{p \cdot a}{L} \cdot \left[a \cdot L - a \cdot \left(\frac{L}{2} + \frac{a}{3} \right) \right] = \frac{105.37 \cdot 1.6}{5} \cdot \left[1.6 \cdot 5 - 1.6 \cdot \left(\frac{5}{2} + \frac{1.6}{3} \right) \right] = 106 \text{ kNm}$$

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

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

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

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

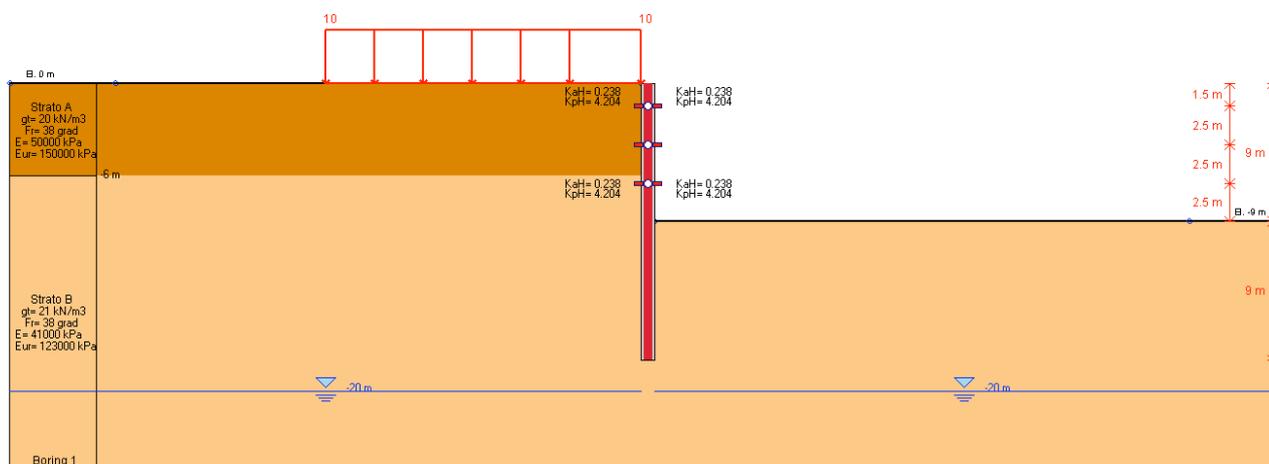
$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_s^2 + 3 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{186.27^2 + 3 \cdot 93.66^2} = 247.01 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} = 261.90 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

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

10.5 PARATIA H=9.00M

Il tratto in oggetto della paratia viene realizzato mediante micropali \varnothing 220 mm di lunghezza 18 m e interasse 30 cm (armati con profili metallici PM127x8) e sostenuti da 3 ordini di puntelli (rispettivamente a quota -1.50 m, -4.00 m e -6.50 m dalla testa della paratia) composti da profili commerciali in acciaio tipo HEB320 e HEB260.



Modello di calcolo

10.5.1 GEOMETRIA E FASI DI REALIZZAZIONE

Nel paragrafo in oggetto si dimensiona dal punto di vista strutturale la paratia necessaria per raggiungere la massima quota di scavo, posta a circa -9.00 m dalla quota dello stato di fatto. Per tener conto dei carichi accidentali transitanti sulla pista di lavoro, a monte della paratia viene inserito un sovraccarico accidentale pari a 10 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 | -9.00 | 3 |

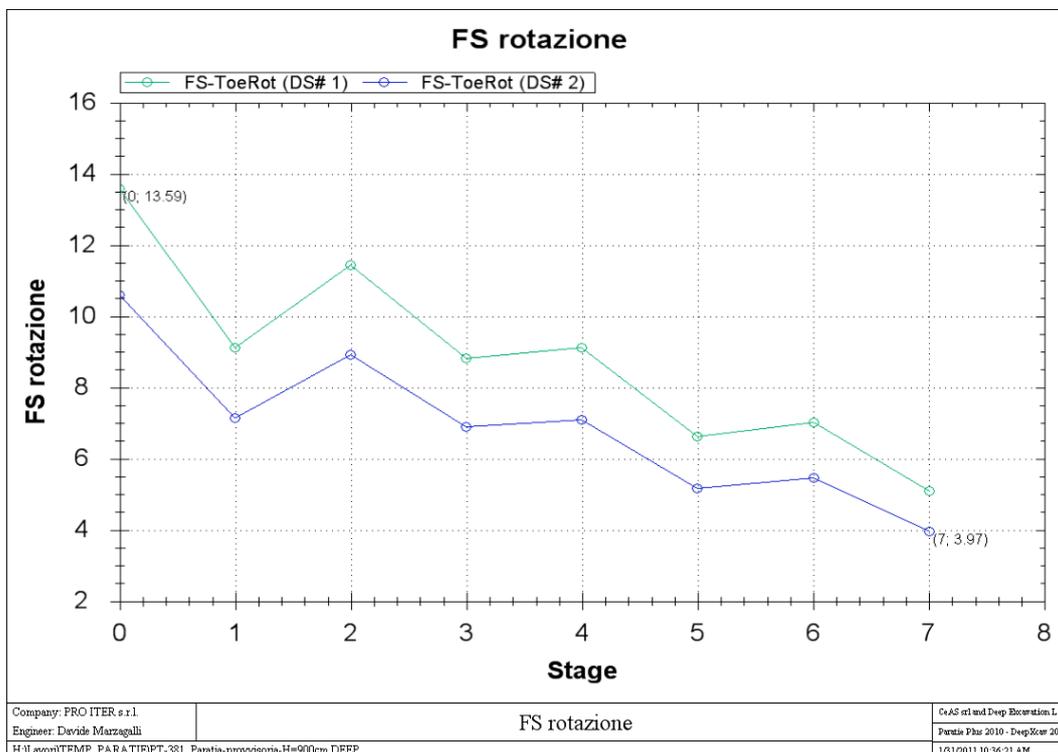
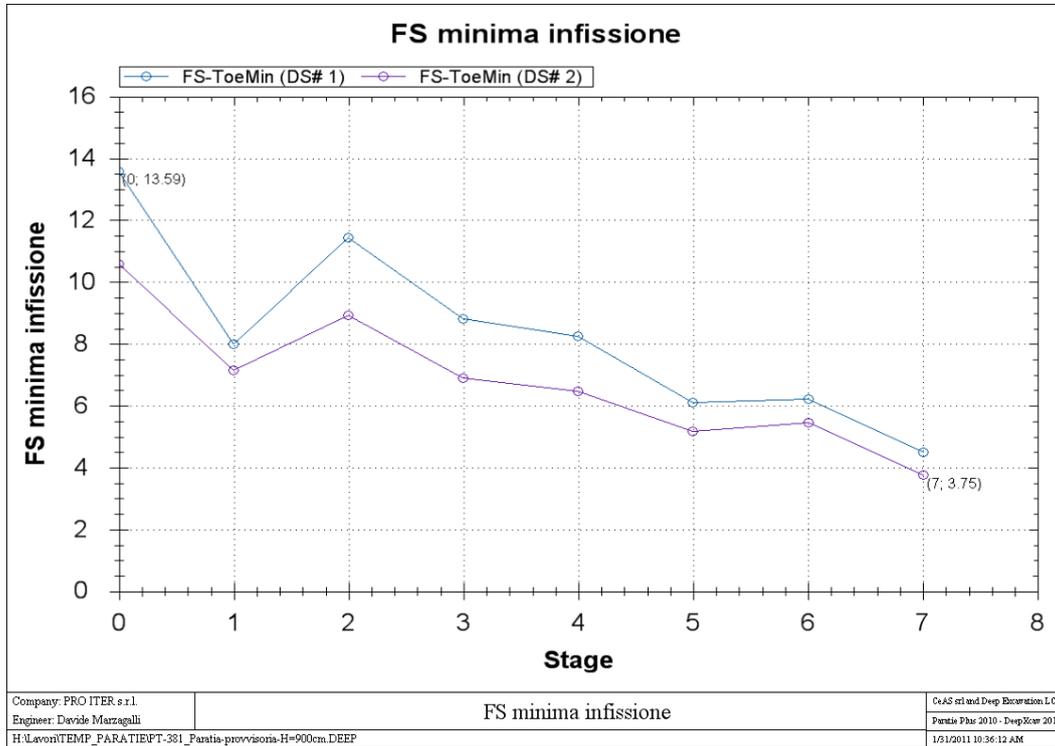
I contrasti sono affidati a profili commerciali in acciaio tipo HEB320 e HEB260.

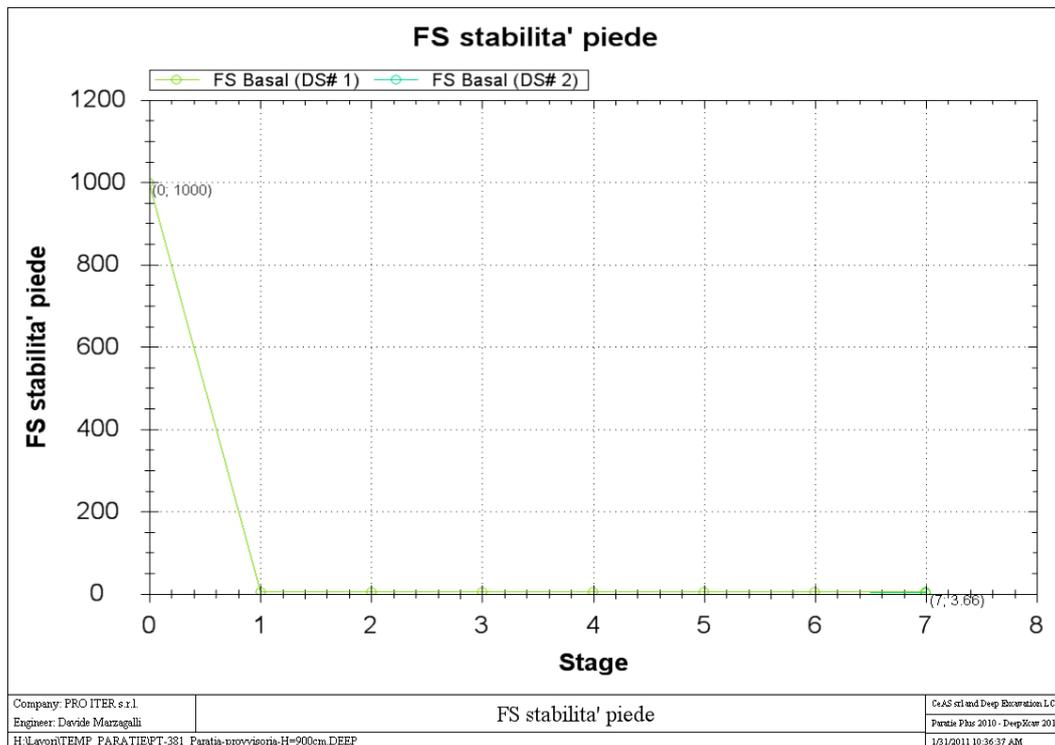
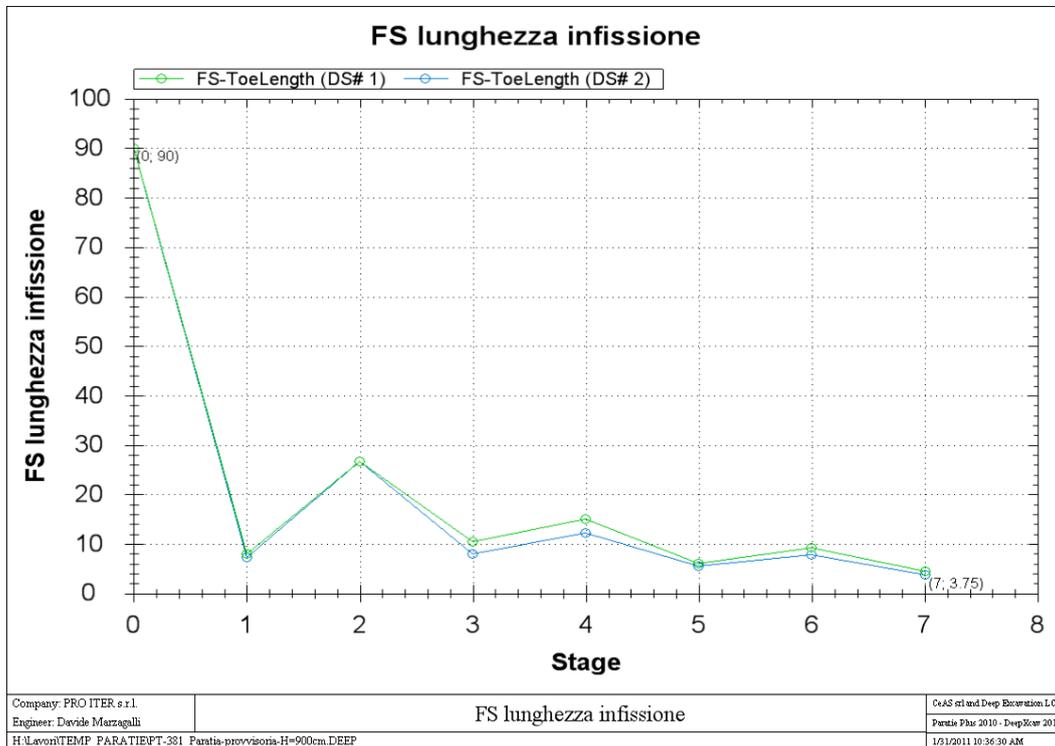
Di seguito si riportano gli step di calcolo:

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

- **STEP 0: Condizione geostatica**
Corrisponde alla fase geostatica iniziale: le quote del terreno a monte e a valle della paratia coincidono (quota 0 m).
- **STEP 1: Scavo per posizionamento 1° ordine di contrasti**
Corrisponde alla fase di scavo a valle fino al raggiungimento di quota -2.00 m, al fine di poter mettere in opera il 1° ordine di contrasti (posti a quota -1.50 m).
- **STEP 2: Messa in opera 1° ordine di contrasti**
In tale fase viene considerato attivo il 1° ordine di contrasti (vincolo fisso).
- **STEP 3: Scavo per posizionamento 2° ordine di contrasti**
Corrisponde alla fase di scavo a valle fino al raggiungimento di quota -4.50 m, al fine di poter mettere in opera il 2° ordine di contrasti (posti a quota -4.00 m).
- **STEP 4: Messa in opera 2° ordine di contrasti**
In tale fase viene considerato attivo il 2° ordine di contrasti (vincolo fisso).
- **STEP 5: Scavo per posizionamento 3° ordine di contrasti**
Corrisponde alla fase di scavo a valle fino al raggiungimento di quota -7.00 m, al fine di poter mettere in opera il 3° ordine di contrasti (posti a quota -6.50 m).
- **STEP 6: Messa in opera 3° ordine di contrasti**
In tale fase viene considerato attivo il 3° ordine di contrasti (vincolo fisso).
- **STEP 7: Fondo scavo**
Corrisponde alla fase di scavo a valle fino al raggiungimento di quota -9.00 m (fondo scavo).

10.5.2 VERIFICHE GEOTECNICHE





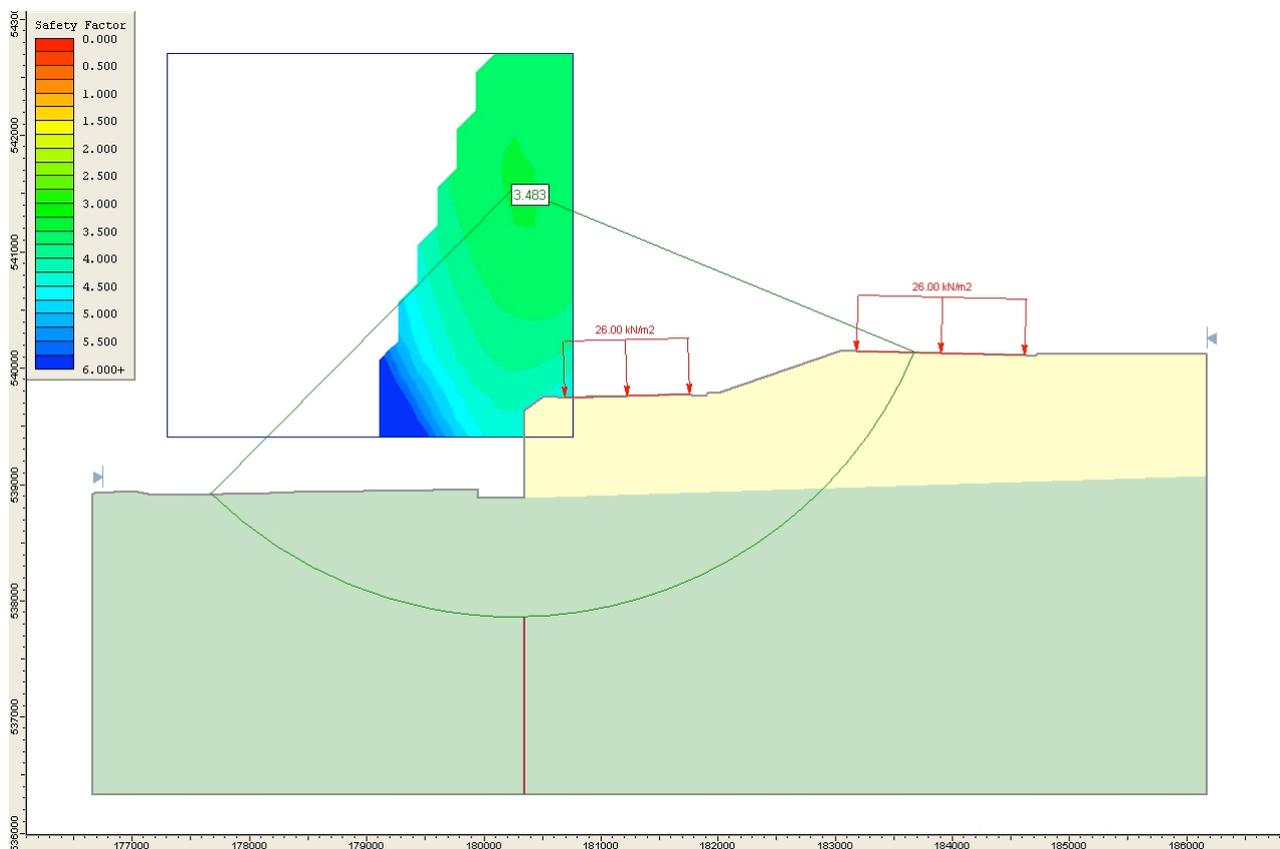
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
|---|---|---|--|------------|-------------|----|------------|
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;">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

10.5.3 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE PARATIA-TERRENO

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

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

$$\gamma_r \geq 1.1$$



Analisi di stabilità: FS=3.483

In accordo con la normativa vigente (D.M. 14/01/2008 paragrafo 2.4.1) si omettono le verifiche in fase sismica poichè l’opera risulta essere di tipo provvisorio e con durata prevista in progetto inferiore a 2 anni.

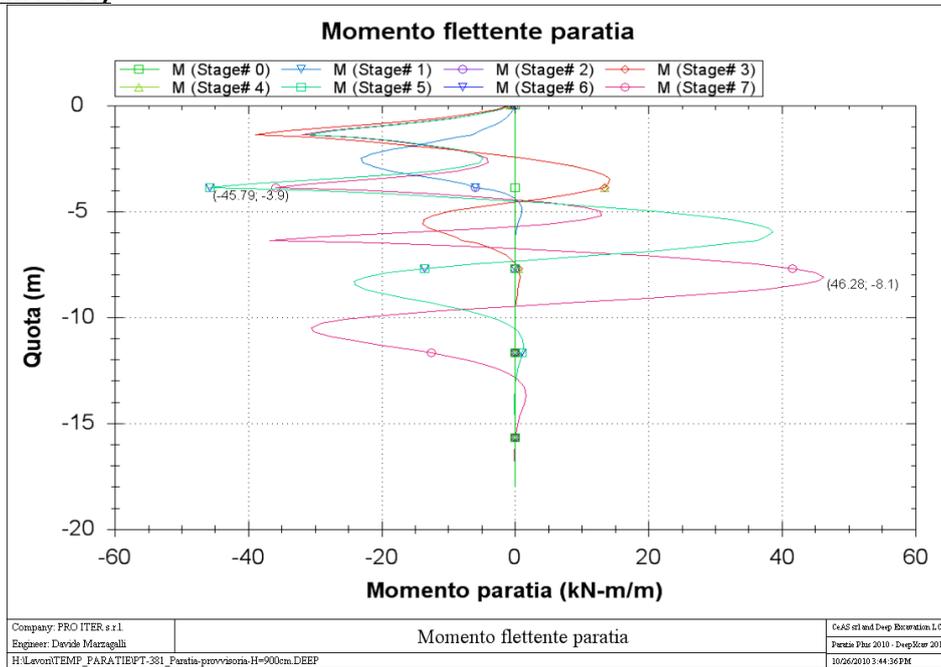
| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

10.5.4 RISULTATI DELLE ANALISI

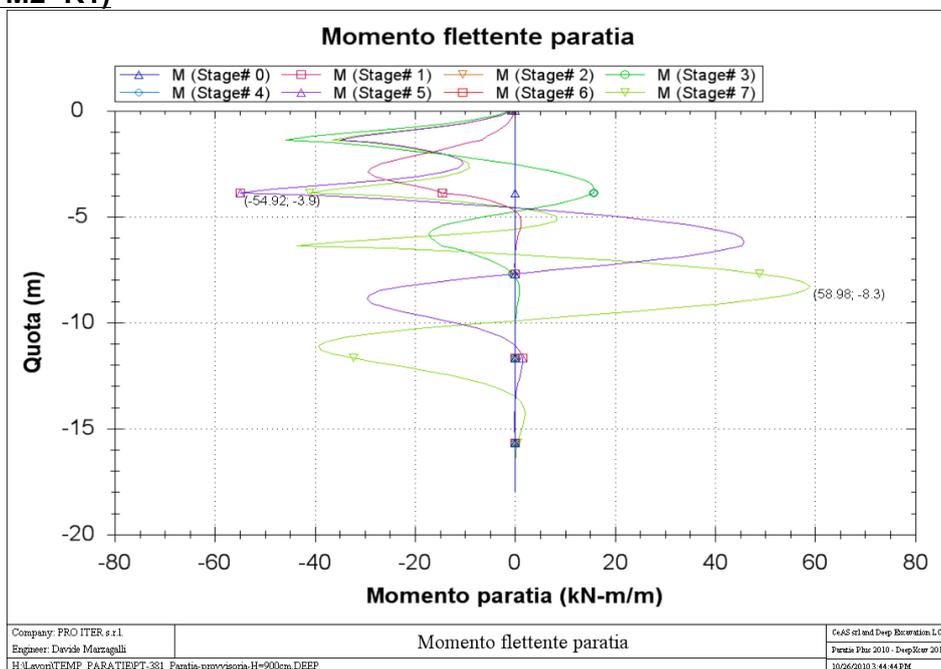
Di seguito vengono presentati i diagrammi dei momenti flettenti, dei tagli e delle azioni assiali nei contrasti per le due combinazioni di carico analizzate a Stato Limite Ultimo e le deformazioni a Stato Limite di Esercizio.

10.5.4.1 DIAGRAMMI DEL MOMENTO FLETTENTE

Comb1 (A1+M1+R1)

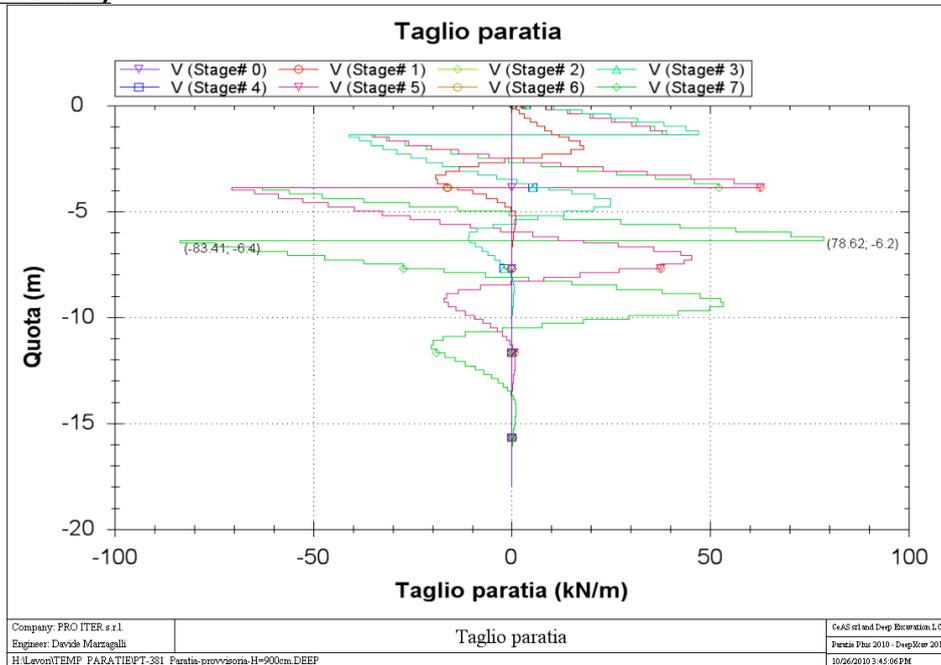


Comb2 (A2+M2+R1)

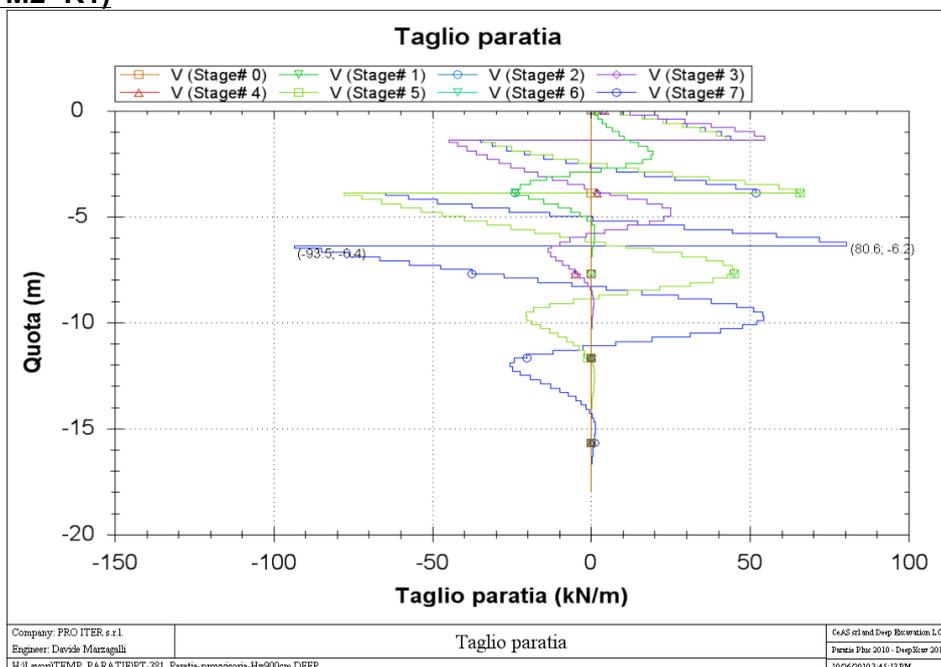


10.5.4.2 DIAGRAMMI DEL TAGLIO

Comb1 (A1+M1+R1)



Comb2 (A2+M2+R1)

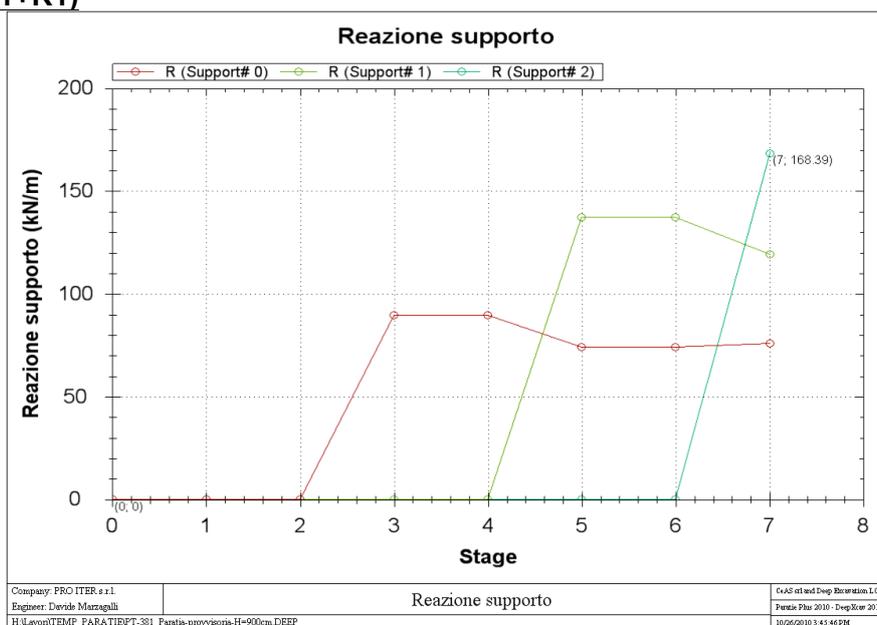


| | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------|-------------|----|------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | Codice documento CS0561_F0.doc | <table border="1"> <tr> <td>Rev</td> <td>Data</td> 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

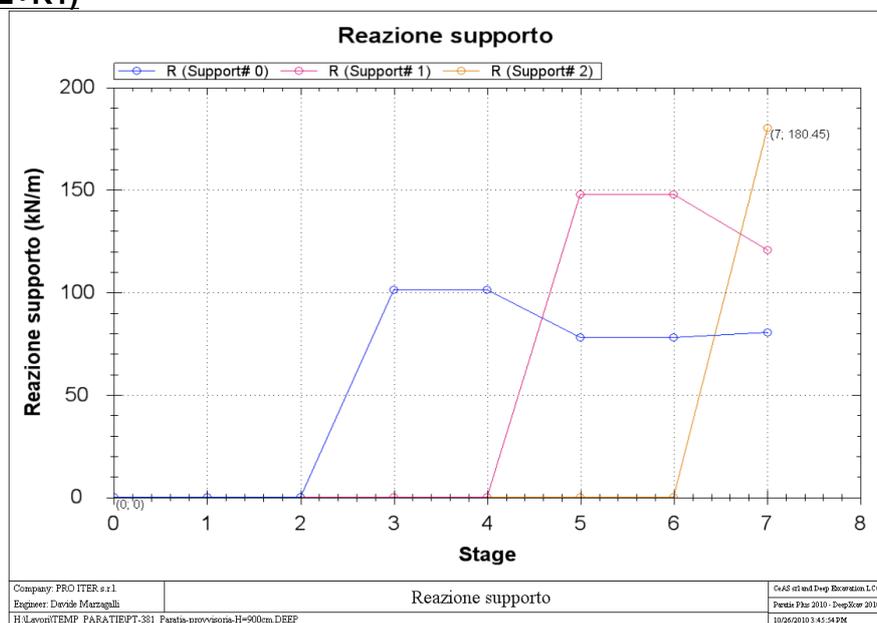
10.5.4.3 STORIA DI CARICO DEI CONTRASTI

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

Comb1 (A1+M1+R1)



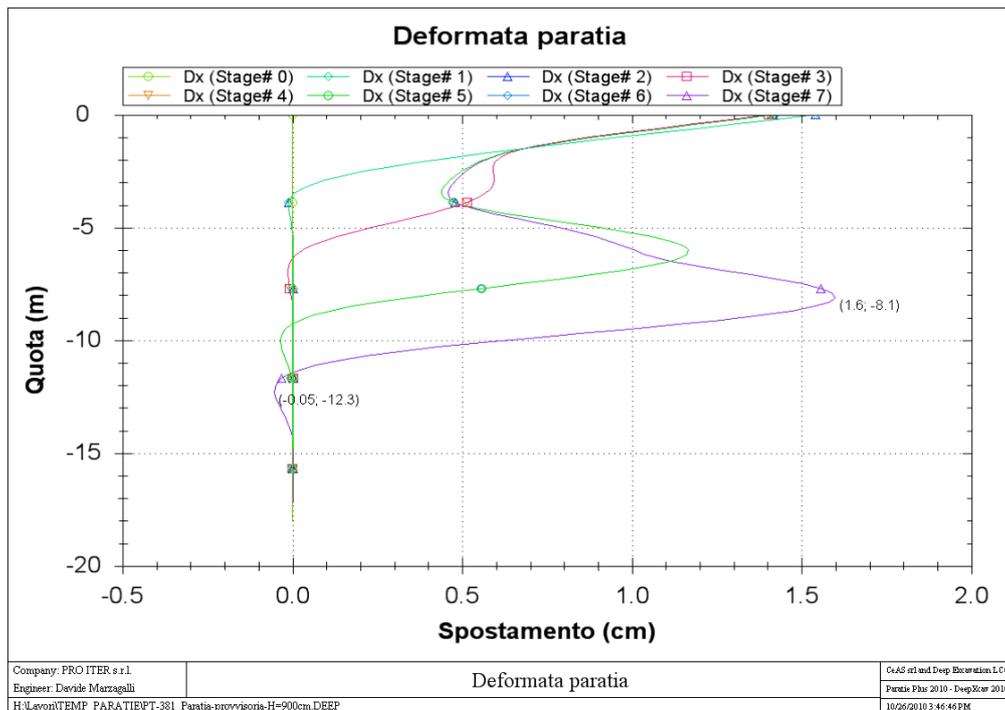
Comb2 (A2+M2+R1)



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

10.5.4.4 DIAGRAMMA DELLE DEFORMAZIONI

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



Il valore massimo di spostamento pari a circa 1.8 cm è ritenuto ammissibile per l'opera in progetto e per la tipologia di terreno presente in sito.

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

10.5.5 VERIFICHE DEI MICROPALI

Le verifiche vengono effettuate a Stato Limite Ultimo, confrontando le sollecitazioni massime fornite dal programma nello step più sfavorevole con il dominio di progetto dei pali.

Nella seguente tabella si riportano le sollecitazioni massime per metro fuori piano e le sollecitazioni di progetto in ciascun micropalo ($i = 0.30$ m).

| Combinazione | M_{Ed} [kNm/m] | V_{Ed} [kN/m] | $M_{Ed-palo}$ [kNm] | $V_{Ed-palo}$ [kN] |
|---------------|---------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|
| Comb 1 | 46.28 | 83.41 | 13.88 | 25.02 |
| Comb 2 | 58.98 | 93.50 | 17.69 | 28.05 |

Con riferimento al paragrafo 4.2.4 delle N.T.C.2008, la resistenza di calcolo a flessione retta e a taglio (affidata, a favore di sicurezza) al solo profilato metallico, si calcola mediante le seguenti relazioni:

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

Considerando le caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione tubolare di acciaio del micropalo (costituita da un profilo cavo circolare commerciale tipo PM127x8 di acciaio S355), si ottiene:

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{113000 \cdot 355}{1.05} \cdot 10^{-6} = 38.20 \text{ kNm}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1904 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1.05} \cdot 10^{-3} = 371.66 \text{ kN}$$

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

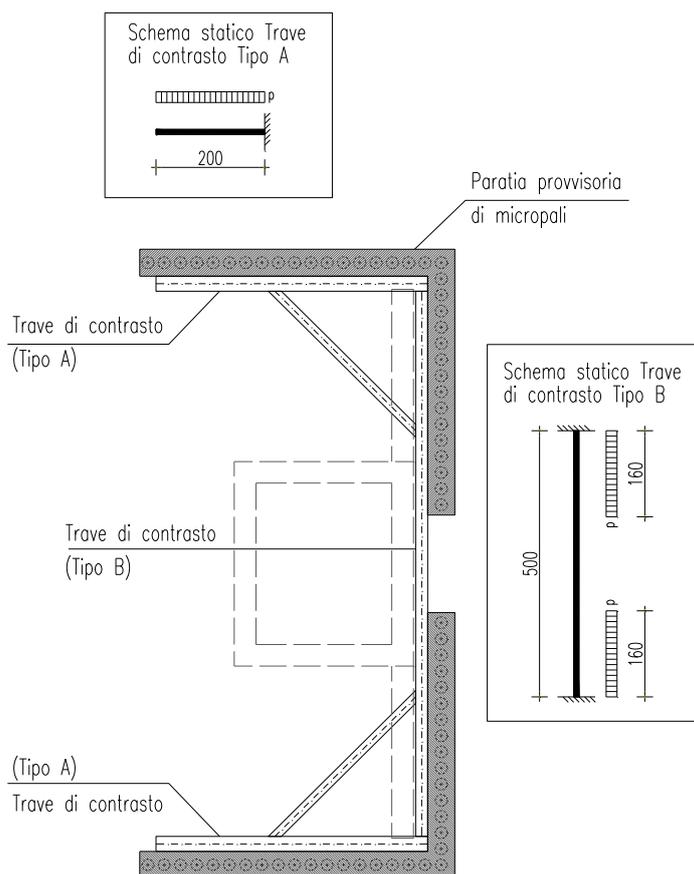
| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

10.5.6 VERIFICHE DEI CONTRASTI

Nella seguente tabella sono riportati i valori massimi dell'azione agente nei contrasti nelle diverse combinazioni (indicata nelle verifiche con T_{Ed}):

| Ordine [-] | SLE [kN/m] | Comb1 [kN/m] | Comb2 [kN/m] |
|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| I | 56.41 | 90.60 | 128.86 |
| II | 75.76 | 119.18 | 168.39 |
| III | 80.61 | 120.75 | 180.45 |

In questa fase si procede al dimensionamento dei contrasti maggiormente sollecitati (III° Ordine), rimandando eventuali affinamenti alla fase di P.E.; nella figura seguente si evidenziano la disposizione, la tipologia e lo schema statico adottato per il calcolo dei contrasti.



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

In base a quanto riportato nella figura precedente, si procede al dimensionamento delle travi di contrasto, utilizzando una forza “p” pari a 180.45 kN/m (valore a Stato Limite Ultimo).

Per la trave Tipo A si utilizza un profilo metallico commerciale tipo HEB320 (acciaio S275), mentre per la trave Tipo B un profilo HEB260 (acciaio S275).

Verifiche trave Tipo A

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

$$M_{Sdu} = \frac{p \cdot L^2}{2} = \frac{180.45 \cdot 2^2}{2} = 361 \text{ kNm}$$

$$V_{Sdu} = p \cdot L = 180.45 \cdot 2 = 361 \text{ kN}$$

Considerando le caratteristiche meccaniche del profilo HEB320 ($W=1926\text{cm}^3$, $A_T=36.8\text{cm}^2$), si ottiene:

$$\sigma_s = \frac{M_{Sdu}}{W} = \frac{361 \cdot 10^6}{1926 \cdot 10^3} = 187.38 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_s = \frac{V_{Sdu}}{A_T} = \frac{361 \cdot 10^3}{36.80 \cdot 10^2} = 98.07 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_s^2 + 3 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{187.38^2 + 3 \cdot 98.07^2} = 252.92 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} = 261.90 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

Verifiche trave Tipo B

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

$$M_{Sdu} = \frac{p \cdot a}{L} \cdot \left[a \cdot L - a \cdot \left(\frac{L}{2} + \frac{a}{3} \right) \right] = \frac{180.45 \cdot 1.6}{5} \cdot \left[1.6 \cdot 5 - 1.6 \cdot \left(\frac{5}{2} + \frac{1.6}{3} \right) \right] = 182 \text{ kNm}$$

$$V_{Sdu} = p \cdot a = 180.45 \cdot 1.6 = 289 \text{ kN}$$

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

$$\sigma_s = \frac{M_{Sdu}}{W} = \frac{182 \cdot 10^6}{1148 \cdot 10^3} = 158.28 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_s = \frac{V_{Sdu}}{A_T} = \frac{289 \cdot 10^3}{26.00 \cdot 10^2} = 111.05 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_s^2 + 3 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{158.28^2 + 3 \cdot 111.05^2} = 249.09 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} = 261.90 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

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

11 TABULATI INPUT PARATIE

11.1 PARATIA DA 4.50m

**

* PARATIE ANALYSIS FOR DESIGN SECTION:Base model

*1: Define General Calculation Settings

delta 0.2

unit m kN

option param itemax 40

*2. ADD GENERAL WALLS & DIMENSIONS

wall Leftwall 0 -15 0

*3.1 DEFINE SURFACE FOR LEFT WALL

soil 0_L Leftwall -15 0 1 0

soil 0_R Leftwall -15 0 2 180

*4: DEFINE SOIL LAYER ELEVATIONS & STRENGTHS

* BORING Boring 1

*DATA FOR LAYER: 1, SOIL TYPE= 8, Strato A

Ldata L1 0

weight 20 10 10

Resistance 0 38 0.238 4.204

atrest 0.384338524674342 1 1

Young 50000 150000

permeabil 0.0001

Endl

*DATA FOR LAYER: 2, SOIL TYPE= 9, Strato B

Ldata L2 -2.5

weight 21 11 10

Resistance 0 38 0.238 4.204

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

atrest 0.384338524674342 1 1
Young 41000 123000
permeabil 0.0001
Endl

***5.1: DEFINE STRUCTURAL MATERIALS**

***START GENERAL MATERIALS**

*** GENERAL CONCRETE MATERIALS - CONVERTED TO CONSISTENT UNITS WITH FORCE/LENGTH^2**

***Concrete material: 0 Name= C25/30, E= 28960MPa**

material CONC_0_C 28960000

*** GENERAL STEEL MEMBER MATERIALS - CONVERTED TO CONSISTENT UNITS WITH FORCE/LENGTH^2**

***Steel material: 0 Name= S355, E= 210000MPa**

material STEEL_0_ 210000000

*** GENERAL REBAR MATERIALS - CONVERTED TO CONSISTENT UNITS WITH FORCE/LENGTH^2, USED FOR ANCHORS**

***Rebar material: 0 Name= Grade 60, E= 200100MPa**

material REB_0_Gr 200100000

***Rebar material: 1 Name= Grade 75, E= 200100MPa**

material REB_1_Gr 200100000

***Rebar material: 2 Name= Grade 80, E= 200100MPa**

material REB_2_Gr 200100000

***Rebar material: 3 Name= Grade 150, E= 200100MPa**

material REB_3_Gr 200100000

***Rebar material: 4 Name= Strands 270 ksi, E= 200100MPa**

material REB_4_St 200100000

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

* USER DEFINED MATERIALS - CONVERTED TO CONSISTENT UNITS WITH FORCE/LENGTH², USED FOR ANCHORS

*User material: 0 Name= User mat 0, E= 1MPa
material USER_0_U 1000

* END GENERAL MATERIALS

* 5.2 Define a very stiff material for rigid supports
mate stiffMAT 100000000000

* 6.1 LEFT WALL STRUCTURAL PROPERTIES

*Calculate equivalent Secant Pile Ixx, * with Steel Pipe, use pipe Ixx and concrete effective at: 25%

* Ewall= 210000 MPa, Stiffness Ixx= 557.491 cm⁴

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

* Iequivalent= 210000 MPa x 557.491 cm⁴ x 1E-08/ (210000 x 1 x 0.3)= 2E-05 (m⁴/m)

*Now calculate Equivalent Wall Thickness from Ixx/Length

* Wall thick= (12 x Ixx/L)^(1/3) = (12 x 2E-05)^(1/3) = 0.06064 (m)

BEAM Leftwall_BEAM Leftwall -15 0 STEEL_0_ 0.060641 00 00

* GENERATE BEAMS FROM ADDITIONAL WALL ELEMENTS

*7.1: GENERATE SUPPORTS FOR LEFT WALL

WIRE SPL_0 Leftwall -1.5 stiffMAT 100000 0 0 0 0

WIRE SPL_1 Leftwall -3.5 stiffMAT 100000 0 0 0 0

WIRE SPL_2 Leftwall -5.5 stiffMAT 100000 0 0 0 0

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

*

* END OF NODE ADDITION

* Simplified paratie surcharge modeling assumed by user.

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

* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1

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

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

- * Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- * 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 2
- * Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- * 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 3
- * Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- * 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 4
- * Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- * 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 5
- * Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- * 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 6
- * Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- * 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 7
- * Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- * 9.1.1: STRIP SURCHARGE LOADS FOR LEFT WALL
- * WARNING: STRIP LOADS MAY BE APPROXIMATE, HORIZONTAL COMPONENTS, FOOTINGS, SURFACE LINE LOADS AND BUILDING LOADS ARE IGNORED
- * Stage: 0, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
- * 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
- * Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
- ***** END determination of load factors for strip surcharge load 0

- * Stage: 1, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
- * 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
- * Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
- ***** END determination of load factors for strip surcharge load 0

- * Stage: 2, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
- * 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
- * Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
- ***** END determination of load factors for strip surcharge load 0

- * Stage: 3, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
- * 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10

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

* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1

***** END determination of load factors for strip surcharge load 0

* Stage: 4, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10

* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10

* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1

***** END determination of load factors for strip surcharge load 0

* Stage: 5, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10

* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10

* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1

***** END determination of load factors for strip surcharge load 0

* Stage: 6, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10

* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10

* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1

***** END determination of load factors for strip surcharge load 0

* Stage: 7, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10

* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10

* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1

***** END determination of load factors for strip surcharge load 0

* Strip surcharge not active on stage 0

STRIP Leftwall 2 2 0 5 0 10 45

STRIP Leftwall 3 3 0 5 0 10 45

STRIP Leftwall 4 4 0 5 0 10 45

STRIP Leftwall 5 5 0 5 0 10 45

STRIP Leftwall 6 6 0 5 0 10 45

STRIP Leftwall 7 7 0 5 0 10 45

STRIP Leftwall 8 8 0 5 0 10 45

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

* 10: GENERATE ALL STEP/STAGES

*START DATA FOR STAGE: 0 Name: 0_Geostatica

step 0 : 0_Geostatica

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

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

* LAYER 1 Stage 0

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

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

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

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

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

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

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

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

* END LAYER 1 Stage : 0

* LAYER 2 Stage 0

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

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

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

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

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

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

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

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

* END LAYER 2 Stage : 0

* If Section 10.b is not specified then parameters are same as in previous stage.

*END 10.a

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

*10.1 Generate left wall water elevations for stage 0

geom 0 0

water -20 0 -2520 0 0

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

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

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

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

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

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

* END DATA FOR LEFT WALL

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

*END DATA FOR STAGE 0 NAME: 0_Geostatica

*START DATA FOR STAGE: 1 Name: 1_Scavo

step 1 : 1_Scavo

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

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

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

* LAYER 1 Stage 1

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

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

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

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

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

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

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

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

* END LAYER 1 Stage : 1

* LAYER 2 Stage 1

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

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

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

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

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

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

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

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

* END LAYER 2 Stage : 1

* If Section 10.b is not specified then parameters are same as in previous stage.

*END 10.a

*10.1 Generate left wall water elevations for stage 1

geom 0 -2

water -20 0 -2520 0 0

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

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

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

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

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

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

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

* END DATA FOR LEFT WALL

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

*END DATA FOR STAGE 1 NAME: 1_Scavo

*START DATA FOR STAGE: 2 Name: 2_Puntello

step 2 : 2_Puntello

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

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

* LAYER 1 Stage 2

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

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

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

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

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

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

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

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

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

* END LAYER 1 Stage : 2

* LAYER 2 Stage 2

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

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

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

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

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

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

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

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

* END LAYER 2 Stage : 2

* If Section 10.b is not specified then parameters are same as in previous stage.

*END 10.a

*10.1 Generate left wall water elevations for stage 2

geom 0 -2

water -20 0 -2520 0 0

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

ADD SPL_0

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

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

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

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

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

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

* END DATA FOR LEFT WALL

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

*END DATA FOR STAGE 2 NAME: 2_Puntello

*START DATA FOR STAGE: 3 Name: 3_scavo

step 3 : 3_scavo

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

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

* LAYER 1 Stage 3

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

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

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

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

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

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

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

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

*10.1 Generate left wall water elevations for stage 3

geom 0 -4

water -20 0 -2520 0 0

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

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

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

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

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

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

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

* END DATA FOR LEFT WALL

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

*END DATA FOR STAGE 3 NAME: 3_scavo

*START DATA FOR STAGE: 4 Name: 4_Puntello

step 4 : 4_Puntello

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

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

* LAYER 1 Stage 4

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

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

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

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

* KpDH = 4.204 x 4.204 /4.204 = 4.204

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

* KaDH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238

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

* KpUH = 4.204 x 4.204 /4.204 = 4.204

*10.1 Generate left wall water elevations for stage 4

geom 0 -4

water -20 0 -2520 0 0

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

ADD SPL_1

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

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

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

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

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

* END DATA FOR LEFT WALL

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

*END DATA FOR STAGE 4 NAME: 4_Puntello

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

*START DATA FOR STAGE: 5 Name: 5_Scavo

step 5 : 5_Scavo

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

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

* LAYER 1 Stage 5

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

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

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

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

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

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

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

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

*10.1 Generate left wall water elevations for stage 5

geom 0 -6

water -20 0 -2520 0 0

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

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

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

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

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

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

* END DATA FOR LEFT WALL

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

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

*END DATA FOR STAGE 5 NAME: 5_Scavo

*START DATA FOR STAGE: 6 Name: 6_Puntello

step 6 : 6_Puntello

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

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

* LAYER 1 Stage 6

* KaUH= KaHBase 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 6

geom 0 -6

water -20 0 -2520 0 0

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

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

ADD SPL_2

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

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

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

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

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

* END DATA FOR LEFT WALL

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

*END DATA FOR STAGE 6 NAME: 6_Puntello

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

step 7 : 7_Fondo-scavo

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

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

* LAYER 1 Stage 7

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

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

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

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

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

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

* KaDH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238

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

* KpUH = 4.204 x 4.204 /4.204 = 4.204

*10.1 Generate left wall water elevations for stage 7

geom 0 -7.5

water -20 0 -2520 0 0

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

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

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

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

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

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

* END DATA FOR LEFT WALL

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

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

set country english

*

*

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

11.2 PARATIA DA 9.00m

**

* PARATIE ANALYSIS FOR DESIGN SECTION:Base model

*1: Define General Calculation Settings

delta 0.2

unit m kN

option param itemax 40

*2. ADD GENERAL WALLS & DIMESIONS

wall Leftwall 0 -15 0

*3.1 DEFINE SURFACE FOR LEFT WALL

soil 0_L Leftwall -15 0 1 0

soil 0_R Leftwall -15 0 2 180

*4: DEFINE SOIL LAYER ELEVATIONS & STRENGTHS

* BORING Boring 1

*DATA FOR LAYER: 1, SOIL TYPE= 8, Strato A

Ldata L1 0

weight 20 10 10

Resistance 0 38 0.238 4.204

atrest 0.384338524674342 1 1

Young 50000 150000

permeabil 0.0001

Endl

*DATA FOR LAYER: 2, SOIL TYPE= 9, Strato B

Ldata L2 -2.5

weight 21 11 10

Resistance 0 38 0.238 4.204

atrest 0.384338524674342 1 1

Young 41000 123000

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

permeabil 0.0001

Endl

*5.1: DEFINE STRUCTURAL MATERIALS

*START GENERAL MATERIALS

* GENERAL CONCRETE MATERIALS - CONVERTED TO CONSISTENT UNITS WITH FORCE/LENGTH^2

*Concrete material: 0 Name= C25/30, E= 28960MPa

material CONC_0_C 28960000

* GENERAL STEEL MEMBER MATERIALS - CONVERTED TO CONSISTENT UNITS WITH FORCE/LENGTH^2

*Steel material: 0 Name= S355, E= 210000MPa

material STEEL_0_ 210000000

* GENERAL REBAR MATERIALS - CONVERTED TO CONSISTENT UNITS WITH FORCE/LENGTH^2, USED FOR ANCHORS

*Rebar material: 0 Name= Grade 60, E= 200100MPa

material REB_0_Gr 200100000

*Rebar material: 1 Name= Grade 75, E= 200100MPa

material REB_1_Gr 200100000

*Rebar material: 2 Name= Grade 80, E= 200100MPa

material REB_2_Gr 200100000

*Rebar material: 3 Name= Grade 150, E= 200100MPa

material REB_3_Gr 200100000

*Rebar material: 4 Name= Strands 270 ksi, E= 200100MPa

material REB_4_St 200100000

* USER DEFINED MATERIALS - CONVERTED TO CONSISTENT UNITS WITH FORCE/LENGTH^2, USED FOR ANCHORS

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

*User material: 0 Name= User mat 0, E= 1MPa
material USER_0_U 1000

* END GENERAL MATERIALS

* 5.2 Define a very stiff material for rigid supports
mate stiffMAT 100000000000

* 6.1 LEFT WALL STRUCTURAL PROPERTIES

*Calculate equivalent Secant Pile Ixx, * with Steel Pipe, use pipe Ixx and concrete effective at: 25%

* Ewall= 210000 MPa, Stiffness Ixx= 557.491 cm4

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

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

*Now calculate Equivalent Wall Thickness from Ixx/Length

* Wall thick= (12 x Ixx/L)^(1/3) = (12 x 2E-05)^(1/3) = 0.06064 (m)

BEAM Leftwall_BEAM Leftwall -15 0 STEEL_0_ 0.060641 00 00

* GENERATE BEAMS FROM ADDITIONAL WALL ELEMENTS

*7.1: GENERATE SUPPORTS FOR LEFT WALL

WIRE SPL_0 Leftwall -1.5 stiffMAT 100000 0 0 0 0

WIRE SPL_1 Leftwall -3.5 stiffMAT 100000 0 0 0 0

WIRE SPL_2 Leftwall -5.5 stiffMAT 100000 0 0 0 0

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

*

* END OF NODE ADDITION

* Simplified paratie surcharge modeling assumed by user.

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

* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1

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

* Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1

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

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

- * Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- * 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 3
- * Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- * 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 4
- * Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- * 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 5
- * Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- * 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 6
- * Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- * 9.A 1st wall compute external wall surcharges. Stage 7
- * Elasticity load factor that accounts for possible rigidity effects mElastic= 1
- * 9.1.1: STRIP SURCHARGE LOADS FOR LEFT WALL
- * WARNING: STRIP LOADS MAY BE APPROXIMATE, HORIZONTAL COMPONENTS, FOOTINGS, SURFACE LINE LOADS AND BUILDING LOADS ARE IGNORED
- * Stage: 0, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
- * 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
- * Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
- ***** END determination of load factors for strip surcharge load 0

- * Stage: 1, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
- * 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
- * Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
- ***** END determination of load factors for strip surcharge load 0

- * Stage: 2, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
- * 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
- * Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
- ***** END determination of load factors for strip surcharge load 0

- * Stage: 3, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
- * 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
- * Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
- ***** END determination of load factors for strip surcharge load 0

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

* Stage: 4, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
***** END determination of load factors for strip surcharge load 0

* Stage: 5, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
***** END determination of load factors for strip surcharge load 0

* Stage: 6, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
***** END determination of load factors for strip surcharge load 0

* Stage: 7, examine surcharge load 0 1st point at Elev. 0, x= -5, qx = 0, qz= 10
* 2nd point at Elev. 0, x= 0, qx = 0, qz= 10
* Auto Procedure: Excavation on the right, load is on left side. Load is treated as unfavorable variable load LF=1
***** END determination of load factors for strip surcharge load 0

* Strip surcharge not active on stage 0

- STRIP Leftwall 2 2 0 5 0 10 45
- STRIP Leftwall 3 3 0 5 0 10 45
- STRIP Leftwall 4 4 0 5 0 10 45
- STRIP Leftwall 5 5 0 5 0 10 45
- STRIP Leftwall 6 6 0 5 0 10 45
- STRIP Leftwall 7 7 0 5 0 10 45
- STRIP Leftwall 8 8 0 5 0 10 45

* 10: GENERATE ALL STEP/STAGES

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

*START DATA FOR STAGE: 0 Name: 0_Geostatica

step 0 : 0_Geostatica

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

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

* LAYER 1 Stage 0

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

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

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

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

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

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

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

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

* END LAYER 1 Stage : 0

* LAYER 2 Stage 0

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

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

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

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

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

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

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

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

* END LAYER 2 Stage : 0

* If Section 10.b is not specified then parameters are same as in previous stage.

*END 10.a

*10.1 Generate left wall water elevations for stage 0

geom 0 0

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

* END LAYER 1 Stage : 1

* LAYER 2 Stage 1

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

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

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

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

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

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

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

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

* END LAYER 2 Stage : 1

* If Section 10.b is not specified then parameters are same as in previous stage.

*END 10.a

*10.1 Generate left wall water elevations for stage 1

geom 0 -2

water -20 0 -2520 0 0

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

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

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

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

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

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

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

* END DATA FOR LEFT WALL

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

*END DATA FOR STAGE 1 NAME: 1_Scavo

*START DATA FOR STAGE: 2 Name: 2_Puntello

step 2 : 2_Puntello

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

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

* LAYER 1 Stage 2

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

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

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

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

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

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

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

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

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

* END LAYER 1 Stage : 2

* LAYER 2 Stage 2

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

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

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

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

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

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

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

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

* END LAYER 2 Stage : 2

* If Section 10.b is not specified then parameters are same as in previous stage.

*END 10.a

*10.1 Generate left wall water elevations for stage 2

geom 0 -2

water -20 0 -2520 0 0

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

ADD SPL_0

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

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

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

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

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

* END DATA FOR LEFT WALL

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

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

*END DATA FOR STAGE 2 NAME: 2_Puntello

*START DATA FOR STAGE: 3 Name: 3_scavo

step 3 : 3_scavo

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

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

* LAYER 1 Stage 3

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

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

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

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

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

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

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

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

*10.1 Generate left wall water elevations for stage 3

geom 0 -4

water -20 0 -2520 0 0

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

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

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

*13.3: ADD WALL SURCHARGES THAT ARE DIRECTLY ON THE LEFT WALL
*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL
* END DATA FOR LEFT WALL

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL
* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

*END DATA FOR STAGE 3 NAME: 3_scavo

*START DATA FOR STAGE: 4 Name: 4_Puntello

step 4 : 4_Puntello

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

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

* LAYER 1 Stage 4

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

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

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

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

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

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

* KaDH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238

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

* KpUH = 4.204 x 4.204 /4.204 = 4.204

*10.1 Generate left wall water elevations for stage 4

geom 0 -4

water -20 0 -2520 0 0

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

ADD SPL_1

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

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

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

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

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

* END DATA FOR LEFT WALL

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

*END DATA FOR STAGE 4 NAME: 4_Puntello

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

*START DATA FOR STAGE: 5 Name: 5_Scavo

step 5 : 5_Scavo

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

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

* LAYER 1 Stage 5

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

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

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

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

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

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

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

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

*10.1 Generate left wall water elevations for stage 5

geom 0 -6

water -20 0 -2520 0 0

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

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

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

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

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

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

* END DATA FOR LEFT WALL

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

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

*END DATA FOR STAGE 5 NAME: 5_Scavo

*START DATA FOR STAGE: 6 Name: 6_Puntello

step 6 : 6_Puntello

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

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

* LAYER 1 Stage 6

* KaUH= KaHBase 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 6

geom 0 -6

water -20 0 -2520 0 0

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

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

ADD SPL_2

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

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

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

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

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

* END DATA FOR LEFT WALL

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

*END DATA FOR STAGE 6 NAME: 6_Puntello

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

step 7 : 7_Fondo-scavo

* DATA FOR LEFT WALL

setwall Leftwall

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

* LAYER 1 Stage 7

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

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

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

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

* KpDH = 4.204 x 4.204 /4.204 = 4.204

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

* KaDH = 0.238 x 0.238/0.238 = 0.238

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

* KpUH = 4.204 x 4.204 /4.204 = 4.204

*10.1 Generate left wall water elevations for stage 7

geom 0 -7.5

water -20 0 -2520 0 0

*11: ADD LEFT WALL SUPPORTS

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

*13.2.1: ADD LEFT WALL SURCHARGES CALCULATED FROM PARATIE ENGINE

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

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

*13.3: END ADDING WALL SURCHARGES ON LEFT WALL

* END DATA FOR LEFT WALL

*19.1 EXAMINE IF SUPPORTS ARE REMOVED FOR LEFT WALL

* 19: END SUPPORT REMOVAL

*20: ADD LATERAL LINE LOADS PLACED DIRECTLY ON WALL

ENDSTEP

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

set country english

*

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

12 TABULATI SLIDE

12.1 MURO DI SOSTEGNO - FASE STATICA

12.1.1 INPUT

Document Name

File Name: pk2+104_ASSE C muro stat.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

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

173867.202 525371.069
173867.202 525349.434
173837.202 525349.434
173837.202 525289.434
174107.202 525289.434
174107.202 525298.730
174107.202 525349.434
173917.202 525349.434
173917.202 525639.434

Material Boundary

174096.956 525297.436
174107.202 525298.730
176211.848 525564.428

External Boundary

176211.848 526154.722
175685.855 526142.365
175285.577 526132.961
175135.473 526129.434
175135.473 526139.434
174985.369 526139.434
174109.764 525639.434
173917.202 525639.434
173917.202 525649.434
173867.202 525649.434
173867.202 525371.069
173427.723 525371.069
173398.915 525387.142
172337.787 525299.021
172337.787 524537.131
176211.848 524537.131
176211.848 525564.428

Focus/Block Search Line

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|------------|-------------|----|------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table> | <i>Rev</i> | <i>Data</i> | F0 | 20/06/2011 |
| <i>Rev</i> | <i>Data</i> | | | | | | |
| F0 | 20/06/2011 | | | | | | |

174103.810 524538.265
174103.810 525290.891

Search Grid

172780.403 525533.118
174117.842 525533.118
174117.842 526818.937
172780.403 526818.937

Distributed Load

176211.848 526154.722
175685.855 526142.365
175285.577 526132.961
175139.727 526129.534

12.1.2 OUTPUT

Raw Data for Minimum Circle Results

| Center_x | Center_y | Radius | Factor_of_Safety |
|------------|------------|----------|------------------|
| 172780.403 | 525533.118 | 1345.392 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 525597.409 | 1358.440 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 525661.700 | 1374.374 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 525725.991 | 1393.096 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 525790.282 | 1414.495 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 525854.573 | 1438.451 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 525918.864 | 1464.839 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 525983.155 | 1493.531 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526047.446 | 1524.395 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526111.737 | 1557.303 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526176.027 | 1592.128 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526240.318 | 1628.747 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526304.609 | 1667.042 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526368.900 | 1706.900 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526433.191 | 1748.215 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526497.482 | 1790.884 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526561.773 | 1834.815 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526626.064 | 1879.918 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526690.355 | 1926.111 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526754.646 | 1973.318 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526818.937 | 2021.467 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 525533.118 | 1279.669 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 525597.409 | 1293.380 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 525661.700 | 1310.106 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 525725.991 | 1329.733 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 525790.282 | 1352.135 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 525854.573 | 1377.177 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 525918.864 | 1404.717 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 525983.155 | 1434.611 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526047.446 | 1466.715 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526111.737 | 1500.888 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526176.027 | 1536.992 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526240.318 | 1574.894 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526304.609 | 1614.467 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526368.900 | 1655.591 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526433.191 | 1698.154 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526497.482 | 1742.051 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526561.773 | 1787.182 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526626.064 | 1833.457 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526690.355 | 1880.792 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526754.646 | 1929.108 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526818.937 | 1978.333 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 525533.118 | 1214.072 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 525597.409 | 1228.515 | -1000.00000 |

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0561_F0.doc

Rev Data
F0 20/06/2011

| | | | |
|------------|------------|----------|-------------|
| 172914.147 | 525661.700 | 1246.112 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 525725.991 | 1266.732 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 525790.282 | 1290.228 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 525854.573 | 1316.447 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 525918.864 | 1345.231 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 525983.155 | 1376.418 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526047.446 | 1409.848 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526111.737 | 1445.366 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526176.027 | 1482.823 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526240.318 | 1522.074 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526304.609 | 1562.985 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526368.900 | 1605.428 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526433.191 | 1649.287 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526497.482 | 1694.449 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526561.773 | 1740.815 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526626.064 | 1788.291 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526690.355 | 1836.790 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526754.646 | 1886.233 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526818.937 | 1936.549 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 525533.118 | 1148.622 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 525597.409 | 1163.878 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 525661.700 | 1182.437 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 525725.991 | 1204.147 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 525790.282 | 1228.841 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 525854.573 | 1256.342 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 525918.864 | 1286.471 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 525983.155 | 1319.048 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526047.446 | 1353.896 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526111.737 | 1390.844 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526176.027 | 1429.729 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526240.318 | 1470.398 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526304.609 | 1512.707 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526368.900 | 1556.523 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526433.191 | 1601.720 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526497.482 | 1648.187 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526561.773 | 1695.818 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526626.064 | 1744.519 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526690.355 | 1794.201 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526754.646 | 1844.786 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526818.937 | 1896.202 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 525533.118 | 1083.346 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 525597.409 | 1099.508 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 525661.700 | 1119.135 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 525725.991 | 1142.049 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 525790.282 | 1168.056 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 525854.573 | 1196.955 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 525918.864 | 1228.541 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 525983.155 | 1262.614 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526047.446 | 1298.976 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526111.737 | 1337.442 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526176.027 | 1377.835 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526240.318 | 1419.992 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526304.609 | 1463.758 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526368.900 | 1508.996 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526433.191 | 1555.575 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526497.482 | 1603.380 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526561.773 | 1652.303 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526626.064 | 1702.249 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526690.355 | 1753.130 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526754.646 | 1804.866 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526818.937 | 1857.387 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 525533.118 | 1018.277 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 525597.409 | 1035.455 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 525661.700 | 1056.273 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 525725.991 | 1080.521 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 525790.282 | 1107.973 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 525854.573 | 1138.398 | -1000.00000 |

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0561_F0.doc

| Rev | Data |
|-----|------------|
| F0 | 20/06/2011 |

| | | | |
|------------|------------|----------|-------------|
| 173114.763 | 525918.864 | 1171.564 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 525983.155 | 1207.246 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526047.446 | 1245.226 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526111.737 | 1285.302 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526176.027 | 1327.283 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526240.318 | 1370.994 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526304.609 | 1416.276 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526368.900 | 1462.982 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526433.191 | 1510.981 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526497.482 | 1560.152 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526561.773 | 1610.389 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526626.064 | 1661.596 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526690.355 | 1713.684 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526754.646 | 1766.576 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526818.937 | 1820.202 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 525533.118 | 953.457 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 525597.409 | 971.782 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 525661.700 | 993.934 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 525725.991 | 1019.666 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 525790.282 | 1048.712 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 525854.573 | 1080.807 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 525918.864 | 1115.686 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 525983.155 | 1153.098 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526047.446 | 1192.804 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526111.737 | 1234.582 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526176.027 | 1278.230 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526240.318 | 1323.563 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526304.609 | 1370.413 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526368.900 | 1418.630 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526433.191 | 1468.079 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526497.482 | 1518.640 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526561.773 | 1570.206 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526626.064 | 1622.681 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526690.355 | 1675.979 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526754.646 | 1730.024 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526818.937 | 1784.749 | -1000.00000 |
| 173248.507 | 525533.118 | 888.941 | -112.00000 |
| 173248.507 | 525597.409 | 921.537 | 8.94733 |
| 173248.507 | 525661.700 | 945.567 | 8.19061 |
| 173248.507 | 525725.991 | 973.054 | 7.51077 |
| 173248.507 | 525790.282 | 1003.741 | 6.59267 |
| 173248.507 | 525854.573 | 1026.948 | 6.05057 |
| 173248.507 | 525918.864 | 1063.600 | 5.58692 |
| 173248.507 | 525983.155 | 1103.973 | 5.13129 |
| 173248.507 | 526047.446 | 1145.337 | 4.78504 |
| 173248.507 | 526111.737 | 1188.722 | 4.48507 |
| 173248.507 | 526176.027 | 1234.935 | 4.19958 |
| 173248.507 | 526240.318 | 1281.539 | 3.96605 |
| 173248.507 | 526304.609 | 1330.126 | 3.75820 |
| 173248.507 | 526368.900 | 1379.762 | 3.56272 |
| 173248.507 | 526433.191 | 1430.339 | 3.39428 |
| 173248.507 | 526497.482 | 1482.456 | 3.23868 |
| 173248.507 | 526561.773 | 1531.889 | 3.10468 |
| 173248.507 | 526626.064 | 1585.632 | 2.97236 |
| 173248.507 | 526690.355 | 1640.135 | 2.85690 |
| 173248.507 | 526754.646 | 1695.323 | -1000.00000 |
| 173248.507 | 526818.937 | 1751.133 | -1000.00000 |
| 173315.379 | 525533.118 | 866.137 | 8.98417 |
| 173315.379 | 525597.409 | 981.833 | 7.87359 |
| 173315.379 | 525661.700 | 1004.590 | 7.21453 |
| 173315.379 | 525725.991 | 913.533 | 6.58433 |
| 173315.379 | 525790.282 | 971.241 | 5.96952 |
| 173315.379 | 525854.573 | 969.206 | 5.46503 |
| 173315.379 | 525918.864 | 1007.955 | 4.96913 |
| 173315.379 | 525983.155 | 1049.215 | 4.60703 |
| 173315.379 | 526047.446 | 1092.702 | 4.29562 |
| 173315.379 | 526111.737 | 1138.161 | 4.00701 |

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0561_F0.doc

| Rev | Data |
|-----|------------|
| F0 | 20/06/2011 |

| | | | |
|------------|------------|----------|---------|
| 173315.379 | 526176.027 | 1185.365 | 3.77086 |
| 173315.379 | 526240.318 | 1234.113 | 3.56279 |
| 173315.379 | 526304.609 | 1284.230 | 3.36978 |
| 173315.379 | 526368.900 | 1335.562 | 3.20515 |
| 173315.379 | 526433.191 | 1387.974 | 3.05759 |
| 173315.379 | 526497.482 | 1441.348 | 2.91979 |
| 173315.379 | 526561.773 | 1495.581 | 2.79969 |
| 173315.379 | 526626.064 | 1550.584 | 2.69078 |
| 173315.379 | 526690.355 | 1606.276 | 2.58806 |
| 173315.379 | 526754.646 | 1662.589 | 2.49773 |
| 173315.379 | 526818.937 | 1719.461 | 2.41515 |
| 173382.251 | 525533.118 | 866.359 | 8.08153 |
| 173382.251 | 525597.409 | 1042.484 | 7.16681 |
| 173382.251 | 525661.700 | 1064.111 | 6.59240 |
| 173382.251 | 525725.991 | 842.591 | 5.91858 |
| 173382.251 | 525790.282 | 877.518 | 5.35330 |
| 173382.251 | 525854.573 | 915.633 | 4.81485 |
| 173382.251 | 525918.864 | 956.555 | 4.43065 |
| 173382.251 | 525983.155 | 999.938 | 4.10645 |
| 173382.251 | 526047.446 | 1045.477 | 3.80298 |
| 173382.251 | 526111.737 | 1092.902 | 3.56613 |
| 173382.251 | 526176.027 | 1141.978 | 3.35180 |
| 173382.251 | 526240.318 | 1192.501 | 3.17183 |
| 173382.251 | 526304.609 | 1244.296 | 3.01313 |
| 173382.251 | 526368.900 | 1297.209 | 2.86845 |
| 173382.251 | 526433.191 | 1351.109 | 2.74271 |
| 173382.251 | 526497.482 | 1405.884 | 2.63006 |
| 173382.251 | 526561.773 | 1461.434 | 2.52580 |
| 173382.251 | 526626.064 | 1517.674 | 2.43426 |
| 173382.251 | 526690.355 | 1574.530 | 2.35133 |
| 173382.251 | 526754.646 | 1631.939 | 2.27362 |
| 173382.251 | 526818.937 | 1689.843 | 2.20503 |
| 173449.123 | 525533.118 | 892.358 | 7.33151 |
| 173449.123 | 525597.409 | 875.321 | 6.64468 |
| 173449.123 | 525661.700 | 752.406 | 5.82831 |
| 173449.123 | 525725.991 | 786.083 | 5.24681 |
| 173449.123 | 525790.282 | 823.411 | 4.73681 |
| 173449.123 | 525854.573 | 863.917 | 4.25182 |
| 173449.123 | 525918.864 | 907.174 | 3.91400 |
| 173449.123 | 525983.155 | 952.808 | 3.60576 |
| 173449.123 | 526047.446 | 1000.495 | 3.36836 |
| 173449.123 | 526111.737 | 1049.953 | 3.15175 |
| 173449.123 | 526176.027 | 1100.946 | 2.97722 |
| 173449.123 | 526240.318 | 1153.268 | 2.81858 |
| 173449.123 | 526304.609 | 1206.747 | 2.68588 |
| 173449.123 | 526368.900 | 1261.237 | 2.56875 |
| 173449.123 | 526433.191 | 1316.611 | 2.46307 |
| 173449.123 | 526497.482 | 1372.762 | 2.37017 |
| 173449.123 | 526561.773 | 1429.600 | 2.28695 |
| 173449.123 | 526626.064 | 1487.045 | 2.21036 |
| 173449.123 | 526690.355 | 1545.029 | 2.14277 |
| 173449.123 | 526754.646 | 1603.494 | 2.08159 |
| 173449.123 | 526818.937 | 1662.389 | 2.02441 |
| 173515.994 | 525533.118 | 635.768 | 6.63657 |
| 173515.994 | 525597.409 | 662.933 | 5.90584 |
| 173515.994 | 525661.700 | 695.000 | 5.09181 |
| 173515.994 | 525725.991 | 731.326 | 4.59004 |
| 173515.994 | 525790.282 | 771.309 | 4.06597 |
| 173515.994 | 525854.573 | 814.410 | 3.71418 |
| 173515.994 | 525918.864 | 860.160 | 3.40229 |
| 173515.994 | 525983.155 | 908.160 | 3.16625 |
| 173515.994 | 526047.446 | 958.071 | 2.95651 |
| 173515.994 | 526111.737 | 1009.611 | 2.78894 |
| 173515.994 | 526176.027 | 1062.541 | 2.63739 |
| 173515.994 | 526240.318 | 1116.664 | 2.51339 |
| 173515.994 | 526304.609 | 1171.815 | 2.39930 |
| 173515.994 | 526368.900 | 1227.856 | 2.30495 |

| | | | |
|------------|------------|----------|---------|
| 173515.994 | 526433.191 | 1284.670 | 2.22156 |
| 173515.994 | 526497.482 | 1342.158 | 2.14676 |
| 173515.994 | 526561.773 | 1400.238 | 2.08048 |
| 173515.994 | 526626.064 | 1458.840 | 2.02107 |
| 173515.994 | 526690.355 | 1517.902 | 1.96657 |
| 173515.994 | 526754.646 | 1577.373 | 1.91824 |
| 173515.994 | 526818.937 | 1637.208 | 1.87496 |
| 173582.866 | 525533.118 | 574.505 | 5.74125 |
| 173582.866 | 525597.409 | 604.429 | 4.93025 |
| 173582.866 | 525661.700 | 639.438 | 4.39196 |
| 173582.866 | 525725.991 | 678.744 | 3.89370 |
| 173582.866 | 525790.282 | 721.646 | 3.52166 |
| 173582.866 | 525854.573 | 767.541 | 3.19458 |
| 173582.866 | 525918.864 | 815.923 | 2.94950 |
| 173582.866 | 525983.155 | 866.378 | 2.75969 |
| 173582.866 | 526047.446 | 918.562 | 2.59564 |
| 173582.866 | 526111.737 | 972.198 | 2.46255 |
| 173582.866 | 526176.027 | 1027.058 | 2.34455 |
| 173582.866 | 526240.318 | 1082.956 | 2.24696 |
| 173582.866 | 526304.609 | 1139.739 | 2.16225 |
| 173582.866 | 526368.900 | 1197.282 | 2.08400 |
| 173582.866 | 526433.191 | 1255.480 | 2.01894 |
| 173582.866 | 526497.482 | 1314.246 | 1.96079 |
| 173582.866 | 526561.773 | 1373.507 | 1.90970 |
| 173582.866 | 526626.064 | 1433.202 | 1.86400 |
| 173582.866 | 526690.355 | 1493.278 | 1.82245 |
| 173582.866 | 526754.646 | 1553.692 | 1.78610 |
| 173582.866 | 526818.937 | 1614.406 | 1.75795 |
| 173649.738 | 525533.118 | 514.640 | 4.87192 |
| 173649.738 | 525597.409 | 547.845 | 4.16812 |
| 173649.738 | 525661.700 | 586.242 | 3.66229 |
| 173649.738 | 525725.991 | 628.882 | 3.31967 |
| 173649.738 | 525790.282 | 674.960 | 2.99929 |
| 173649.738 | 525854.573 | 723.821 | 2.75266 |
| 173649.738 | 525918.864 | 774.939 | 2.57106 |
| 173649.738 | 525983.155 | 827.894 | 2.41306 |
| 173649.738 | 526047.446 | 882.358 | 2.29293 |
| 173649.738 | 526111.737 | 938.066 | 2.18967 |
| 173649.738 | 526176.027 | 994.810 | 2.10391 |
| 173649.738 | 526240.318 | 1052.422 | 2.02782 |
| 173649.738 | 526304.609 | 1110.768 | 1.96409 |
| 173649.738 | 526368.900 | 1169.737 | 1.90534 |
| 173649.738 | 526433.191 | 1229.240 | 1.85655 |
| 173649.738 | 526497.482 | 1289.202 | 1.81340 |
| 173649.738 | 526561.773 | 1349.563 | 1.77405 |
| 173649.738 | 526626.064 | 1410.272 | 1.73997 |
| 173649.738 | 526690.355 | 1471.285 | 1.71032 |
| 173649.738 | 526754.646 | 1532.566 | 1.68849 |
| 173649.738 | 526818.937 | 1594.084 | 1.67347 |
| 173716.610 | 525533.118 | 456.724 | 3.92251 |
| 173716.610 | 525597.409 | 493.838 | 3.46430 |
| 173716.610 | 525661.700 | 536.118 | 3.07882 |
| 173716.610 | 525725.991 | 582.439 | 2.78883 |
| 173716.610 | 525790.282 | 631.913 | 2.56016 |
| 173716.610 | 525854.573 | 683.857 | 2.38318 |
| 173716.610 | 525918.864 | 737.748 | 2.25034 |
| 173716.610 | 525983.155 | 793.191 | 2.13653 |
| 173716.610 | 526047.446 | 849.881 | 2.04858 |
| 173716.610 | 526111.737 | 907.585 | 1.97190 |
| 173716.610 | 526176.027 | 966.121 | 1.91042 |
| 173716.610 | 526240.318 | 1025.346 | 1.85627 |
| 173716.610 | 526304.609 | 1085.149 | 1.81033 |
| 173716.610 | 526368.900 | 1145.437 | 1.76797 |
| 173716.610 | 526433.191 | 1206.139 | 1.73258 |
| 173716.610 | 526497.482 | 1267.196 | 1.70121 |
| 173716.610 | 526561.773 | 1328.557 | 1.67189 |
| 173716.610 | 526626.064 | 1390.183 | 1.64846 |

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0561_F0.doc

| Rev | Data |
|-----|------------|
| F0 | 20/06/2011 |

| | | | |
|------------|------------|----------|---------|
| 173716.610 | 526690.355 | 1452.041 | 1.63256 |
| 173716.610 | 526754.646 | 1514.101 | 1.62298 |
| 173716.610 | 526818.937 | 1576.340 | 1.61843 |
| 173783.482 | 525533.118 | 401.601 | 3.15457 |
| 173783.482 | 525597.409 | 443.354 | 2.80501 |
| 173783.482 | 525661.700 | 490.009 | 2.54960 |
| 173783.482 | 525725.991 | 540.297 | 2.36067 |
| 173783.482 | 525790.282 | 593.296 | 2.21574 |
| 173783.482 | 525854.573 | 648.341 | 2.09102 |
| 173783.482 | 525918.864 | 704.953 | 2.00168 |
| 173783.482 | 525983.155 | 762.783 | 1.92601 |
| 173783.482 | 526047.446 | 821.574 | 1.86156 |
| 173783.482 | 526111.737 | 881.134 | 1.81110 |
| 173783.482 | 526176.027 | 941.316 | 1.76817 |
| 173783.482 | 526240.318 | 1002.009 | 1.73175 |
| 173783.482 | 526304.609 | 1063.125 | 1.69972 |
| 173783.482 | 526368.900 | 1124.595 | 1.67011 |
| 173783.482 | 526433.191 | 1186.364 | 1.64495 |
| 173783.482 | 526497.482 | 1248.387 | 1.62248 |
| 173783.482 | 526561.773 | 1310.630 | 1.60243 |
| 173783.482 | 526626.064 | 1373.061 | 1.59168 |
| 173783.482 | 526690.355 | 1435.656 | 1.58687 |
| 173783.482 | 526754.646 | 1498.395 | 1.58712 |
| 173783.482 | 526818.937 | 1561.260 | 1.59198 |
| 173850.354 | 525533.118 | 350.590 | 2.71967 |
| 173850.354 | 525597.409 | 397.734 | 2.44491 |
| 173850.354 | 525661.700 | 449.153 | 2.24890 |
| 173850.354 | 525725.991 | 503.539 | 2.10889 |
| 173850.354 | 525790.282 | 560.027 | 1.99812 |
| 173850.354 | 525854.573 | 618.042 | 1.91451 |
| 173850.354 | 525918.864 | 677.192 | 1.83998 |
| 173850.354 | 525983.155 | 737.203 | 1.78638 |
| 173850.354 | 526047.446 | 797.881 | 1.74150 |
| 173850.354 | 526111.737 | 859.085 | 1.70706 |
| 173850.354 | 526176.027 | 920.709 | 1.67616 |
| 173850.354 | 526240.318 | 982.676 | 1.65141 |
| 173850.354 | 526304.609 | 1044.923 | 1.62933 |
| 173850.354 | 526368.900 | 1107.404 | 1.60860 |
| 173850.354 | 526433.191 | 1170.081 | 1.59046 |
| 173850.354 | 526497.482 | 1232.924 | 1.57607 |
| 173850.354 | 526561.773 | 1295.909 | 1.56887 |
| 173850.354 | 526626.064 | 1359.017 | 1.56748 |
| 173850.354 | 526690.355 | 1422.230 | 1.57076 |
| 173850.354 | 526754.646 | 1485.536 | 1.57901 |
| 173850.354 | 526818.937 | 1548.923 | 1.58979 |
| 173917.226 | 525533.118 | 305.757 | 2.64049 |
| 173917.226 | 525597.409 | 358.840 | 2.37446 |
| 173917.226 | 525661.700 | 415.105 | 2.18946 |
| 173917.226 | 525725.991 | 473.418 | 2.05469 |
| 173917.226 | 525790.282 | 533.108 | 1.95718 |
| 173917.226 | 525854.573 | 593.759 | 1.87898 |
| 173917.226 | 525918.864 | 655.105 | 1.81757 |
| 173917.226 | 525983.155 | 716.967 | 1.76064 |
| 173917.226 | 526047.446 | 779.222 | 1.71973 |
| 173917.226 | 526111.737 | 841.784 | 1.68425 |
| 173917.226 | 526176.027 | 904.588 | 1.65444 |
| 173917.226 | 526240.318 | 967.587 | 1.62872 |
| 173917.226 | 526304.609 | 1030.746 | 1.60617 |
| 173917.226 | 526368.900 | 1094.037 | 1.58694 |
| 173917.226 | 526433.191 | 1157.438 | 1.57245 |
| 173917.226 | 526497.482 | 1220.932 | 1.56581 |
| 173917.226 | 526561.773 | 1284.505 | 1.56441 |
| 173917.226 | 526626.064 | 1348.147 | 1.57095 |
| 173917.226 | 526690.355 | 1411.847 | 1.58174 |
| 173917.226 | 526754.646 | 1475.599 | 1.59486 |
| 173917.226 | 526818.937 | 1539.395 | 1.60984 |
| 173984.098 | 525533.118 | 343.377 | 3.21401 |

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0561_F0.doc

| Rev | Data |
|-----|------------|
| F0 | 20/06/2011 |

| | | | |
|------------|------------|----------|---------|
| 173984.098 | 525597.409 | 329.065 | 2.71429 |
| 173984.098 | 525661.700 | 389.653 | 2.40379 |
| 173984.098 | 525725.991 | 451.268 | 2.20282 |
| 173984.098 | 525790.282 | 513.538 | 2.06639 |
| 173984.098 | 525854.573 | 576.253 | 1.96247 |
| 173984.098 | 525918.864 | 639.281 | 1.88611 |
| 173984.098 | 525983.155 | 702.538 | 1.81976 |
| 173984.098 | 526047.446 | 765.967 | 1.76745 |
| 173984.098 | 526111.737 | 829.529 | 1.72493 |
| 173984.098 | 526176.027 | 893.195 | 1.68970 |
| 173984.098 | 526240.318 | 956.944 | 1.65843 |
| 173984.098 | 526304.609 | 1020.762 | 1.63289 |
| 173984.098 | 526368.900 | 1084.636 | 1.61401 |
| 173984.098 | 526433.191 | 1148.556 | 1.60473 |
| 173984.098 | 526497.482 | 1212.515 | 1.60291 |
| 173984.098 | 526561.773 | 1276.508 | 1.60779 |
| 173984.098 | 526626.064 | 1340.529 | 1.61682 |
| 173984.098 | 526690.355 | 1404.575 | 1.62876 |
| 173984.098 | 526754.646 | 1468.642 | 1.64290 |
| 173984.098 | 526818.937 | 1532.728 | 1.65874 |
| 174050.970 | 525533.118 | 397.589 | 3.70906 |
| 174050.970 | 525597.409 | 385.981 | 3.22889 |
| 174050.970 | 525661.700 | 449.567 | 2.80184 |
| 174050.970 | 525725.991 | 513.357 | 2.54543 |
| 174050.970 | 525790.282 | 577.273 | 2.35867 |
| 174050.970 | 525854.573 | 566.153 | 2.20204 |
| 174050.970 | 525918.864 | 630.191 | 2.08172 |
| 174050.970 | 525983.155 | 694.277 | 2.00033 |
| 174050.970 | 526047.446 | 758.397 | 1.92130 |
| 174050.970 | 526111.737 | 822.544 | 1.85667 |
| 174050.970 | 526176.027 | 886.712 | 1.80612 |
| 174050.970 | 526240.318 | 950.896 | 1.76217 |
| 174050.970 | 526304.609 | 1015.094 | 1.72811 |
| 174050.970 | 526368.900 | 1079.303 | 1.70907 |
| 174050.970 | 526433.191 | 1143.521 | 1.70052 |
| 174050.970 | 526497.482 | 1207.747 | 1.70039 |
| 174050.970 | 526561.773 | 1271.980 | 1.70585 |
| 174050.970 | 526626.064 | 1336.218 | 1.71448 |
| 174050.970 | 526690.355 | 1400.461 | 1.72595 |
| 174050.970 | 526754.646 | 1464.708 | 1.73958 |
| 174050.970 | 526818.937 | 1528.959 | 1.75489 |
| 174117.842 | 525533.118 | 543.560 | 4.01939 |
| 174117.842 | 525597.409 | 532.558 | 3.58740 |
| 174117.842 | 525661.700 | 521.564 | 3.13913 |
| 174117.842 | 525725.991 | 510.574 | 2.83233 |
| 174117.842 | 525790.282 | 574.838 | 2.56888 |
| 174117.842 | 525854.573 | 639.109 | 2.37760 |
| 174117.842 | 525918.864 | 703.383 | 2.24544 |
| 174117.842 | 525983.155 | 767.661 | 2.13698 |
| 174117.842 | 526047.446 | 756.684 | 2.05188 |
| 174117.842 | 526111.737 | 820.965 | 1.97298 |
| 174117.842 | 526176.027 | 885.247 | 1.89943 |
| 174117.842 | 526240.318 | 949.531 | 1.84701 |
| 174117.842 | 526304.609 | 1013.815 | 1.81459 |
| 174117.842 | 526368.900 | 1078.100 | 1.79706 |
| 174117.842 | 526433.191 | 1142.386 | 1.78997 |
| 174117.842 | 526497.482 | 1206.672 | 1.78972 |
| 174117.842 | 526561.773 | 1270.959 | 1.79434 |
| 174117.842 | 526626.064 | 1335.247 | 1.80308 |
| 174117.842 | 526690.355 | 1399.534 | 1.81404 |
| 174117.842 | 526754.646 | 1463.822 | 1.82721 |
| 174117.842 | 526818.937 | 1528.110 | 1.84201 |

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

12.2 MURO DI SOSTEGNO - FASE SISMICA

12.2.1 INPUT

Document Name

File Name: pk2+104_ASSE C muro sis.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: None

Material: Material 2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/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

173867.202 525371.069
173867.202 525349.434
173837.202 525349.434
173837.202 525289.434
174107.202 525289.434
174107.202 525298.730
174107.202 525349.434
173917.202 525349.434
173917.202 525639.434

Material Boundary

174096.956 525297.436
174107.202 525298.730
176211.848 525564.428

External Boundary

176211.848 526154.722
175685.855 526142.365
175285.577 526132.961
175135.473 526129.434
175135.473 526139.434
174985.369 526139.434
174109.764 525639.434
173917.202 525639.434
173917.202 525649.434
173867.202 525649.434
173867.202 525371.069
173427.723 525371.069
173398.915 525387.142
172337.787 525299.021
172337.787 524537.131
176211.848 524537.131
176211.848 525564.428

Focus/Block Search Line

174103.810 524538.265
174103.810 525290.891

| | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------|-------------|----|------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table> | <i>Rev</i> | <i>Data</i> | F0 | 20/06/2011 |
| <i>Rev</i> | <i>Data</i> | | | | | | |
| F0 | 20/06/2011 | | | | | | |

Search Grid

172780.403 525533.118
174117.842 525533.118
174117.842 526818.937
172780.403 526818.937

Distributed Load

176211.848 526154.722
175685.855 526142.365
175285.577 526132.961
175139.727 526129.534

12.2.2 OUTPUT

Raw Data for Minimum Circle Results

| Center_x | Center_y | Radius | Factor_of_Safety |
|------------|------------|----------|------------------|
| 172780.403 | 525533.118 | 1345.392 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 525597.409 | 1358.440 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 525661.700 | 1374.374 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 525725.991 | 1393.096 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 525790.282 | 1414.495 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 525854.573 | 1438.451 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 525918.864 | 1464.839 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 525983.155 | 1493.531 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526047.446 | 1524.395 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526111.737 | 1557.303 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526176.027 | 1592.128 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526240.318 | 1628.747 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526304.609 | 1667.042 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526368.900 | 1706.900 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526433.191 | 1748.215 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526497.482 | 1790.884 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526561.773 | 1834.815 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526626.064 | 1879.918 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526690.355 | 1926.111 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526754.646 | 1973.318 | -1000.00000 |
| 172780.403 | 526818.937 | 2021.467 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 525533.118 | 1279.669 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 525597.409 | 1293.380 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 525661.700 | 1310.106 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 525725.991 | 1329.733 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 525790.282 | 1352.135 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 525854.573 | 1377.177 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 525918.864 | 1404.717 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 525983.155 | 1434.611 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526047.446 | 1466.715 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526111.737 | 1500.888 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526176.027 | 1536.992 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526240.318 | 1574.894 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526304.609 | 1614.467 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526368.900 | 1655.591 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526433.191 | 1698.154 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526497.482 | 1742.051 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526561.773 | 1787.182 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526626.064 | 1833.457 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526690.355 | 1880.792 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526754.646 | 1929.108 | -1000.00000 |
| 172847.275 | 526818.937 | 1978.333 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 525533.118 | 1214.072 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 525597.409 | 1228.515 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 525661.700 | 1246.112 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 525725.991 | 1266.732 | -1000.00000 |

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0561_F0.doc

Rev Data
F0 20/06/2011

| | | | |
|------------|------------|----------|-------------|
| 172914.147 | 525790.282 | 1290.228 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 525854.573 | 1316.447 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 525918.864 | 1345.231 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 525983.155 | 1376.418 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526047.446 | 1409.848 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526111.737 | 1445.366 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526176.027 | 1482.823 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526240.318 | 1522.074 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526304.609 | 1562.985 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526368.900 | 1605.428 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526433.191 | 1649.287 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526497.482 | 1694.449 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526561.773 | 1740.815 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526626.064 | 1788.291 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526690.355 | 1836.790 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526754.646 | 1886.233 | -1000.00000 |
| 172914.147 | 526818.937 | 1936.549 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 525533.118 | 1148.622 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 525597.409 | 1163.878 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 525661.700 | 1182.437 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 525725.991 | 1204.147 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 525790.282 | 1228.841 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 525854.573 | 1256.342 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 525918.864 | 1286.471 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 525983.155 | 1319.048 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526047.446 | 1353.896 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526111.737 | 1390.844 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526176.027 | 1429.729 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526240.318 | 1470.398 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526304.609 | 1512.707 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526368.900 | 1556.523 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526433.191 | 1601.720 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526497.482 | 1648.187 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526561.773 | 1695.818 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526626.064 | 1744.519 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526690.355 | 1794.201 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526754.646 | 1844.786 | -1000.00000 |
| 172981.019 | 526818.937 | 1896.202 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 525533.118 | 1083.346 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 525597.409 | 1099.508 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 525661.700 | 1119.135 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 525725.991 | 1142.049 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 525790.282 | 1168.056 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 525854.573 | 1196.955 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 525918.864 | 1228.541 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 525983.155 | 1262.614 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526047.446 | 1298.976 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526111.737 | 1337.442 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526176.027 | 1377.835 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526240.318 | 1419.992 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526304.609 | 1463.758 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526368.900 | 1508.996 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526433.191 | 1555.575 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526497.482 | 1603.380 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526561.773 | 1652.303 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526626.064 | 1702.249 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526690.355 | 1753.130 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526754.646 | 1804.866 | -1000.00000 |
| 173047.891 | 526818.937 | 1857.387 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 525533.118 | 1018.277 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 525597.409 | 1035.455 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 525661.700 | 1056.273 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 525725.991 | 1080.521 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 525790.282 | 1107.973 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 525854.573 | 1138.398 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 525918.864 | 1171.564 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 525983.155 | 1207.246 | -1000.00000 |

| | | | |
|---|------------------|-----|------------|
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | Codice documento | Rev | Data |
| | CS0561_F0.doc | F0 | 20/06/2011 |

| | | | |
|------------|------------|----------|-------------|
| 173114.763 | 526047.446 | 1245.226 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526111.737 | 1285.302 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526176.027 | 1327.283 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526240.318 | 1370.994 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526304.609 | 1416.276 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526368.900 | 1462.982 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526433.191 | 1510.981 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526497.482 | 1560.152 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526561.773 | 1610.389 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526626.064 | 1661.596 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526690.355 | 1713.684 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526754.646 | 1766.576 | -1000.00000 |
| 173114.763 | 526818.937 | 1820.202 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 525533.118 | 953.457 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 525597.409 | 971.782 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 525661.700 | 993.934 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 525725.991 | 1019.666 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 525790.282 | 1048.712 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 525854.573 | 1080.807 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 525918.864 | 1115.686 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 525983.155 | 1153.098 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526047.446 | 1192.804 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526111.737 | 1234.582 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526176.027 | 1278.230 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526240.318 | 1323.563 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526304.609 | 1370.413 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526368.900 | 1418.630 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526433.191 | 1468.079 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526497.482 | 1518.640 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526561.773 | 1570.206 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526626.064 | 1622.681 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526690.355 | 1675.979 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526754.646 | 1730.024 | -1000.00000 |
| 173181.635 | 526818.937 | 1784.749 | -1000.00000 |
| 173248.507 | 525533.118 | 901.205 | 5.33137 |
| 173248.507 | 525597.409 | 921.537 | 4.85509 |
| 173248.507 | 525661.700 | 934.893 | 4.46314 |
| 173248.507 | 525725.991 | 960.956 | 4.11645 |
| 173248.507 | 525790.282 | 990.421 | 3.72478 |
| 173248.507 | 525854.573 | 1024.344 | 3.46243 |
| 173248.507 | 525918.864 | 1061.081 | 3.23815 |
| 173248.507 | 525983.155 | 1100.351 | 3.02668 |
| 173248.507 | 526047.446 | 1145.337 | 2.85820 |
| 173248.507 | 526111.737 | 1188.722 | 2.71076 |
| 173248.507 | 526176.027 | 1234.935 | 2.57316 |
| 173248.507 | 526240.318 | 1281.539 | 2.45688 |
| 173248.507 | 526304.609 | 1326.336 | 2.35296 |
| 173248.507 | 526368.900 | 1376.098 | 2.25540 |
| 173248.507 | 526433.191 | 1427.022 | 2.16997 |
| 173248.507 | 526497.482 | 1482.456 | 2.09167 |
| 173248.507 | 526561.773 | 1531.889 | 2.02112 |
| 173248.507 | 526626.064 | 1585.632 | 1.95315 |
| 173248.507 | 526690.355 | 1640.135 | 1.89277 |
| 173248.507 | 526754.646 | 1695.323 | -1000.00000 |
| 173248.507 | 526818.937 | 1751.133 | -1000.00000 |
| 173315.379 | 525533.118 | 962.587 | 5.04760 |
| 173315.379 | 525597.409 | 981.833 | 4.61046 |
| 173315.379 | 525661.700 | 897.939 | 4.23093 |
| 173315.379 | 525725.991 | 913.533 | 3.81112 |
| 173315.379 | 525790.282 | 933.281 | 3.49561 |
| 173315.379 | 525854.573 | 969.206 | 3.24038 |
| 173315.379 | 525918.864 | 1007.955 | 3.00076 |
| 173315.379 | 525983.155 | 1049.215 | 2.81643 |
| 173315.379 | 526047.446 | 1092.702 | 2.65706 |
| 173315.379 | 526111.737 | 1138.161 | 2.51136 |
| 173315.379 | 526176.027 | 1185.365 | 2.38912 |
| 173315.379 | 526240.318 | 1234.113 | 2.28078 |

| | | | |
|------------|------------|----------|---------|
| 173315.379 | 526304.609 | 1284.230 | 2.18077 |
| 173315.379 | 526368.900 | 1335.562 | 2.09414 |
| 173315.379 | 526433.191 | 1387.974 | 2.01568 |
| 173315.379 | 526497.482 | 1441.348 | 1.94241 |
| 173315.379 | 526561.773 | 1495.581 | 1.87748 |
| 173315.379 | 526626.064 | 1550.584 | 1.81811 |
| 173315.379 | 526690.355 | 1606.276 | 1.76197 |
| 173315.379 | 526754.646 | 1662.589 | 1.71184 |
| 173315.379 | 526818.937 | 1719.461 | 1.66561 |
| 173382.251 | 525533.118 | 866.359 | 4.83519 |
| 173382.251 | 525597.409 | 783.965 | 4.36822 |
| 173382.251 | 525661.700 | 811.262 | 3.98479 |
| 173382.251 | 525725.991 | 842.591 | 3.54992 |
| 173382.251 | 525790.282 | 877.518 | 3.25449 |
| 173382.251 | 525854.573 | 915.633 | 2.98271 |
| 173382.251 | 525918.864 | 956.555 | 2.77812 |
| 173382.251 | 525983.155 | 999.938 | 2.60460 |
| 173382.251 | 526047.446 | 1045.477 | 2.44486 |
| 173382.251 | 526111.737 | 1092.902 | 2.31630 |
| 173382.251 | 526176.027 | 1141.978 | 2.20057 |
| 173382.251 | 526240.318 | 1192.501 | 2.10193 |
| 173382.251 | 526304.609 | 1244.296 | 2.01417 |
| 173382.251 | 526368.900 | 1297.209 | 1.93421 |
| 173382.251 | 526433.191 | 1351.109 | 1.86368 |
| 173382.251 | 526497.482 | 1405.884 | 1.80001 |
| 173382.251 | 526561.773 | 1461.434 | 1.74100 |
| 173382.251 | 526626.064 | 1517.674 | 1.68845 |
| 173382.251 | 526690.355 | 1574.530 | 1.64048 |
| 173382.251 | 526754.646 | 1631.939 | 1.59542 |
| 173382.251 | 526818.937 | 1689.843 | 1.55511 |
| 173449.123 | 525533.118 | 698.061 | 4.55685 |
| 173449.123 | 525597.409 | 722.889 | 4.07801 |
| 173449.123 | 525661.700 | 752.406 | 3.61016 |
| 173449.123 | 525725.991 | 786.083 | 3.28026 |
| 173449.123 | 525790.282 | 823.411 | 2.99865 |
| 173449.123 | 525854.573 | 863.917 | 2.74021 |
| 173449.123 | 525918.864 | 907.174 | 2.55011 |
| 173449.123 | 525983.155 | 952.808 | 2.37938 |
| 173449.123 | 526047.446 | 1000.495 | 2.24391 |
| 173449.123 | 526111.737 | 1049.953 | 2.12137 |
| 173449.123 | 526176.027 | 1100.946 | 2.02087 |
| 173449.123 | 526240.318 | 1153.268 | 1.92954 |
| 173449.123 | 526304.609 | 1206.747 | 1.85190 |
| 173449.123 | 526368.900 | 1261.237 | 1.78295 |
| 173449.123 | 526433.191 | 1316.611 | 1.72072 |
| 173449.123 | 526497.482 | 1372.762 | 1.66533 |
| 173449.123 | 526561.773 | 1429.600 | 1.61539 |
| 173449.123 | 526626.064 | 1487.045 | 1.56939 |
| 173449.123 | 526690.355 | 1545.029 | 1.52829 |
| 173449.123 | 526754.646 | 1603.494 | 1.49086 |
| 173449.123 | 526818.937 | 1662.389 | 1.45585 |
| 173515.994 | 525533.118 | 635.768 | 4.23199 |
| 173515.994 | 525597.409 | 662.933 | 3.76442 |
| 173515.994 | 525661.700 | 695.000 | 3.30240 |
| 173515.994 | 525725.991 | 731.326 | 2.99641 |
| 173515.994 | 525790.282 | 771.309 | 2.70126 |
| 173515.994 | 525854.573 | 814.410 | 2.49165 |
| 173515.994 | 525918.864 | 860.160 | 2.30894 |
| 173515.994 | 525983.155 | 908.160 | 2.16652 |
| 173515.994 | 526047.446 | 958.071 | 2.04153 |
| 173515.994 | 526111.737 | 1009.611 | 1.93943 |
| 173515.994 | 526176.027 | 1062.541 | 1.84762 |
| 173515.994 | 526240.318 | 1116.664 | 1.77126 |
| 173515.994 | 526304.609 | 1171.815 | 1.70125 |
| 173515.994 | 526368.900 | 1227.856 | 1.64250 |
| 173515.994 | 526433.191 | 1284.670 | 1.59032 |
| 173515.994 | 526497.482 | 1342.158 | 1.54355 |

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0561_F0.doc

| Rev | Data |
|-----|------------|
| F0 | 20/06/2011 |

| | | | |
|------------|------------|----------|---------|
| 173515.994 | 526561.773 | 1400.238 | 1.50167 |
| 173515.994 | 526626.064 | 1458.840 | 1.46395 |
| 173515.994 | 526690.355 | 1517.902 | 1.42937 |
| 173515.994 | 526754.646 | 1577.373 | 1.39839 |
| 173515.994 | 526818.937 | 1637.208 | 1.37048 |
| 173582.866 | 525533.118 | 574.505 | 3.86280 |
| 173582.866 | 525597.409 | 604.429 | 3.34238 |
| 173582.866 | 525661.700 | 639.438 | 2.98502 |
| 173582.866 | 525725.991 | 678.744 | 2.67265 |
| 173582.866 | 525790.282 | 721.646 | 2.43707 |
| 173582.866 | 525854.573 | 767.541 | 2.23424 |
| 173582.866 | 525918.864 | 815.923 | 2.07936 |
| 173582.866 | 525983.155 | 866.378 | 1.95694 |
| 173582.866 | 526047.446 | 918.562 | 1.85188 |
| 173582.866 | 526111.737 | 972.198 | 1.76548 |
| 173582.866 | 526176.027 | 1027.058 | 1.68929 |
| 173582.866 | 526240.318 | 1082.956 | 1.62550 |
| 173582.866 | 526304.609 | 1139.739 | 1.56996 |
| 173582.866 | 526368.900 | 1197.282 | 1.51891 |
| 173582.866 | 526433.191 | 1255.480 | 1.47594 |
| 173582.866 | 526497.482 | 1314.246 | 1.43763 |
| 173582.866 | 526561.773 | 1373.507 | 1.40366 |
| 173582.866 | 526626.064 | 1433.202 | 1.37319 |
| 173582.866 | 526690.355 | 1493.278 | 1.34556 |
| 173582.866 | 526754.646 | 1553.692 | 1.32108 |
| 173582.866 | 526818.937 | 1614.406 | 1.30149 |
| 173649.738 | 525533.118 | 514.640 | 3.46735 |
| 173649.738 | 525597.409 | 547.845 | 2.97556 |
| 173649.738 | 525661.700 | 586.242 | 2.62381 |
| 173649.738 | 525725.991 | 628.882 | 2.37963 |
| 173649.738 | 525790.282 | 674.960 | 2.16465 |
| 173649.738 | 525854.573 | 723.821 | 1.99851 |
| 173649.738 | 525918.864 | 774.939 | 1.87327 |
| 173649.738 | 525983.155 | 827.894 | 1.76577 |
| 173649.738 | 526047.446 | 882.358 | 1.68252 |
| 173649.738 | 526111.737 | 938.066 | 1.61156 |
| 173649.738 | 526176.027 | 994.810 | 1.55204 |
| 173649.738 | 526240.318 | 1052.422 | 1.49964 |
| 173649.738 | 526304.609 | 1110.768 | 1.45532 |
| 173649.738 | 526368.900 | 1169.737 | 1.41477 |
| 173649.738 | 526433.191 | 1229.240 | 1.38074 |
| 173649.738 | 526497.482 | 1289.202 | 1.35061 |
| 173649.738 | 526561.773 | 1349.563 | 1.32329 |
| 173649.738 | 526626.064 | 1410.272 | 1.29942 |
| 173649.738 | 526690.355 | 1471.285 | 1.27850 |
| 173649.738 | 526754.646 | 1532.566 | 1.26248 |
| 173649.738 | 526818.937 | 1594.084 | 1.25057 |
| 173716.610 | 525533.118 | 456.724 | 2.97812 |
| 173716.610 | 525597.409 | 493.838 | 2.60265 |
| 173716.610 | 525661.700 | 536.118 | 2.30627 |
| 173716.610 | 525725.991 | 582.439 | 2.08668 |
| 173716.610 | 525790.282 | 631.913 | 1.91732 |
| 173716.610 | 525854.573 | 683.857 | 1.78711 |
| 173716.610 | 525918.864 | 737.748 | 1.68799 |
| 173716.610 | 525983.155 | 793.191 | 1.60442 |
| 173716.610 | 526047.446 | 849.881 | 1.53898 |
| 173716.610 | 526111.737 | 907.585 | 1.48265 |
| 173716.610 | 526176.027 | 966.121 | 1.43699 |
| 173716.610 | 526240.318 | 1025.346 | 1.39721 |
| 173716.610 | 526304.609 | 1085.149 | 1.36323 |
| 173716.610 | 526368.900 | 1145.437 | 1.33225 |
| 173716.610 | 526433.191 | 1206.139 | 1.30612 |
| 173716.610 | 526497.482 | 1267.196 | 1.28299 |
| 173716.610 | 526561.773 | 1328.557 | 1.26158 |
| 173716.610 | 526626.064 | 1390.183 | 1.24408 |
| 173716.610 | 526690.355 | 1452.041 | 1.23131 |
| 173716.610 | 526754.646 | 1514.101 | 1.22257 |

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0561_F0.doc

Rev Data
F0 20/06/2011

| | | | |
|------------|------------|----------|---------|
| 173716.610 | 526818.937 | 1576.340 | 1.21705 |
| 173783.482 | 525533.118 | 401.601 | 2.52811 |
| 173783.482 | 525597.409 | 443.354 | 2.21313 |
| 173783.482 | 525661.700 | 490.009 | 1.99115 |
| 173783.482 | 525725.991 | 540.297 | 1.83029 |
| 173783.482 | 525790.282 | 593.296 | 1.70912 |
| 173783.482 | 525854.573 | 648.341 | 1.60912 |
| 173783.482 | 525918.864 | 704.953 | 1.53621 |
| 173783.482 | 525983.155 | 762.783 | 1.47572 |
| 173783.482 | 526047.446 | 821.574 | 1.42459 |
| 173783.482 | 526111.737 | 881.134 | 1.38410 |
| 173783.482 | 526176.027 | 941.316 | 1.34982 |
| 173783.482 | 526240.318 | 1002.009 | 1.32107 |
| 173783.482 | 526304.609 | 1063.125 | 1.29571 |
| 173783.482 | 526368.900 | 1124.595 | 1.27266 |
| 173783.482 | 526433.191 | 1186.364 | 1.25291 |
| 173783.482 | 526497.482 | 1248.387 | 1.23533 |
| 173783.482 | 526561.773 | 1310.630 | 1.21957 |
| 173783.482 | 526626.064 | 1373.061 | 1.20979 |
| 173783.482 | 526690.355 | 1435.656 | 1.20383 |
| 173783.482 | 526754.646 | 1498.395 | 1.20117 |
| 173783.482 | 526818.937 | 1561.260 | 1.20153 |
| 173850.354 | 525533.118 | 350.590 | 2.27073 |
| 173850.354 | 525597.409 | 397.734 | 1.99245 |
| 173850.354 | 525661.700 | 449.153 | 1.80348 |
| 173850.354 | 525725.991 | 503.539 | 1.67225 |
| 173850.354 | 525790.282 | 560.027 | 1.57201 |
| 173850.354 | 525854.573 | 618.042 | 1.49778 |
| 173850.354 | 525918.864 | 677.192 | 1.43434 |
| 173850.354 | 525983.155 | 737.203 | 1.38777 |
| 173850.354 | 526047.446 | 797.881 | 1.34950 |
| 173850.354 | 526111.737 | 859.085 | 1.31958 |
| 173850.354 | 526176.027 | 920.709 | 1.29333 |
| 173850.354 | 526240.318 | 982.676 | 1.27201 |
| 173850.354 | 526304.609 | 1044.923 | 1.25317 |
| 173850.354 | 526368.900 | 1107.404 | 1.23590 |
| 173850.354 | 526433.191 | 1170.081 | 1.22069 |
| 173850.354 | 526497.482 | 1232.924 | 1.20819 |
| 173850.354 | 526561.773 | 1295.909 | 1.20034 |
| 173850.354 | 526626.064 | 1359.017 | 1.19629 |
| 173850.354 | 526690.355 | 1422.230 | 1.19535 |
| 173850.354 | 526754.646 | 1485.536 | 1.19767 |
| 173850.354 | 526818.937 | 1548.923 | 1.20168 |
| 173917.226 | 525533.118 | 305.757 | 2.27059 |
| 173917.226 | 525597.409 | 358.840 | 1.97246 |
| 173917.226 | 525661.700 | 415.105 | 1.78059 |
| 173917.226 | 525725.991 | 473.418 | 1.64799 |
| 173917.226 | 525790.282 | 533.108 | 1.55463 |
| 173917.226 | 525854.573 | 593.759 | 1.48220 |
| 173917.226 | 525918.864 | 655.105 | 1.42635 |
| 173917.226 | 525983.155 | 716.967 | 1.37708 |
| 173917.226 | 526047.446 | 779.222 | 1.34086 |
| 173917.226 | 526111.737 | 841.784 | 1.31008 |
| 173917.226 | 526176.027 | 904.588 | 1.28408 |
| 173917.226 | 526240.318 | 967.587 | 1.26179 |
| 173917.226 | 526304.609 | 1030.746 | 1.24251 |
| 173917.226 | 526368.900 | 1094.037 | 1.22595 |
| 173917.226 | 526433.191 | 1157.438 | 1.21279 |
| 173917.226 | 526497.482 | 1220.932 | 1.20480 |
| 173917.226 | 526561.773 | 1284.505 | 1.20021 |
| 173917.226 | 526626.064 | 1348.147 | 1.20102 |
| 173917.226 | 526690.355 | 1411.847 | 1.20467 |
| 173917.226 | 526754.646 | 1475.599 | 1.20989 |
| 173917.226 | 526818.937 | 1539.395 | 1.21635 |
| 173984.098 | 525533.118 | 343.377 | 2.74209 |
| 173984.098 | 525597.409 | 329.065 | 2.26284 |
| 173984.098 | 525661.700 | 389.653 | 1.95822 |

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0561_F0.doc

| Rev | Data |
|-----|------------|
| F0 | 20/06/2011 |

| | | | |
|------------|------------|----------|---------|
| 173984.098 | 525725.991 | 451.268 | 1.76988 |
| 173984.098 | 525790.282 | 513.538 | 1.64453 |
| 173984.098 | 525854.573 | 576.253 | 1.55180 |
| 173984.098 | 525918.864 | 639.281 | 1.48371 |
| 173984.098 | 525983.155 | 702.538 | 1.42684 |
| 173984.098 | 526047.446 | 765.967 | 1.38204 |
| 173984.098 | 526111.737 | 829.529 | 1.34562 |
| 173984.098 | 526176.027 | 893.195 | 1.31548 |
| 173984.098 | 526240.318 | 956.944 | 1.28913 |
| 173984.098 | 526304.609 | 1020.762 | 1.26733 |
| 173984.098 | 526368.900 | 1084.636 | 1.25030 |
| 173984.098 | 526433.191 | 1148.556 | 1.23970 |
| 173984.098 | 526497.482 | 1212.515 | 1.23412 |
| 173984.098 | 526561.773 | 1276.508 | 1.23306 |
| 173984.098 | 526626.064 | 1340.529 | 1.23486 |
| 173984.098 | 526690.355 | 1404.575 | 1.23867 |
| 173984.098 | 526754.646 | 1468.642 | 1.24402 |
| 173984.098 | 526818.937 | 1532.728 | 1.25054 |
| 174050.970 | 525533.118 | 397.589 | 3.15459 |
| 174050.970 | 525597.409 | 460.923 | 2.67217 |
| 174050.970 | 525661.700 | 449.567 | 2.27659 |
| 174050.970 | 525725.991 | 513.357 | 2.04252 |
| 174050.970 | 525790.282 | 577.273 | 1.87773 |
| 174050.970 | 525854.573 | 566.153 | 1.74111 |
| 174050.970 | 525918.864 | 630.191 | 1.63916 |
| 174050.970 | 525983.155 | 694.277 | 1.57138 |
| 174050.970 | 526047.446 | 758.397 | 1.50606 |
| 174050.970 | 526111.737 | 822.544 | 1.45282 |
| 174050.970 | 526176.027 | 886.712 | 1.41057 |
| 174050.970 | 526240.318 | 950.896 | 1.37424 |
| 174050.970 | 526304.609 | 1015.094 | 1.34519 |
| 174050.970 | 526368.900 | 1079.303 | 1.32621 |
| 174050.970 | 526433.191 | 1143.521 | 1.31446 |
| 174050.970 | 526497.482 | 1207.747 | 1.30864 |
| 174050.970 | 526561.773 | 1271.980 | 1.30666 |
| 174050.970 | 526626.064 | 1336.218 | 1.30705 |
| 174050.970 | 526690.355 | 1400.461 | 1.30950 |
| 174050.970 | 526754.646 | 1464.708 | 1.31353 |
| 174050.970 | 526818.937 | 1528.959 | 1.31879 |
| 174117.842 | 525533.118 | 543.560 | 3.38727 |
| 174117.842 | 525597.409 | 532.558 | 2.96249 |
| 174117.842 | 525661.700 | 521.564 | 2.55653 |
| 174117.842 | 525725.991 | 510.574 | 2.27124 |
| 174117.842 | 525790.282 | 574.838 | 2.04453 |
| 174117.842 | 525854.573 | 639.109 | 1.88326 |
| 174117.842 | 525918.864 | 703.383 | 1.77082 |
| 174117.842 | 525983.155 | 767.661 | 1.68038 |
| 174117.842 | 526047.446 | 756.684 | 1.60648 |
| 174117.842 | 526111.737 | 820.965 | 1.54158 |
| 174117.842 | 526176.027 | 885.247 | 1.48343 |
| 174117.842 | 526240.318 | 949.531 | 1.43994 |
| 174117.842 | 526304.609 | 1013.815 | 1.41008 |
| 174117.842 | 526368.900 | 1078.100 | 1.39057 |
| 174117.842 | 526433.191 | 1142.386 | 1.37857 |
| 174117.842 | 526497.482 | 1206.672 | 1.37145 |
| 174117.842 | 526561.773 | 1270.959 | 1.36793 |
| 174117.842 | 526626.064 | 1335.247 | 1.36742 |
| 174117.842 | 526690.355 | 1399.534 | 1.36868 |
| 174117.842 | 526754.646 | 1463.822 | 1.37162 |
| 174117.842 | 526818.937 | 1528.110 | 1.37580 |

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

12.3 PARATIA PROVVISORIA

12.3.1 INPUT

Document Name

File Name: pk2+104_ASSE C para stat.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/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.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: None

Material: Material 2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: None

List of All Coordinates

Material Boundary

180344.293 538885.457
186170.707 539072.951

External Boundary

186170.707 540121.662
184721.478 540121.662
184711.228 540103.212
184629.228 540111.412
183184.231 540147.537
183164.231 540152.038
183034.231 540152.055
181999.218 539785.611
181909.219 539785.611
181894.219 539758.632
181775.219 539770.532
181774.094 539775.631
180654.219 539747.634
180634.219 539752.135
180505.719 539752.135
180344.293 539644.517
180344.293 538885.457
180344.293 538884.471
179953.293 538884.471
179953.293 538963.182
179176.671 538948.650
178976.711 538944.651
178376.831 538932.653
178176.871 538928.654
177377.031 538912.657
177177.071 538908.658
177001.654 538942.154
176840.051 538933.477
176744.328 538927.570
176677.365 538924.303
176661.522 538922.532
176661.522 536335.876
186170.707 536335.876
186170.707 539072.951

Focus/Block Search Line

180349.778 536337.071
180349.778 537856.962

Search Grid

177293.203 539412.303

| | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------|-------------|----|------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | | <i>Codice documento</i> CS0561_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 | | | | | | |

180761.240 539412.303
180761.240 542712.397
177293.203 542712.397

Distributed Load

181759.992 539775.279
180692.327 539748.587

Distributed Load

184620.273 540111.636
183184.412 540147.533

12.3.2 OUTPUT

Raw Data for Minimum Circle Results

| Center_x | Center_y | Radius | Factor_of_Safety |
|------------|------------|----------|------------------|
| 177293.203 | 539412.303 | 3429.539 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 539577.308 | 3507.456 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 539742.312 | 3591.267 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 539907.317 | 3680.572 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 540072.322 | 3774.980 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 540237.326 | 3874.118 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 540402.331 | 3977.632 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 540567.336 | 4085.191 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 540732.341 | 4196.482 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 540897.345 | 4311.216 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 541062.350 | 4429.127 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 541227.355 | 4549.967 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 541392.359 | 4673.510 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 541557.364 | 4799.545 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 541722.369 | 4927.883 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 541887.373 | 5058.347 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 542052.378 | 5190.778 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 542217.383 | 5325.028 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 542382.388 | 5460.965 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 542547.392 | 5598.464 | -1000.00000 |
| 177293.203 | 542712.397 | 5737.413 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 539412.303 | 3283.209 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 539577.308 | 3364.515 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 539742.312 | 3451.800 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 539907.317 | 3544.620 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 540072.322 | 3642.553 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 540237.326 | 3745.198 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 540402.331 | 3852.178 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 540567.336 | 3963.143 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 540732.341 | 4077.766 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 540897.345 | 4195.749 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 541062.350 | 4316.814 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 541227.355 | 4440.712 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 541392.359 | 4567.210 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 541557.364 | 4696.100 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 541722.369 | 4827.188 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 541887.373 | 4960.302 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 542052.378 | 5095.281 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 542217.383 | 5231.983 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 542382.388 | 5370.275 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 542547.392 | 5510.037 | -1000.00000 |
| 177458.348 | 542712.397 | 5651.161 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 539412.303 | 3138.746 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 539577.308 | 3223.698 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 539742.312 | 3314.692 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 539907.317 | 3411.245 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 540072.322 | 3512.899 | -1000.00000 |

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0561_F0.doc

| Rev | Data |
|-----|------------|
| F0 | 20/06/2011 |

| | | | |
|------------|------------|----------|-------------|
| 177623.492 | 540237.326 | 3619.223 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 540402.331 | 3729.818 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 540567.336 | 3844.316 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 540732.341 | 3962.378 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 540897.345 | 4083.696 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 541062.350 | 4207.987 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 541227.355 | 4334.996 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 541392.359 | 4464.490 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 541557.364 | 4596.261 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 541722.369 | 4730.117 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 541887.373 | 4865.887 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 542052.378 | 5003.415 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 542217.383 | 5142.559 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 542382.388 | 5283.192 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 542547.392 | 5425.198 | -1000.00000 |
| 177623.492 | 542712.397 | 5568.473 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 539412.303 | 2996.420 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 539577.308 | 3085.294 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 539742.312 | 3180.251 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 539907.317 | 3280.763 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 540072.322 | 3386.335 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 540237.326 | 3496.510 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 540402.331 | 3610.866 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 540567.336 | 3729.018 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 540732.341 | 3850.617 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 540897.345 | 3975.346 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 541062.350 | 4102.921 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 541227.355 | 4233.084 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 541392.359 | 4365.602 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 541557.364 | 4500.269 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 541722.369 | 4636.898 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 541887.373 | 4775.318 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 542052.378 | 4915.381 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 542217.383 | 5056.948 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 542382.388 | 5199.897 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 542547.392 | 5344.117 | -1000.00000 |
| 177788.637 | 542712.397 | 5489.508 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 539412.303 | 2856.552 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 539577.308 | 2949.643 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 539742.312 | 3048.828 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 539907.317 | 3153.531 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 540072.322 | 3263.223 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 540237.326 | 3377.416 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 540402.331 | 3495.670 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 540567.336 | 3617.586 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 540732.341 | 3742.807 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 540897.345 | 3871.012 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 541062.350 | 4001.914 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 541227.355 | 4135.257 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 541392.359 | 4270.812 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 541557.364 | 4408.376 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 541722.369 | 4547.766 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 541887.373 | 4688.819 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 542052.378 | 4831.389 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 542217.383 | 4975.347 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 542382.388 | 5120.574 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 542547.392 | 5266.967 | -1000.00000 |
| 177953.781 | 542712.397 | 5414.430 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 539412.303 | 2719.520 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 539577.308 | 2817.143 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 539742.312 | 2920.830 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 539907.317 | 3029.960 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 540072.322 | 3143.966 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 540237.326 | 3262.336 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 540402.331 | 3384.614 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 540567.336 | 3510.389 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 540732.341 | 3639.300 | -1000.00000 |

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0561_F0.doc

| Rev | Data |
|-----|------------|
| F0 | 20/06/2011 |

| | | | |
|------------|------------|----------|-------------|
| 178118.926 | 540897.345 | 3771.026 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 541062.350 | 3905.281 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 541227.355 | 4041.813 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 541392.359 | 4180.400 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 541557.364 | 4320.843 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 541722.369 | 4462.967 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 541887.373 | 4606.617 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 542052.378 | 4751.655 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 542217.383 | 4897.956 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 542382.388 | 5045.412 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 542547.392 | 5193.924 | -1000.00000 |
| 178118.926 | 542712.397 | 5343.403 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 539412.303 | 2585.776 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 539577.308 | 2688.260 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 539742.312 | 2796.730 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 539907.317 | 2910.516 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 540072.322 | 3029.021 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 540237.326 | 3151.712 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 540402.331 | 3278.118 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 540567.336 | 3407.826 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 540732.341 | 3540.474 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 540897.345 | 3675.742 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 541062.350 | 3813.353 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 541227.355 | 3953.062 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 541392.359 | 4094.653 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 541557.364 | 4237.939 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 541722.369 | 4382.753 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 541887.373 | 4528.948 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 542052.378 | 4676.395 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 542217.383 | 4824.979 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 542382.388 | 4974.598 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 542547.392 | 5125.162 | -1000.00000 |
| 178284.071 | 542712.397 | 5276.590 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 539412.303 | 2455.856 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 539577.308 | 2563.539 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 539742.312 | 2677.067 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 539907.317 | 2795.729 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 540072.322 | 2918.897 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 540237.326 | 3046.026 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 540402.331 | 3176.641 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 540567.336 | 3310.328 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 540732.341 | 3446.730 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 540897.345 | 3585.537 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 541062.350 | 3726.480 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 541227.355 | 3869.327 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 541392.359 | 4013.873 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 541557.364 | 4159.942 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 541722.369 | 4307.379 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 541887.373 | 4456.048 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 542052.378 | 4605.829 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 542217.383 | 4756.618 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 542382.388 | 4908.322 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 542547.392 | 5060.858 | -1000.00000 |
| 178449.215 | 542712.397 | 5214.153 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 539412.303 | 2330.400 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 539577.308 | 2443.618 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 539742.312 | 2562.465 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 539907.317 | 2686.193 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 540072.322 | 2814.160 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 540237.326 | 2945.813 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 540402.331 | 3080.679 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 540567.336 | 3218.355 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 540732.341 | 3358.494 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 540897.345 | 3500.801 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 541062.350 | 3645.023 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 541227.355 | 3790.940 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 541392.359 | 3938.365 | -1000.00000 |

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0561_F0.doc

| Rev | Data |
|-----|------------|
| F0 | 20/06/2011 |

| | | | |
|------------|------------|----------|-------------|
| 178614.360 | 541557.364 | 4087.133 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 541722.369 | 4237.104 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 541887.373 | 4388.154 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 542052.378 | 4540.176 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 542217.383 | 4693.075 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 542382.388 | 4846.768 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 542547.392 | 5001.182 | -1000.00000 |
| 178614.360 | 542712.397 | 5156.252 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 539412.303 | 2210.169 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 539577.308 | 2329.238 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 539742.312 | 2453.632 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 539907.317 | 2582.580 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 540072.322 | 2715.434 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 540237.326 | 2851.648 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 540402.331 | 2990.764 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 540567.336 | 3132.394 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 540732.341 | 3276.212 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 540897.345 | 3421.943 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 541062.350 | 3569.352 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 541227.355 | 3718.240 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 541392.359 | 3868.436 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 541557.364 | 4019.793 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 541722.369 | 4172.186 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 541887.373 | 4325.503 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 542052.378 | 4479.652 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 542217.383 | 4634.548 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 542382.388 | 4790.119 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 542547.392 | 4946.302 | -1000.00000 |
| 178779.505 | 542712.397 | 5103.040 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 539412.303 | 2096.062 | -112.00000 |
| 178944.649 | 539577.308 | 2221.256 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 539742.312 | 2351.369 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 539907.317 | 2485.628 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 540072.322 | 2623.397 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 540237.326 | 2764.150 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 540402.331 | 2907.455 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 540567.336 | 3052.952 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 540732.341 | 3200.343 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 540897.345 | 3349.376 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 541062.350 | 3499.843 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 541227.355 | 3651.567 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 541392.359 | 3804.396 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 541557.364 | 3958.203 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 541722.369 | 4112.878 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 541887.373 | 4268.326 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 542052.378 | 4424.467 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 542217.383 | 4581.229 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 542382.388 | 4738.551 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 542547.392 | 4896.379 | -1000.00000 |
| 178944.649 | 542712.397 | 5054.665 | -1000.00000 |
| 179109.794 | 539412.303 | 1989.133 | 8.02931 |
| 179109.794 | 539577.308 | 2120.649 | 7.23668 |
| 179109.794 | 539742.312 | 2256.570 | 6.70823 |
| 179109.794 | 539907.317 | 2396.147 | 6.26721 |
| 179109.794 | 540072.322 | 2538.776 | 5.92747 |
| 179109.794 | 540237.326 | 2683.971 | -1000.00000 |
| 179109.794 | 540402.331 | 2831.337 | -1000.00000 |
| 179109.794 | 540567.336 | 2980.552 | -1000.00000 |
| 179109.794 | 540732.341 | 3131.352 | -1000.00000 |
| 179109.794 | 540897.345 | 3283.519 | -1000.00000 |
| 179109.794 | 541062.350 | 3436.870 | -1000.00000 |
| 179109.794 | 541227.355 | 3591.255 | -1000.00000 |
| 179109.794 | 541392.359 | 3746.545 | -1000.00000 |
| 179109.794 | 541557.364 | 3902.633 | -1000.00000 |
| 179109.794 | 541722.369 | 4059.425 | -1000.00000 |
| 179109.794 | 541887.373 | 4216.845 | -1000.00000 |
| 179109.794 | 542052.378 | 4374.824 | -1000.00000 |

| | | | |
|------------|------------|----------|-------------|
| 179109.794 | 542217.383 | 4533.303 | -1000.00000 |
| 179109.794 | 542382.388 | 4692.232 | -1000.00000 |
| 179109.794 | 542547.392 | 4851.567 | -1000.00000 |
| 179109.794 | 542712.397 | 5011.269 | -1000.00000 |
| 179274.938 | 539412.303 | 1890.600 | 6.96441 |
| 179274.938 | 539577.308 | 2028.515 | 6.36337 |
| 179274.938 | 539742.312 | 2170.214 | 5.95420 |
| 179274.938 | 539907.317 | 2315.003 | 5.58765 |
| 179274.938 | 540072.322 | 2462.337 | 5.31804 |
| 179274.938 | 540237.326 | 2611.785 | 5.04552 |
| 179274.938 | 540402.331 | 2763.003 | 4.93170 |
| 179274.938 | 540567.336 | 2915.718 | 4.83644 |
| 179274.938 | 540732.341 | 3069.705 | -1000.00000 |
| 179274.938 | 540897.345 | 3224.781 | -1000.00000 |
| 179274.938 | 541062.350 | 3380.798 | -1000.00000 |
| 179274.938 | 541227.355 | 3537.631 | -1000.00000 |
| 179274.938 | 541392.359 | 3695.175 | -1000.00000 |
| 179274.938 | 541557.364 | 3853.344 | -1000.00000 |
| 179274.938 | 541722.369 | 4012.064 | -1000.00000 |
| 179274.938 | 541887.373 | 4171.271 | -1000.00000 |
| 179274.938 | 542052.378 | 4330.912 | -1000.00000 |
| 179274.938 | 542217.383 | 4490.941 | -1000.00000 |
| 179274.938 | 542382.388 | 4651.318 | -1000.00000 |
| 179274.938 | 542547.392 | 4812.008 | -1000.00000 |
| 179274.938 | 542712.397 | 4972.980 | -1000.00000 |
| 179440.083 | 539412.303 | 1801.841 | 6.11246 |
| 179440.083 | 539577.308 | 1946.057 | 5.65381 |
| 179440.083 | 539742.312 | 2093.345 | 5.36217 |
| 179440.083 | 539907.317 | 2243.101 | 5.09361 |
| 179440.083 | 540072.322 | 2394.863 | 4.80006 |
| 179440.083 | 540237.326 | 2548.271 | 4.66852 |
| 179440.083 | 540402.331 | 2703.045 | 4.56413 |
| 179440.083 | 540567.336 | 2858.964 | 4.47920 |
| 179440.083 | 540732.341 | 3015.850 | 4.40877 |
| 179440.083 | 540897.345 | 3173.559 | 4.34490 |
| 179440.083 | 541062.350 | 3331.976 | 4.26003 |
| 179440.083 | 541227.355 | 3491.002 | -1000.00000 |
| 179440.083 | 541392.359 | 3650.559 | -1000.00000 |
| 179440.083 | 541557.364 | 3810.581 | -1000.00000 |
| 179440.083 | 541722.369 | 3971.010 | -1000.00000 |
| 179440.083 | 541887.373 | 4131.799 | -1000.00000 |
| 179440.083 | 542052.378 | 4292.909 | -1000.00000 |
| 179440.083 | 542217.383 | 4454.304 | -1000.00000 |
| 179440.083 | 542382.388 | 4615.953 | -1000.00000 |
| 179440.083 | 542547.392 | 4777.833 | -1000.00000 |
| 179440.083 | 542712.397 | 4939.919 | -1000.00000 |
| 179605.228 | 539412.303 | 1724.367 | 5.43514 |
| 179605.228 | 539577.308 | 1874.552 | 5.10196 |
| 179605.228 | 539742.312 | 2027.043 | 4.89679 |
| 179605.228 | 539907.317 | 2181.356 | 4.70144 |
| 179605.228 | 540072.322 | 2337.130 | 4.47910 |
| 179605.228 | 540237.326 | 2494.092 | 4.38343 |
| 179605.228 | 540402.331 | 2652.030 | 4.30214 |
| 179605.228 | 540567.336 | 2810.780 | 4.22519 |
| 179605.228 | 540732.341 | 2970.212 | 4.15252 |
| 179605.228 | 540897.345 | 3130.222 | 4.07053 |
| 179605.228 | 541062.350 | 3290.725 | 4.00749 |
| 179605.228 | 541227.355 | 3451.653 | 3.95217 |
| 179605.228 | 541392.359 | 3612.948 | 3.90143 |
| 179605.228 | 541557.364 | 3774.564 | 3.85454 |
| 179605.228 | 541722.369 | 3936.461 | -1000.00000 |
| 179605.228 | 541887.373 | 4098.607 | -1000.00000 |
| 179605.228 | 542052.378 | 4260.971 | -1000.00000 |
| 179605.228 | 542217.383 | 4423.531 | -1000.00000 |
| 179605.228 | 542382.388 | 4586.266 | -1000.00000 |
| 179605.228 | 542547.392 | 4749.157 | -1000.00000 |
| 179605.228 | 542712.397 | 4912.190 | -1000.00000 |

ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C)
RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CS0561_F0.doc

| Rev | Data |
|-----|------------|
| F0 | 20/06/2011 |

| | | | |
|------------|------------|----------|-------------|
| 179770.372 | 539412.303 | 1659.759 | 4.92825 |
| 179770.372 | 539577.308 | 1815.297 | 4.69323 |
| 179770.372 | 539742.312 | 1972.374 | 4.55438 |
| 179770.372 | 539907.317 | 2130.650 | 4.41695 |
| 179770.372 | 540072.322 | 2289.876 | 4.23856 |
| 179770.372 | 540237.326 | 2449.867 | 4.16430 |
| 179770.372 | 540402.331 | 2610.482 | 4.09383 |
| 179770.372 | 540567.336 | 2771.613 | 4.02650 |
| 179770.372 | 540732.341 | 2933.175 | 3.94275 |
| 179770.372 | 540897.345 | 3095.100 | 3.88275 |
| 179770.372 | 541062.350 | 3257.334 | 3.82536 |
| 179770.372 | 541227.355 | 3419.834 | 3.77060 |
| 179770.372 | 541392.359 | 3582.562 | 3.72078 |
| 179770.372 | 541557.364 | 3745.489 | 3.68497 |
| 179770.372 | 541722.369 | 3908.591 | 3.66307 |
| 179770.372 | 541887.373 | 4071.846 | 3.65148 |
| 179770.372 | 542052.378 | 4235.237 | 3.64599 |
| 179770.372 | 542217.383 | 4398.748 | -1000.00000 |
| 179770.372 | 542382.388 | 4562.367 | -1000.00000 |
| 179770.372 | 542547.392 | 4726.082 | -1000.00000 |
| 179770.372 | 542712.397 | 4889.884 | -1000.00000 |
| 179935.517 | 539412.303 | 1609.565 | 4.58276 |
| 179935.517 | 539577.308 | 1769.521 | 4.41736 |
| 179935.517 | 539742.312 | 1930.327 | 4.33300 |
| 179935.517 | 539907.317 | 2091.786 | 4.15089 |
| 179935.517 | 540072.322 | 2253.760 | 4.07492 |
| 179935.517 | 540237.326 | 2416.144 | 4.00503 |
| 179935.517 | 540402.331 | 2578.860 | 3.93790 |
| 179935.517 | 540567.336 | 2741.850 | 3.87406 |
| 179935.517 | 540732.341 | 2905.068 | 3.78900 |
| 179935.517 | 540897.345 | 3068.476 | 3.73276 |
| 179935.517 | 541062.350 | 3232.047 | 3.67945 |
| 179935.517 | 541227.355 | 3395.757 | 3.63295 |
| 179935.517 | 541392.359 | 3559.586 | 3.59951 |
| 179935.517 | 541557.364 | 3723.519 | 3.57719 |
| 179935.517 | 541722.369 | 3887.542 | 3.56368 |
| 179935.517 | 541887.373 | 4051.646 | 3.55732 |
| 179935.517 | 542052.378 | 4215.819 | 3.55754 |
| 179935.517 | 542217.383 | 4380.056 | 3.56475 |
| 179935.517 | 542382.388 | 4544.347 | 3.57746 |
| 179935.517 | 542547.392 | 4708.689 | 3.59301 |
| 179935.517 | 542712.397 | 4873.076 | -1000.00000 |
| 180100.662 | 539412.303 | 1575.165 | 4.39050 |
| 180100.662 | 539577.308 | 1738.289 | 4.27842 |
| 180100.662 | 539742.312 | 1901.738 | 4.22027 |
| 180100.662 | 539907.317 | 2065.434 | 4.05742 |
| 180100.662 | 540072.322 | 2229.323 | 3.97641 |
| 180100.662 | 540237.326 | 2393.365 | 3.90162 |
| 180100.662 | 540402.331 | 2557.531 | 3.83144 |
| 180100.662 | 540567.336 | 2721.799 | 3.74189 |
| 180100.662 | 540732.341 | 2886.150 | 3.67970 |
| 180100.662 | 540897.345 | 3050.573 | 3.62121 |
| 180100.662 | 541062.350 | 3215.054 | 3.57284 |
| 180100.662 | 541227.355 | 3379.587 | 3.53961 |
| 180100.662 | 541392.359 | 3544.164 | 3.51938 |
| 180100.662 | 541557.364 | 3708.779 | 3.50820 |
| 180100.662 | 541722.369 | 3873.426 | 3.50432 |
| 180100.662 | 541887.373 | 4038.103 | 3.50620 |
| 180100.662 | 542052.378 | 4202.806 | 3.51285 |
| 180100.662 | 542217.383 | 4367.532 | 3.52346 |
| 180100.662 | 542382.388 | 4532.278 | 3.53725 |
| 180100.662 | 542547.392 | 4697.042 | 3.55402 |
| 180100.662 | 542712.397 | 4861.822 | 3.57482 |
| 180265.806 | 539412.303 | 1557.607 | 4.35917 |
| 180265.806 | 539577.308 | 1722.394 | 4.26423 |
| 180265.806 | 539742.312 | 1887.220 | 4.19955 |
| 180265.806 | 539907.317 | 2052.074 | 4.03342 |

| | | | |
|------------|------------|----------|---------|
| 180265.806 | 540072.322 | 2216.951 | 3.93708 |
| 180265.806 | 540237.326 | 2381.846 | 3.84965 |
| 180265.806 | 540402.331 | 2546.754 | 3.77045 |
| 180265.806 | 540567.336 | 2711.675 | 3.67493 |
| 180265.806 | 540732.341 | 2876.605 | 3.60841 |
| 180265.806 | 540897.345 | 3041.543 | 3.55654 |
| 180265.806 | 541062.350 | 3206.488 | 3.52132 |
| 180265.806 | 541227.355 | 3371.439 | 3.49907 |
| 180265.806 | 541392.359 | 3536.395 | 3.48699 |
| 180265.806 | 541557.364 | 3701.355 | 3.48292 |
| 180265.806 | 541722.369 | 3866.319 | 3.48504 |
| 180265.806 | 541887.373 | 4031.287 | 3.49225 |
| 180265.806 | 542052.378 | 4196.257 | 3.50352 |
| 180265.806 | 542217.383 | 4361.230 | 3.51807 |
| 180265.806 | 542382.388 | 4526.205 | 3.53537 |
| 180265.806 | 542547.392 | 4691.182 | 3.55507 |
| 180265.806 | 542712.397 | 4856.162 | 3.57661 |
| 180430.951 | 539412.303 | 1557.458 | 4.47595 |
| 180430.951 | 539577.308 | 1722.260 | 4.35332 |
| 180430.951 | 539742.312 | 1887.097 | 4.25197 |
| 180430.951 | 539907.317 | 2051.962 | 4.06132 |
| 180430.951 | 540072.322 | 2216.847 | 3.95094 |
| 180430.951 | 540237.326 | 2381.749 | 3.84400 |
| 180430.951 | 540402.331 | 2546.664 | 3.75037 |
| 180430.951 | 540567.336 | 2711.590 | 3.64342 |
| 180430.951 | 540732.341 | 2876.525 | 3.58126 |
| 180430.951 | 540897.345 | 3041.467 | 3.53984 |
| 180430.951 | 541062.350 | 3206.416 | 3.51352 |
| 180430.951 | 541227.355 | 3371.370 | 3.49866 |
| 180430.951 | 541392.359 | 3536.330 | 3.49271 |
| 180430.951 | 541557.364 | 3701.293 | 3.49381 |
| 180430.951 | 541722.369 | 3866.259 | 3.50053 |
| 180430.951 | 541887.373 | 4031.229 | 3.51172 |
| 180430.951 | 542052.378 | 4196.202 | 3.52651 |
| 180430.951 | 542217.383 | 4361.177 | 3.54417 |
| 180430.951 | 542382.388 | 4526.154 | 3.56421 |
| 180430.951 | 542547.392 | 4691.133 | 3.58623 |
| 180430.951 | 542712.397 | 4856.114 | 3.60993 |
| 180596.095 | 539412.303 | 1574.725 | 4.70807 |
| 180596.095 | 539577.308 | 1737.890 | 4.51889 |
| 180596.095 | 539742.312 | 1901.373 | 4.36471 |
| 180596.095 | 539907.317 | 2065.098 | 4.13794 |
| 180596.095 | 540072.322 | 2229.012 | 4.01006 |
| 180596.095 | 540237.326 | 2393.075 | 3.88001 |
| 180596.095 | 540402.331 | 2557.260 | 3.76634 |
| 180596.095 | 540567.336 | 2721.544 | 3.65899 |
| 180596.095 | 540732.341 | 2885.910 | 3.60438 |
| 180596.095 | 540897.345 | 3050.345 | 3.56880 |
| 180596.095 | 541062.350 | 3214.839 | 3.54724 |
| 180596.095 | 541227.355 | 3379.382 | 3.53607 |
| 180596.095 | 541392.359 | 3543.968 | 3.53309 |
| 180596.095 | 541557.364 | 3708.592 | 3.53662 |
| 180596.095 | 541722.369 | 3873.247 | 3.54537 |
| 180596.095 | 541887.373 | 4037.932 | 3.55822 |
| 180596.095 | 542052.378 | 4202.641 | 3.57450 |
| 180596.095 | 542217.383 | 4367.373 | 3.59359 |
| 180596.095 | 542382.388 | 4532.125 | 3.61498 |
| 180596.095 | 542547.392 | 4696.894 | 3.63819 |
| 180596.095 | 542712.397 | 4861.679 | 3.66332 |
| 180761.240 | 539412.303 | 1608.847 | 5.03347 |
| 180761.240 | 539577.308 | 1768.867 | 4.74536 |
| 180761.240 | 539742.312 | 1929.728 | 4.52660 |
| 180761.240 | 539907.317 | 2091.234 | 4.35689 |
| 180761.240 | 540072.322 | 2253.247 | 4.09232 |
| 180761.240 | 540237.326 | 2415.665 | 3.94856 |
| 180761.240 | 540402.331 | 2578.412 | 3.83196 |
| 180761.240 | 540567.336 | 2741.428 | 3.75153 |

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| ADEGUAMENTO TOMBINO PK.2+104 (ASSE C) RELAZIONE DI CALCOLO | <i>Codice documento</i> CS0561_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | | |
|------------|------------|----------|---------|
| 180761.240 | 540732.341 | 2904.670 | 3.67480 |
| 180761.240 | 540897.345 | 3068.099 | 3.64039 |
| 180761.240 | 541062.350 | 3231.689 | 3.62069 |
| 180761.240 | 541227.355 | 3395.416 | 3.61170 |
| 180761.240 | 541392.359 | 3559.261 | 3.61049 |
| 180761.240 | 541557.364 | 3723.208 | 3.61540 |
| 180761.240 | 541722.369 | 3887.245 | 3.62527 |
| 180761.240 | 541887.373 | 4051.360 | 3.63912 |
| 180761.240 | 542052.378 | 4215.545 | 3.65617 |
| 180761.240 | 542217.383 | 4379.792 | 3.67585 |
| 180761.240 | 542382.388 | 4544.093 | 3.69803 |
| 180761.240 | 542547.392 | 4708.444 | 3.72095 |
| 180761.240 | 542712.397 | 4872.838 | 3.74440 |