



# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

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

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

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

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI SICILIA	SS0559_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>	SOTTOPASSO – SOTTOVIA RFI	
<i>Titolo del documento</i>	RELAZIONE GEOTECNICA	

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	R	B	D	S	S	C	0	0	S	P	S	4	0	0	0	0	0	1	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	A. CONTARDI	G. SCIUTO	F. COLLA



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

INDICE .....	3
PREMESSA.....	5
1 RIFERIMENTI NORMATIVI .....	5
2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	6
3 CARATTERISTICHE MATERIALI.....	7
3.1 Calcestruzzi (Secondo UNI 11104 - 2004).....	7
3.1.1 Acciaio per armature (Secondo NTC 2008 – D.M. 14/01/2008) .....	8
4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	10
4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA.....	10
4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO.....	12
4.2.1 Descrizione delle litologie .....	12
4.2.2 Indagini previste .....	12
4.2.3 Caratterizzazione geotecnica.....	13
4.2.4 Parametri principali assunti.....	38
4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO .....	39
4.3.1 Vita nominale.....	39
4.3.2 Classe d'uso .....	39
4.3.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica .....	39
4.3.4 Parametri di progetto .....	40
4.3.5 Classificazione sismica del terreno .....	41
4.3.6 Spettro di risposta elastico in accelerazione .....	42
4.3.7 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali.....	42
5 ANALISI DELLE FONDAZIONI SCATOLARE LATO SUD .....	45
5.1 ANALISI DEL SISTEMA FONDAZIONALE.....	45
5.2 COMBINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI.....	45
5.3 RISULTATI DELL'ANALISI.....	47
5.4 VERIFICHE GEOTECNICHE .....	48
5.4.1 MODELLO DI CALCOLO.....	48
5.4.1.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO .....	48
5.4.1.2 VERIFICHE APPROCCIO 1 – COMBINAZIONE 1 .....	59
5.4.1.3 VERIFICHE APPROCCIO 1 – COMBINAZIONE 2 .....	67

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.4.1.4	VERIFICHE SLE - CEDIMENTI .....	76
5.4.1.5	VALUTAZIONE DEI RISULTATI .....	90
6	ANALISI DELLE FONDAZIONI SCATOLARE LATO NORD .....	91
6.1	ANALISI DEL SISTEMA FONDAZIONALE .....	91
6.2	COMBINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI .....	91
6.3	MASSIME AZIONI SUI PALI .....	93
6.4	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	96
6.4.1	MODELLO DI CALCOLO .....	96
6.4.1.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO .....	96
6.4.1.2	VERIFICHE SLE - CEDIMENTI .....	147
6.4.1.3	VALUTAZIONE DEI RISULTATI .....	168

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## PREMESSA

La presente relazione geotecnica tratta il sottopasso denominato RFI, ideato come opera con finalità di attraversamento della carreggiata autostradale facente parte dei collegamenti lato Sicilia del ponte sullo stretto di Messina; tale opera d'arte risulta necessaria per il raggiungimento tramite una strada di servizio dei binari posti tra i rilevati delle due carreggiate dell'asse principale dell'Autostrada.

Alla progressiva che caratterizza il sottopasso i binari ferroviari RFI sono posti esattamente tra le carreggiate dell'asse principale dell'Autostrada caratterizzati da rilevati di altezza piuttosto elevata e sorretti da appositi muri di sostegno; tale morfologia, vista la necessità di avere una strada di servizio in grado di raggiungere i binari da entrambe le direzioni, comporta la necessità di avere 2 sottopassi distinti, denominati quindi Lato Sud e Lato Nord.

La presente relazione di calcolo tratta il sottopasso denominato RFI lato SUD ideato come opera con finalità di attraversamento della carreggiata autostradale.

L'opera in questione risulta totalmente interrata, in coerenza con i presupposti logici di tale tipologia strutturale.

### 1 RIFERIMENTI NORMATIVI

I calcoli delle strutture sono stati eseguiti in base alle seguenti disposizioni:

- Legge 5/11/1971 n° 1086: "Norme per le discipline delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica".
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- D.M. del 14/01/2008 - "Norme Tecniche per le Costruzioni 2008"
- Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14/01/2008 – Circolare 2 febbraio 2009 n. 617.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] SEAOC Blue Book “Conceptual Framework for Performance-Based Seismic Design”, Appendix B (2000).
- [2] Gruppo di Lavoro (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici).
- [3] Priestley M.J.N., Seible F. e Calvi G.M. “Seismic Design and Retrofit of Bridges”, J. Wiley & Sons, Inc. (1996).
- [4] Migliacci A. e Mola F., “Progetto agli stati limite delle strutture in c.a.”. Parte prima e seconda, Ed. Masson. 1996.
- [5] FEMA 440 – “Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures”, prepared by ATC, ATC-55 Project, Redwood City CA, June 2005.
- [6] FEMA 440 – “Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures”, prepared by ATC, ATC-55 Project, Redwood City CA, June 2005.
- [7] M. W. O’Neill and L. C. Reese “Drilled shafts: construction procedures and design methods”, prepared for U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration; printed by ADSC: The International Association of Foundation Drilling, pub. n. ADSC-TL 4, August 1999.
- [8] CALTRANS “Seismic Design Criteria” Version 1.1; California department of transportation, USA, July 1999.
- [9] ATC-32 “Improved Seismic Design Criteria for California Bridges: Provisional Recommendations” Version 1.1; California, USA, June 1996.
- [10] ATC-49 “Recommended LRFD guidelines for the seismic design of highway bridges. Part I: Specifications. Part II: Commentary and Appendices”, ATC/MCEER Joint Venture, USA, June 2003.
- [11] Roesset J.M. [1969] “Fundamentals of soil amplification”, Conference on Seismic Design for Nuclear Power Plants, MIT, Ed. by Robert J. Hansen, Vol 1, pp. 183-244.
- [12] Mylonakis G. [2001] “Simplified model for seismic pile bending at soil layer interfaces”, The Japanese Geotechnical Society, Vol. 41, No. 4(20010815), pp. 47-58.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3 CARATTERISTICHE MATERIALI

#### 3.1 Calcestruzzi (Secondo UNI 11104 - 2004)

##### Per sottofondazioni

classe di resistenza

C12/15

classe di esposizione

XC0

##### Fondazioni

classe di resistenza

C25/30

modulo elastico

$E_c = 31.476 \text{ N/mm}^2$

resistenza caratteristica a compressione cilindrica

$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$

resistenza media a compressione cilindrica

$f_{cm} = 33,00 \text{ N/mm}^2$

resistenza di calcolo a compressione

$f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$

resistenza a trazione ( valore medio )

$f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2$

resistenza caratteristica a trazione

$f_{ctk} = 1,79 \text{ N/mm}^2$

resistenza caratteristica a trazione per flessione

$f_{ctk} = 2,15 \text{ N/mm}^2$

tensione a SLE – combinazione rara

$\sigma_c = 14,94 \text{ N/mm}^2$

tensione a SLE – combinazione quasi permanente

$\sigma_c = 11,20 \text{ N/mm}^2$

copriferro

$C = 40 \text{ mm}$

classe di esposizione

XC2

classe di consistenza slump

S4

max dimensione aggregati

$D_{max} = 32 \text{ mm}$

rapporto A/C massimo

0,50

##### Pali di fondazione

classe di resistenza

C25/30

modulo elastico

$E_c = 31.476 \text{ N/mm}^2$

resistenza caratteristica a compressione cilindrica

$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$

resistenza media a compressione cilindrica

$f_{cm} = 33,00 \text{ N/mm}^2$

resistenza di calcolo a compressione

$f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$

resistenza a trazione ( valore medio )

$f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2$

resistenza caratteristica a trazione

$f_{ctk} = 1,79 \text{ N/mm}^2$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

resistenza caratteristica a trazione per flessione	$f_{ctk} =$	2,15	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione rara	$\sigma_C =$	14,94	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione quasi permanente	$\sigma_C =$	11,20	N/mm <sup>2</sup>
copriferro	$C =$	40	mm
classe di esposizione		XC2	
classe di consistenza slump		S4	
max dimensione aggregati	$D_{max} =$	32	mm
rapporto A/C massimo		0,50	

### **Elevazioni, muri, solette**



classe di resistenza		C32/40	
modulo elastico	$E_c =$	33.346	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} =$	32,00	N/mm <sup>2</sup>
resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} =$	40,00	N/mm <sup>2</sup>
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} =$	18,13	N/mm <sup>2</sup>
resistenza a trazione ( valore medio )	$f_{ctm} =$	3,02	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} =$	2,11	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica a trazione per flessione	$f_{ctk} =$	2,65	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione rara	$\sigma_C =$	19,92	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione quasi permanente	$\sigma_C =$	14,94	N/mm <sup>2</sup>
copriferro	$C =$	40	mm
classe di esposizione	XC4	XS1	XF2
classe di consistenza slump		S4	
max dimensione aggregati	$D_{max} =$	32	mm
rapporto A/C massimo		0,50	

Per il calcestruzzo ordinario armato si assume il seguente peso per unità di volume:

$$\rho'_{cls} = \boxed{25} \text{ kN/m}^3$$

### **3.1.1 Acciaio per armature (Secondo NTC 2008 – D.M. 14/01/2008)**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_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						

		B450C	
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} =$	450	N/mm <sup>2</sup>
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} =$	540	N/mm <sup>2</sup>
resistenza di calcolo a trazione	$f_{yd} =$	391,30	N/mm <sup>2</sup>
modulo elastico	$E_s =$	206.000	N/mm <sup>2</sup>
deformazione caratteristica al carico massimo	$\varepsilon_{uk}$	7,50	%
deformazione di progetto	$\varepsilon_{ud}$	6,75	%
Coeff. resistenza a instabilità delle membrature	$\gamma_m =$	1,10	

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

### 4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

La presente relazione di calcolo tratta i sottopassi denominati LATO SUD e LATO NORD ideati come opere con finalità di attraversamento della carreggiata autostradale per permettere il raggiungimento dei binari della linea presente, nel tratto in questione, tra le due carreggiate.

L'opera lato Sud risulta totalmente interrata, in coerenza con i presupposti logici di tale tipologia strutturale. Geometricamente essa è schematizzabile come uno scatolare a sezione quadrata realizzato in c.a, caratterizzato da uno sviluppo longitudinale di 16,45 m. La soletta di base presenta una larghezza di 7,50 m e uno spessore pari a 1,00 m. Lateralmente ad essa corrono due muri laterali che presentano uno stacco in elevazione variabile tra i 5,72 e i 6,30 m. Il completamento dello schema scatolare è quindi realizzato previa interposizione tra la sommità dei muri laterali e il terreno sovrastante di una soletta superiore spessa 0,80 m.

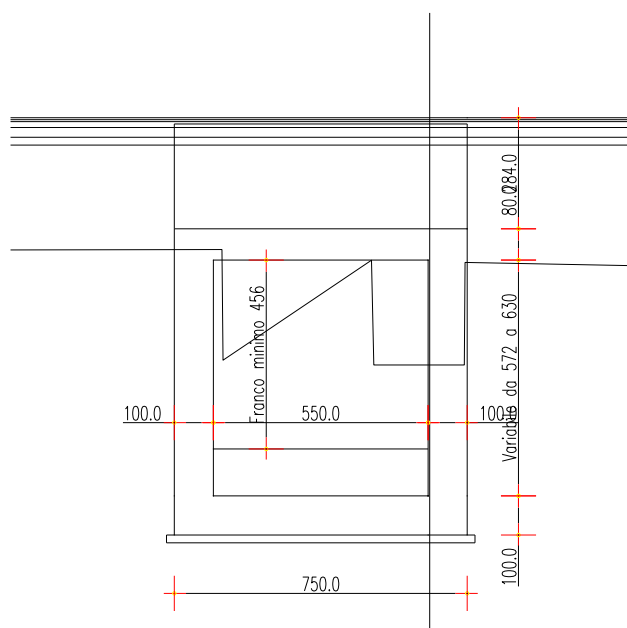




Figura 4.1 – Sezione tipo sottopasso RFI lato sud.

Anche l'opera lato Nord risulta totalmente interrata. Geometricamente essa è schematizzabile come uno scatolare a sezione quadrata realizzato in c.a. Lateralmente corrono due muri laterali formati da berlinesi di pali  $\varnothing 1000$  disposti con interasse 1.200 mm di lunghezza totale 16,00 m dotati di 2 ordini di tiranti provvisori. Il completamento dello schema scatolare è quindi realizzato

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_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						

previa interposizione tra la sommità dei muri laterali e il terreno sovrastante di una soletta superiore spessa 0,80 m.

A nord dello scatolare sono infine previsti delle berlinesi di sostegno del terreno in adiacenza alla sede della strada di servizio suddivisi in tratti a 2 ordini di tiranti e a 1 ordine di tiranti.

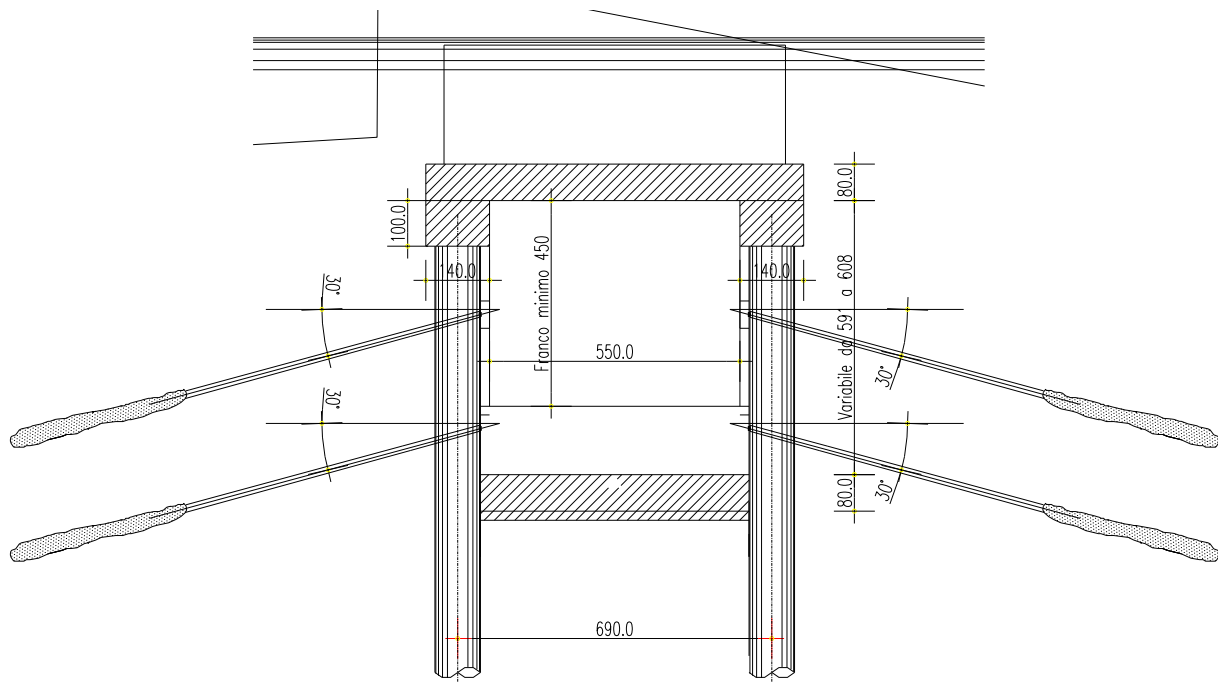


Figura 4.2 – Sezione tipo sottopasso RFI lato Nord.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

### 4.2.1 Descrizione delle litologie

Le litologie presenti sono le Sabbie e Ghiaie di Messina e i Depositi Terrazzati Marini.

La litologia prevalente è costituita dalla formazione delle Sabbie e Ghiaie di Messina.

I materiali in oggetto sono granulometricamente descritti come ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane.

Si rilevano strati di ghiaie cementate, come si evidenzia nei rilievi effettuati nelle aree di imbocco della galleria stradale Faro Superiore; in questi rilievi la ghiaia si presenta più o meno debolmente cementata e molto addensata. Lo scheletro si presenta costituito da ghiaie e ciottoli eterometrici arrotondati ed appiattiti.

I Depositi Terrazzati Marini sono invece 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.

La falda non risulta interferente con le opere.

### 4.2.2 Indagini previste

Data l'esiguità delle prove (S408), si è scelto di tenere conto anche delle prove effettuate nei sondaggi utilizzati per caratterizzare la zona dell'ancoraggio della tratta stradale e ferroviaria da 0 ad 1+0 km.

I sondaggi di riferimento per la presente tratta sono S9 (campagna del 1984), S13 (campagna del 1987), AS-BH4, SPT8-AS, DMT1-AS, DMT2-AS (campagna del 1988), S102pz, S103pz e S104pz (campagna del 1992), SPPS00 e SPPS09 (campagna del 2002), S407, S408, S408bis, S409, S409bis, S411, ASLPT2508, ASCH1501, ASLPT3503, ASLPT3506, ASCH1504 (campagna del 2010).

Data l'esiguità di indagini che raggiungano i primi 30 m di profondità per la caratterizzazione sismica del suolo, alla zona in esame si assegna cautelativamente la categoria di suolo sismico (secondo N.T.C. 2008) di classe **C**.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

#### Sabbie e Ghiaie di Messina

- Prove granulometriche (sondaggio SPPS00 e SPPS09) ;
- SPT (sondaggi S9, S408, S409, S409bis, S411, SPPS00 ,SPPS09, ASLPT2508, ASCH1501, ASLPT3503, ASLPT3506, ASCH1504, SPT8-AS, S102pz,S103pz, S104pz) ;
- prove sismiche in foro (S408, SPPS00, SPPS02, S108pz, BH4-AS, ASCH1504, ASCH1501) ;
- prove pressiometriche (sondaggi S409);
- prove dilatometriche (S408, DMT1-AS, DMT2-AS) ;
- 6 prove Le Franc (sondaggi S408, S409).

#### Depositi terrazzati marini

- Prove granulometriche (sondaggio S411, da PE101 a PE109) ;
- SPT (sondaggio S409) ;
- 1 prova Down Hole (sondaggio ASCH1504) ;
- 1 prova dilatometrica (DMT2-AS) .

### **4.2.3 Caratterizzazione geotecnica**

#### **Sabbie e Ghiaie di Messina**

In questa tratta la formazione si presenta, dalle prove SPT analizzate, in egual misura composta da sabbie e ghiaie con densità relative che sembrerebbero diminuire con la profondità mostrando uno stato di addensamento medio.

Con riferimento al fuso medio (155 prove granulometriche) si ha che:  $d_{50}=2.2\text{mm}$ ,  $d_{60}=4\text{mm}$  e  $d_{10}=0.03\text{mm}$ . Le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo sono rispettivamente di 51%, 36%, 11%.

- **Dr:** I valori di  $N_{\text{spt}}$  sono stati corretti con il fattore correttivo  $C_{\text{sg}}=0.55$  corrispondente al  $d_{50}=2.2\text{mm}$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- $e_o$ : a partire dal  $d_{50}$  stimato si ottiene di  $e_{max}-e_{min}$  pari a 0.26, non dissimile dai valori reperibili in letteratura ( $0.17 < e_{max}-e_{min} < 0.29$ ) Stimando per  $e_{max}$  un valore pari a 0.7 a partire dai valori di  $D_r$  è stato possibile determinare i valori di  $e_o$  in sito.
- $\gamma_d$  : in base a tali valori di  $e_o$  e da  $\gamma_s$  si può stimare  $\gamma_{d_s} = 18-20 \text{KN/m}^3$
- $K_0$ : si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di “aging”.

I primi 20 m sembrerebbero maggiormente addensati soprattutto nella porzione sabbio-ghiaiosa, probabilmente a causa dell’influenza del grado di sovraconsolidazione che ha caratterizzato alcune zone erose e/o del debole grado di cementazione.

Per i parametri di resistenza si ha:



z(m)	Dr(%) sabbie e ghiaie	$\phi'_p$ (pff=0-272KPa) (°)	$\phi'_{cv}$ (°)	$K_0$
<b>0-20</b>	<b>40-70</b>	<b>38-42</b>	<b>33-35</b>	<b>0.45-0.5</b>
<b>&gt;20</b>	<b>35-60</b>	<b>37-39</b>	<b>33-35</b>	<b>0.45-0.5</b>

Come parametri operativi per l’angolo d’attrito si utilizzerà  $\phi' = 38-40$ .

I parametri di deformabilità ricavabili dall’interpretazione delle prove sismiche in foro presentano una grande dispersione anche nell’ambito del medesimo contesto (da 300m/s ad oltre 800m/s).

Valori generalmente crescenti con la profondità si sono registrati nelle sismiche in foro ASCH1504 e ASCH1501 che comunque hanno evidenziato valori localmente molto variabili, non sempre correlabili, in base ai dati ricavabili dalle colonne stratigrafiche, con la variazione granulometrica; ad esempio nei primi 15m÷20m le Vs appaiono maggiori di quelle misurate fino a 30-35m di profondità, e risultano mediamente pari a circa 400m/s, in analogia a quanto rilevabile dai maggiori valori di densità relativa.

La variabilità locale rende una correlazione delle Vs sismiche con quelle ricavate dalle correlazioni di prove SPT alquanto difficoltosa; si ottiene comunque una buona correlazione con i valori medi o minimi delle Vs sismiche (tranne che nel caso della sismica ASCH1504) per profondità tra 20 e

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

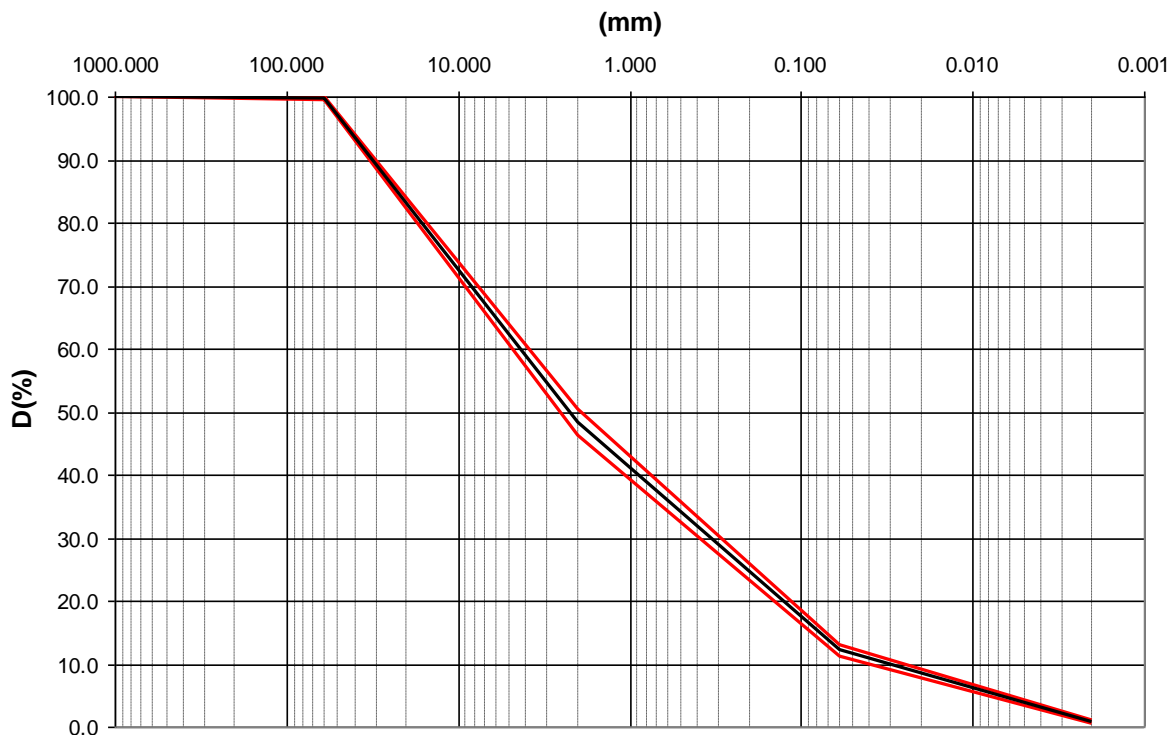
50m.

Una stima dei moduli, considerando anche l'esito delle prove sismiche è riportata in tabella.

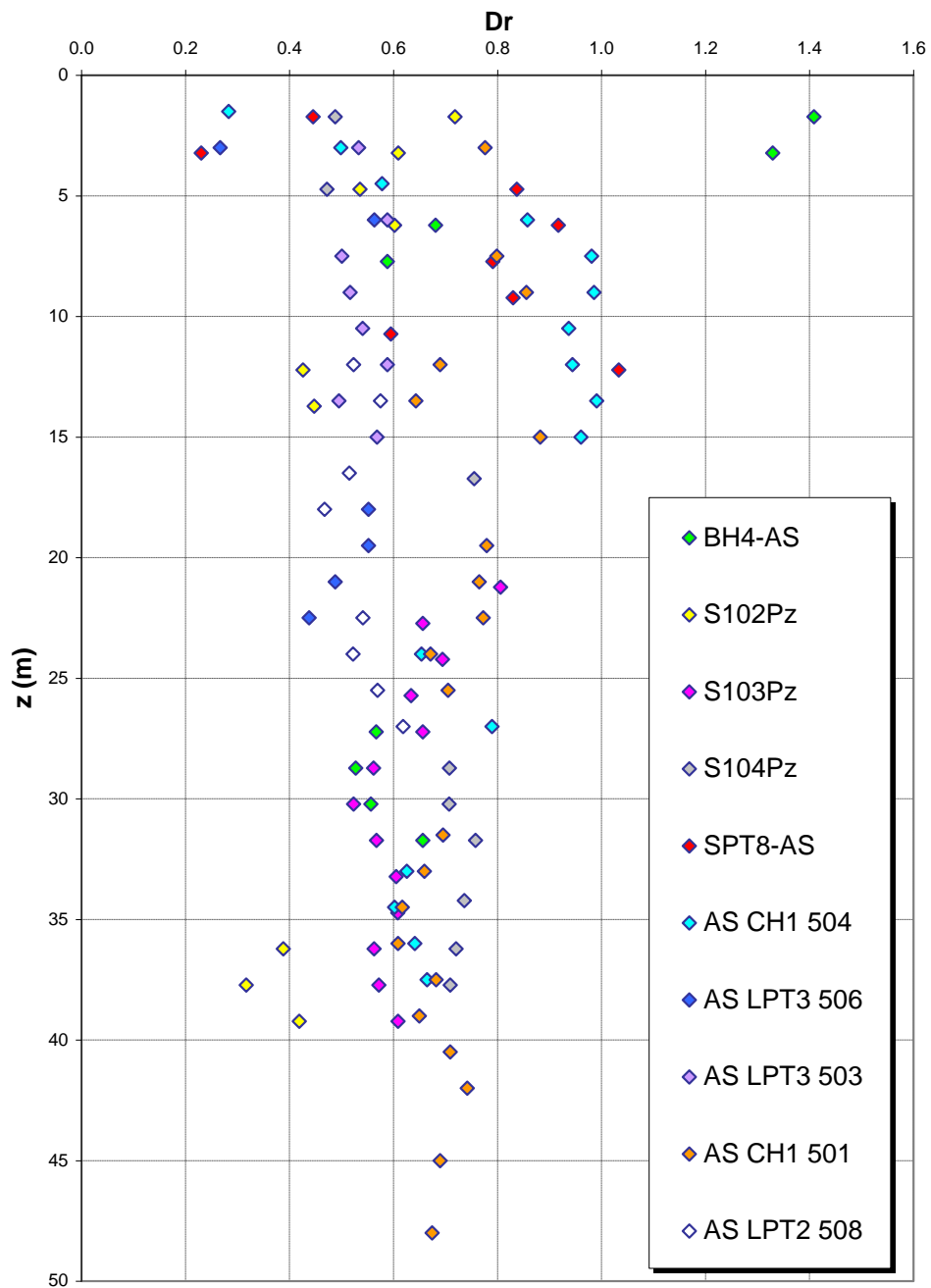
z(m)	$G_0$ (MPa)	$E_0$ (MPa)	$E'$ (MPa)
0-20	<b>200-400</b>	<b>480-960</b>	<b>65-160 / 128-320</b>
20-50	$G_0 = 25 z^{0.64}$	$E_0 = 60 z^{0.64}$	<b><math>9-23 z^{0.64}</math></b>

I Le prove pressiometriche forniscono valori molto discordanti (S408, ramo di scarico e ricarico,  $E' = 170$  MPa e 300 MPa a 26 e a 34m di profondità e circa 400MPa in S409 contro il range 30-100 MPa nelle dilatometriche DMT1AS e DMT2AS) .

### Sabbie e Ghiaie di Messina

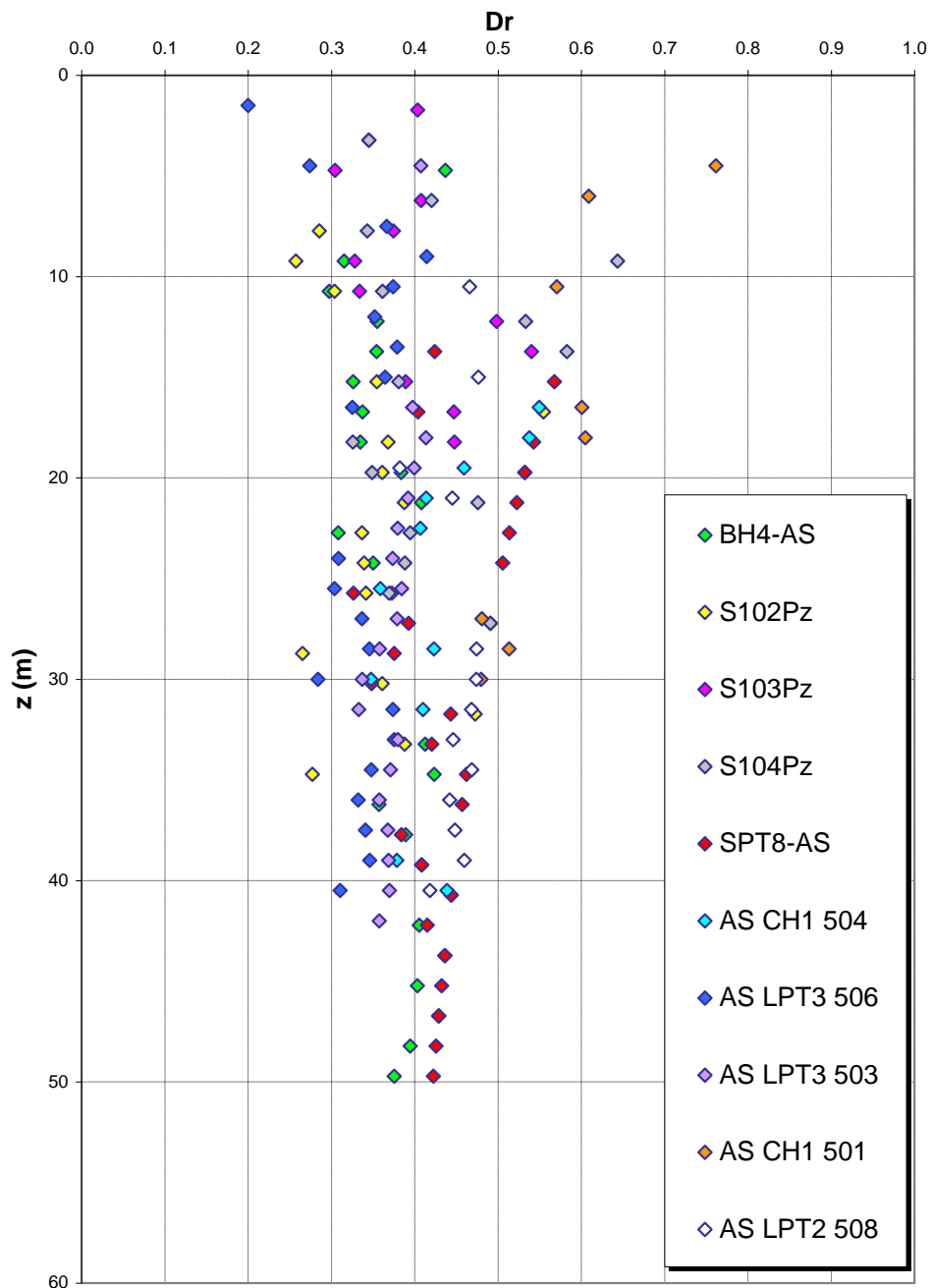


**Dr Skempton (1986)  
Componente sabbiosa prevalente  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**

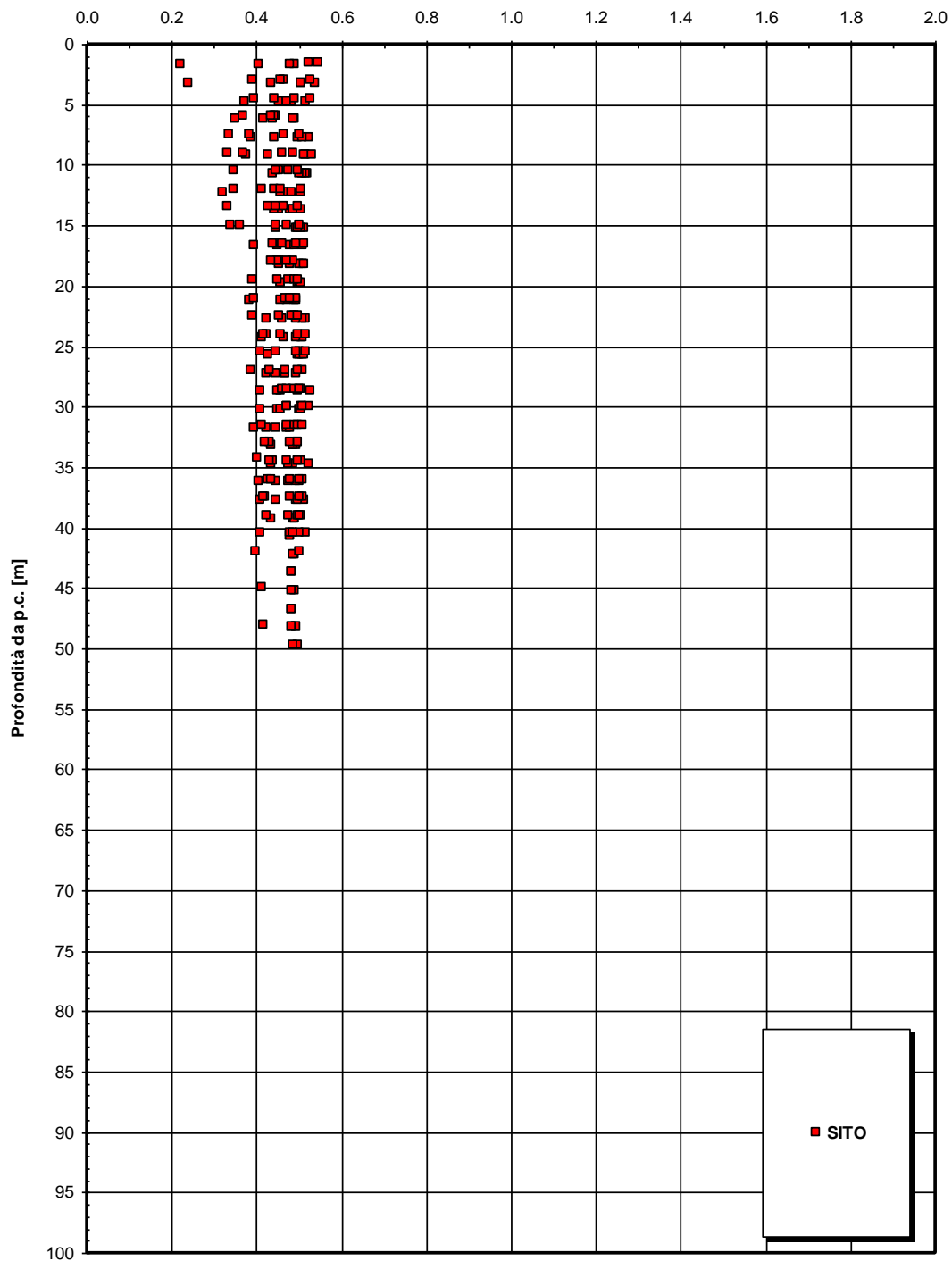


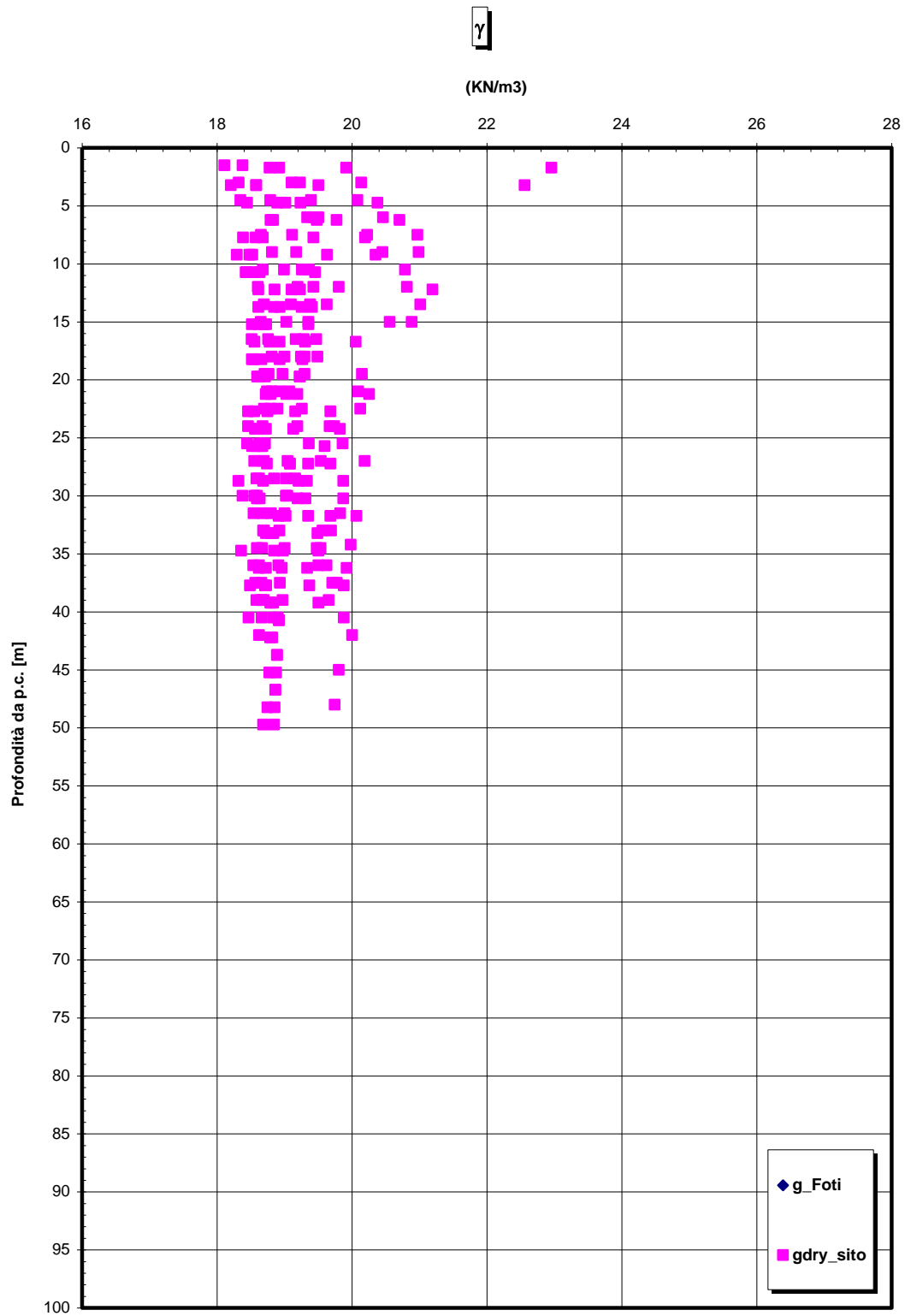


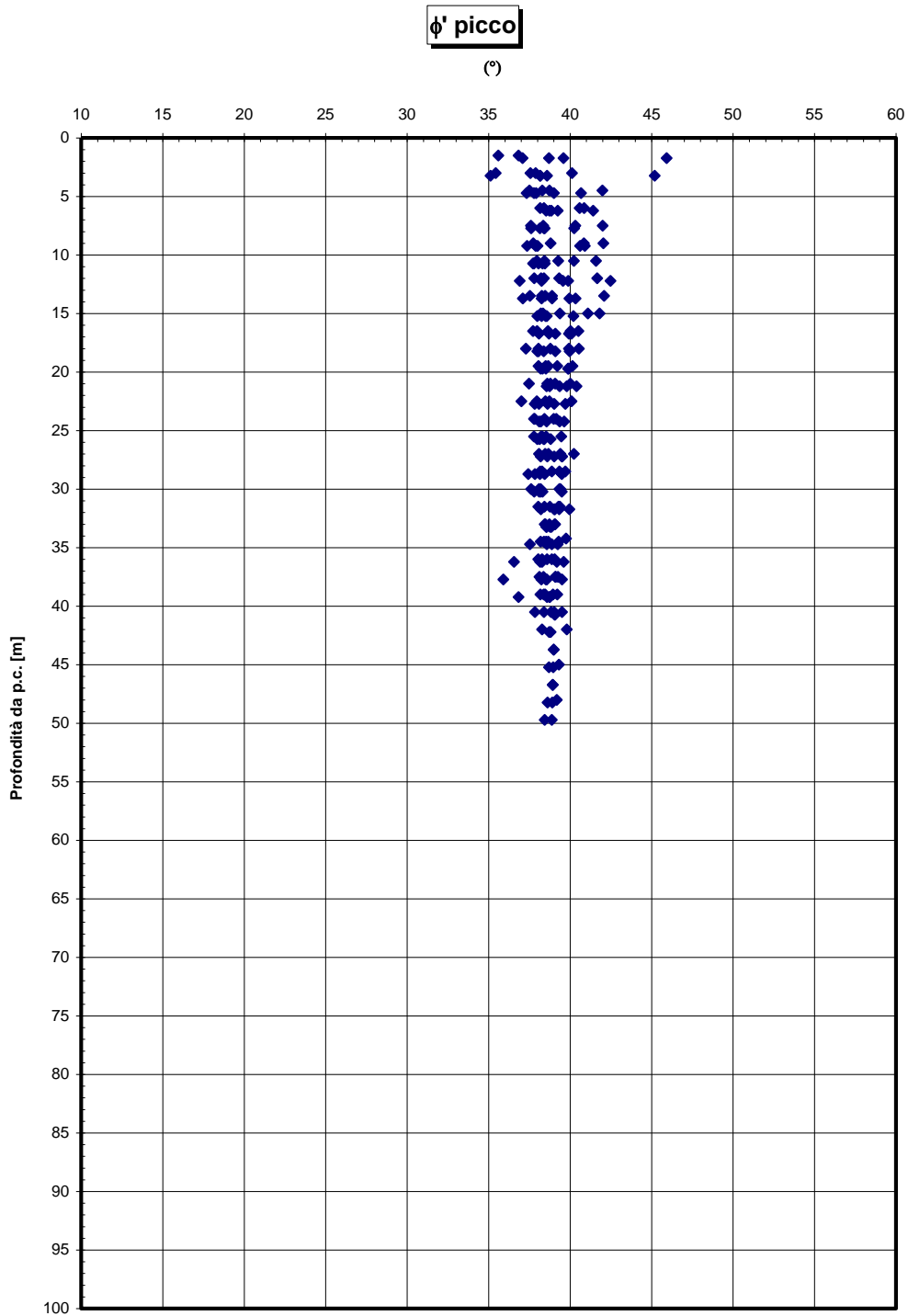
**Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)  
Componente ghiaiosa e sabbiosa  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**

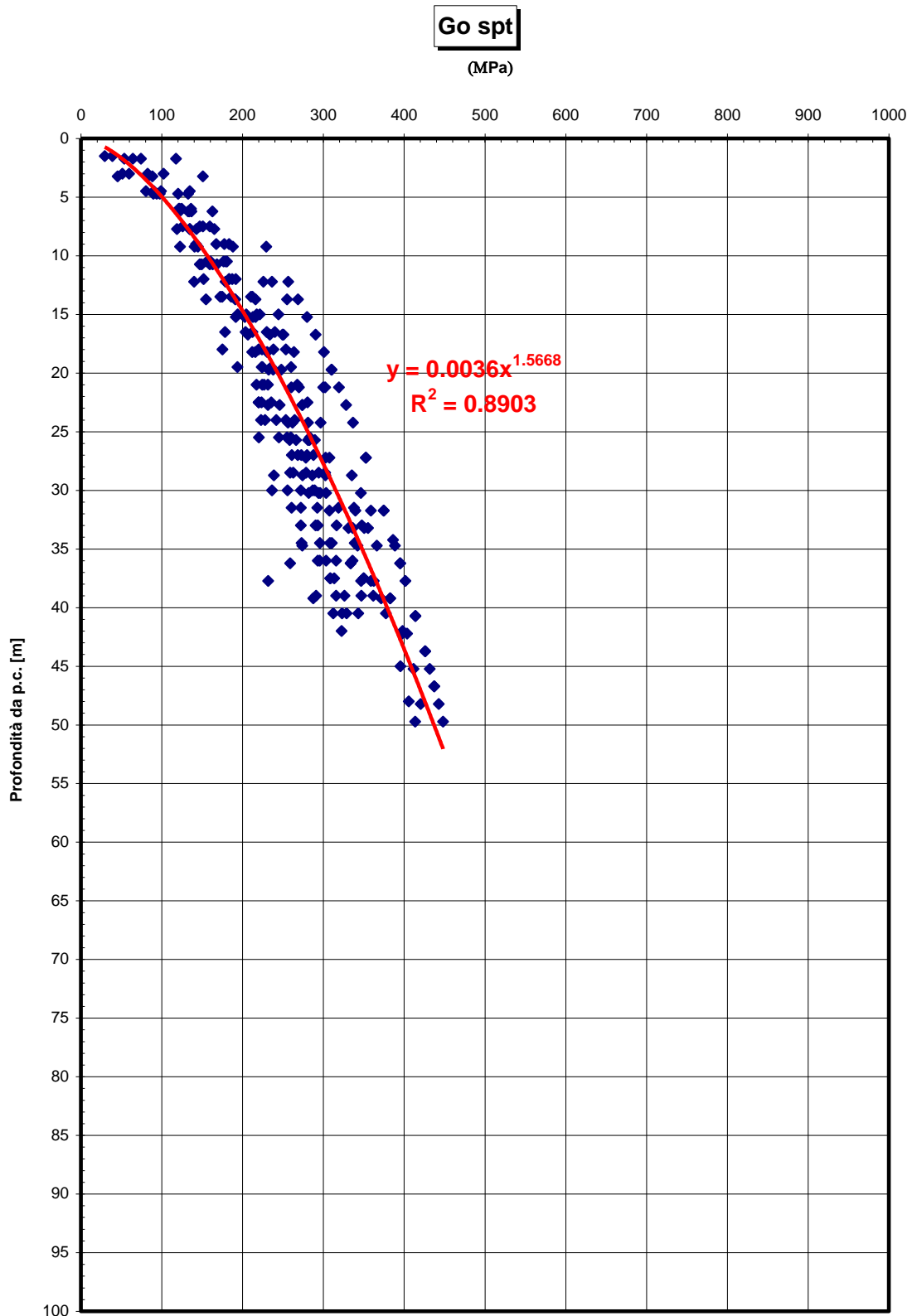


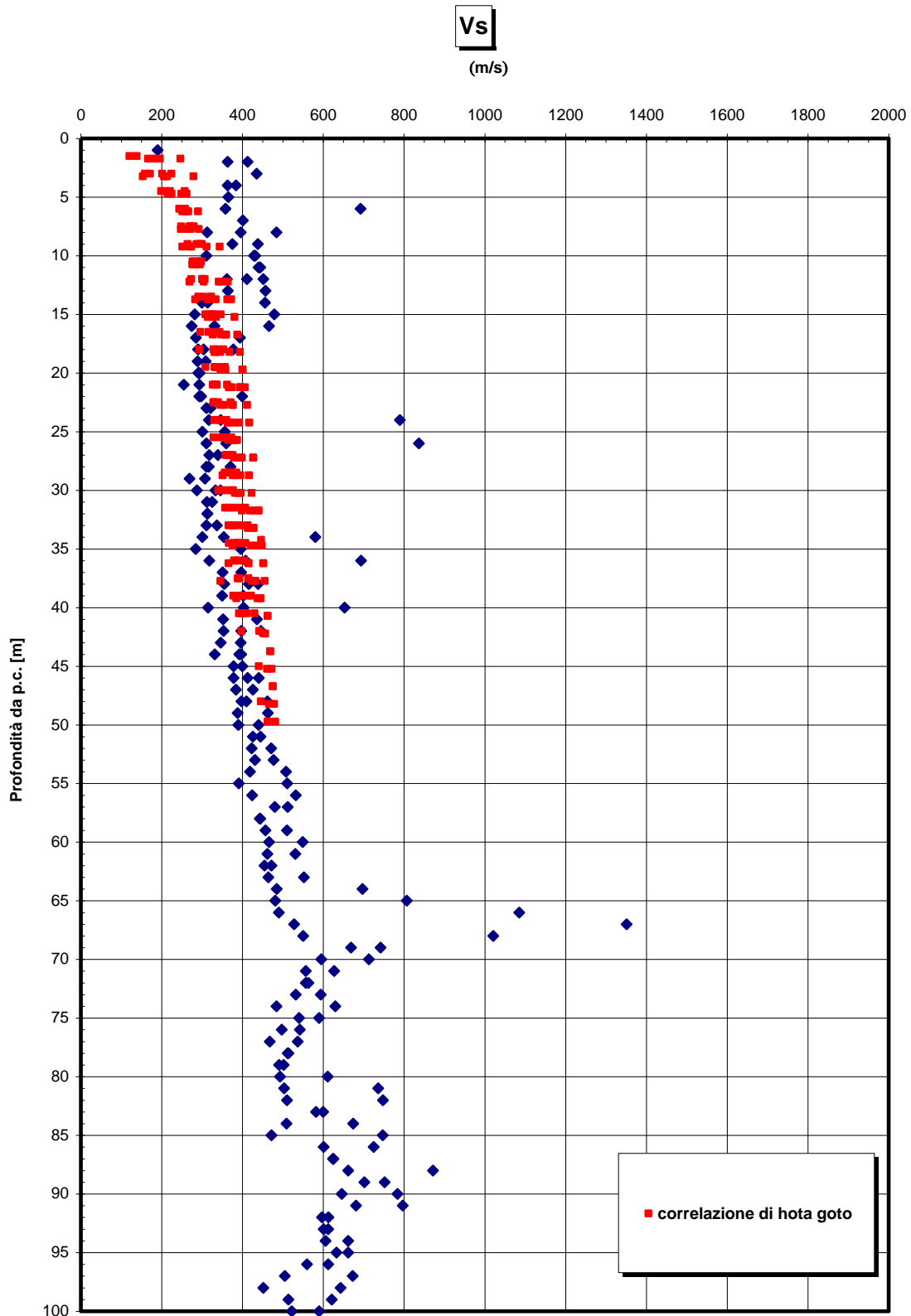
eo



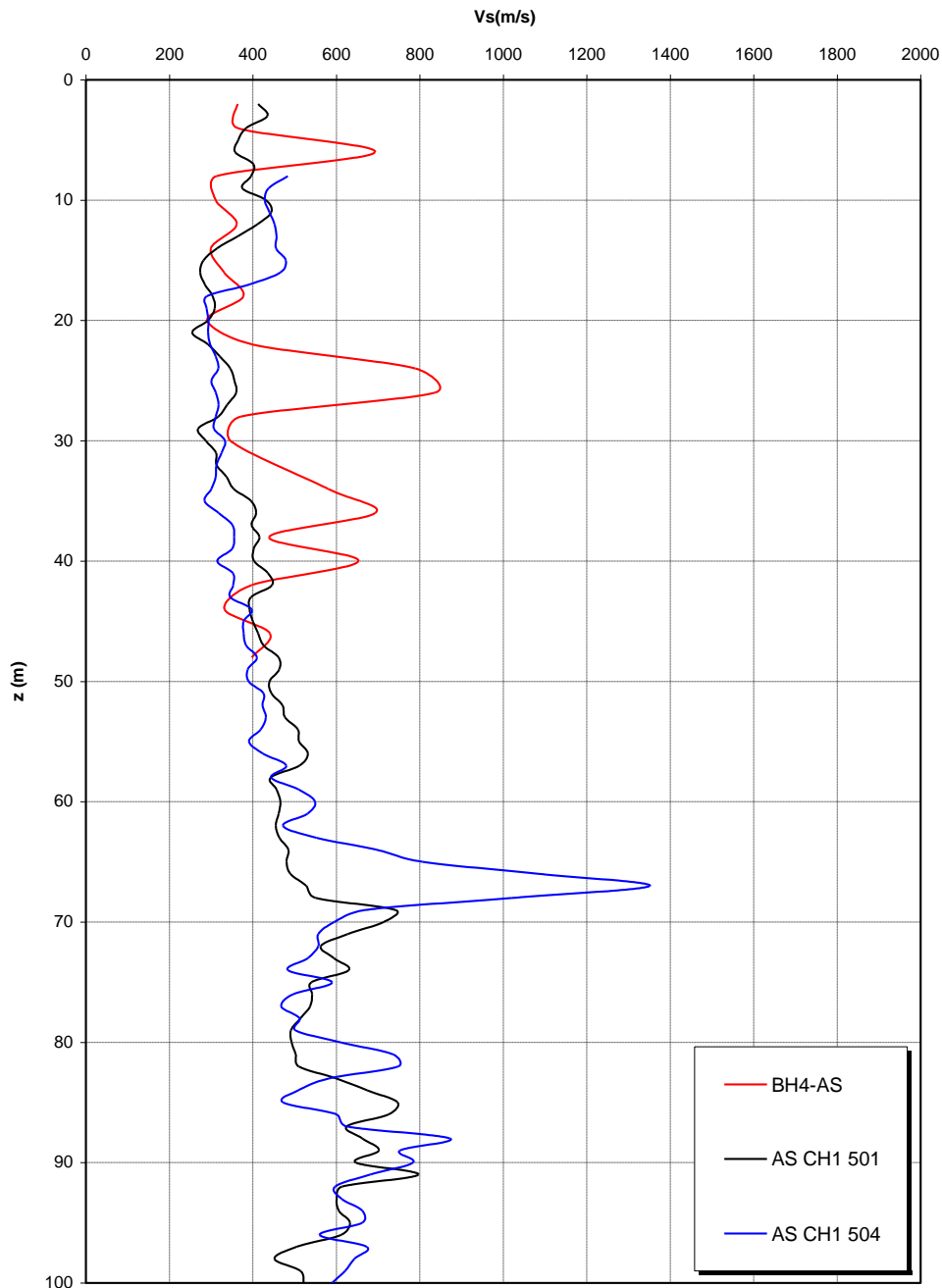






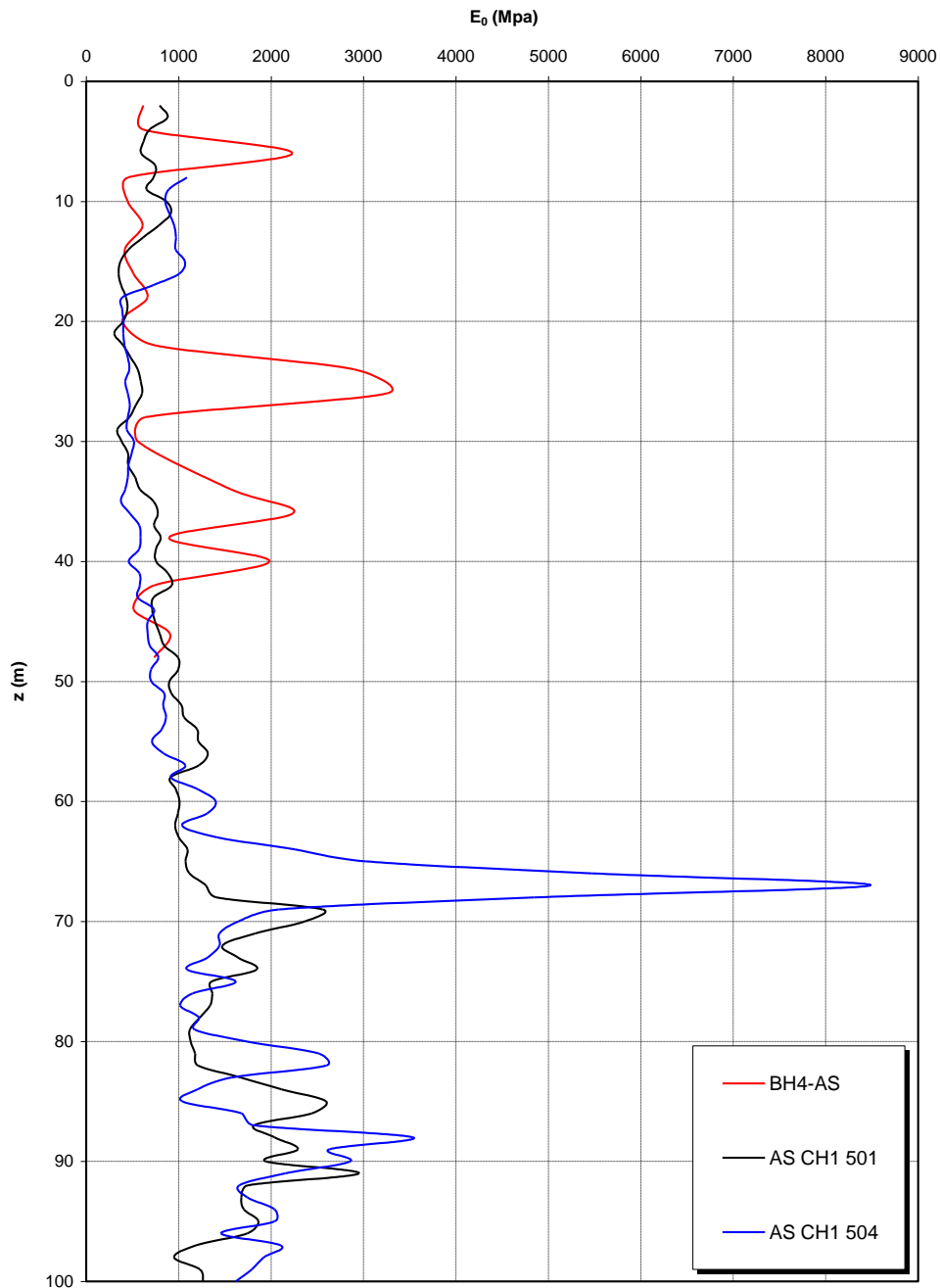


**Prove sismiche  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**



Zona dell'ancoraggio del ponte

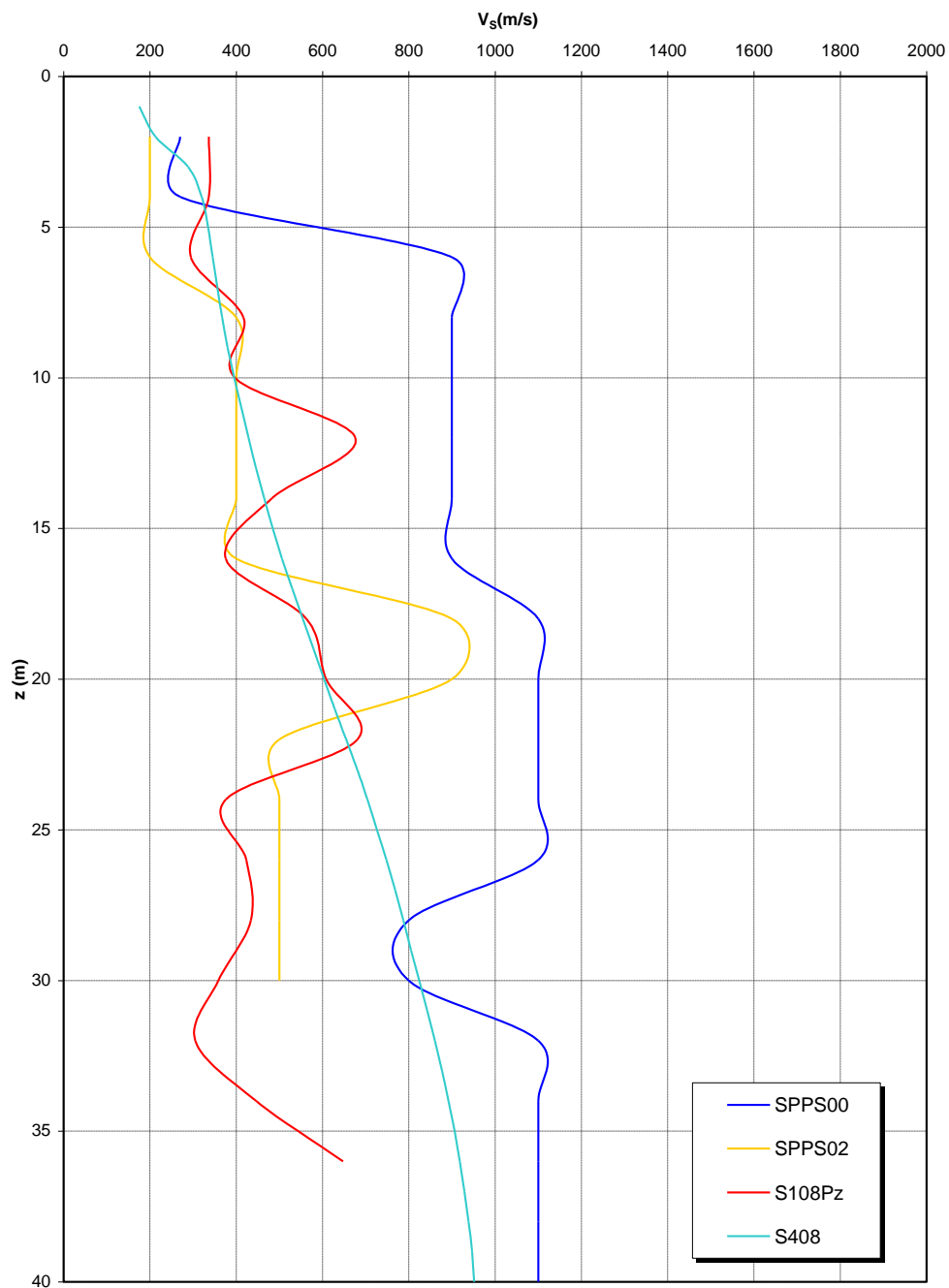
**Prove sismiche  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**



Zona dell'ancoraggio del ponte



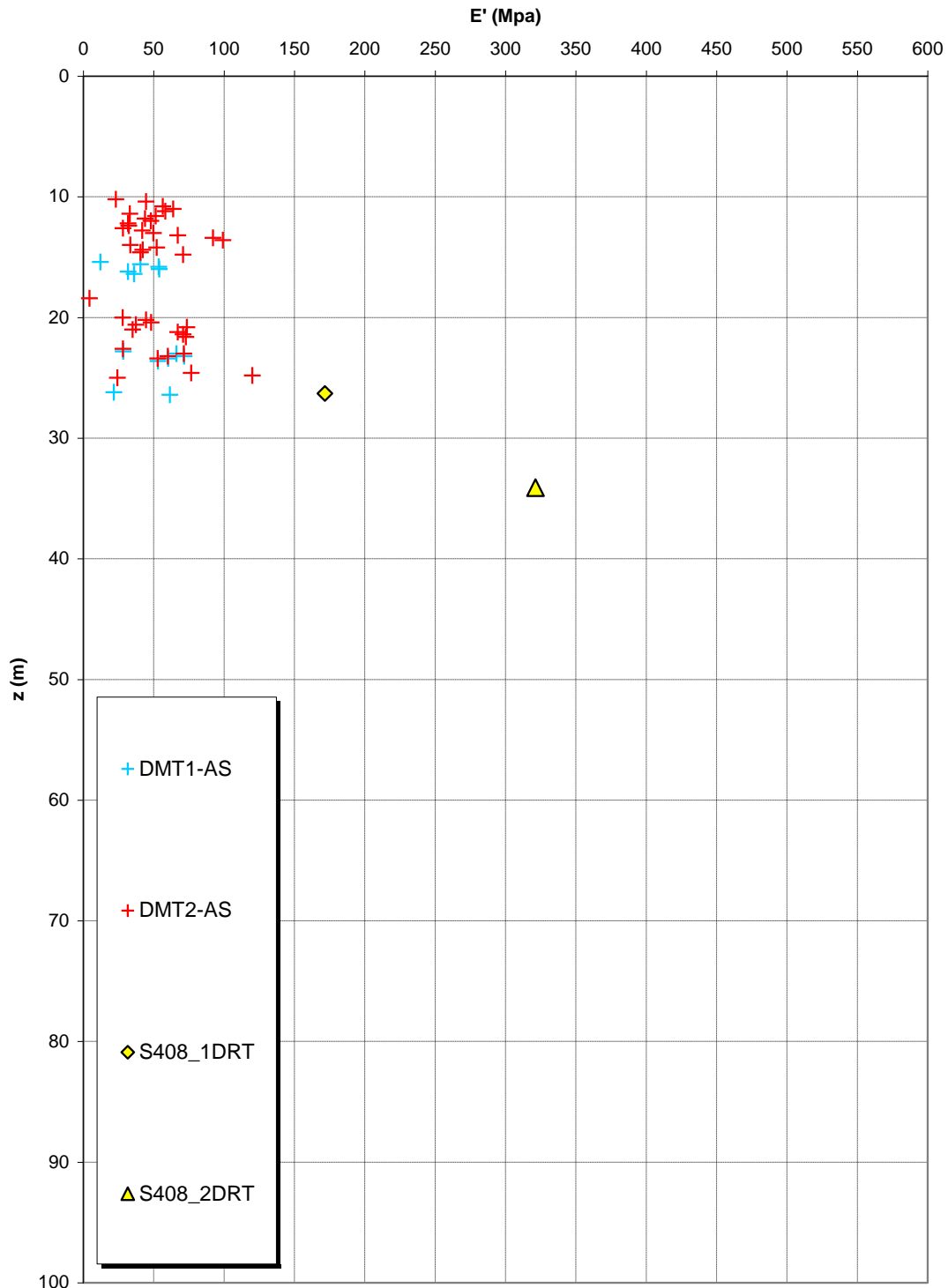
**Prove sismiche  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**



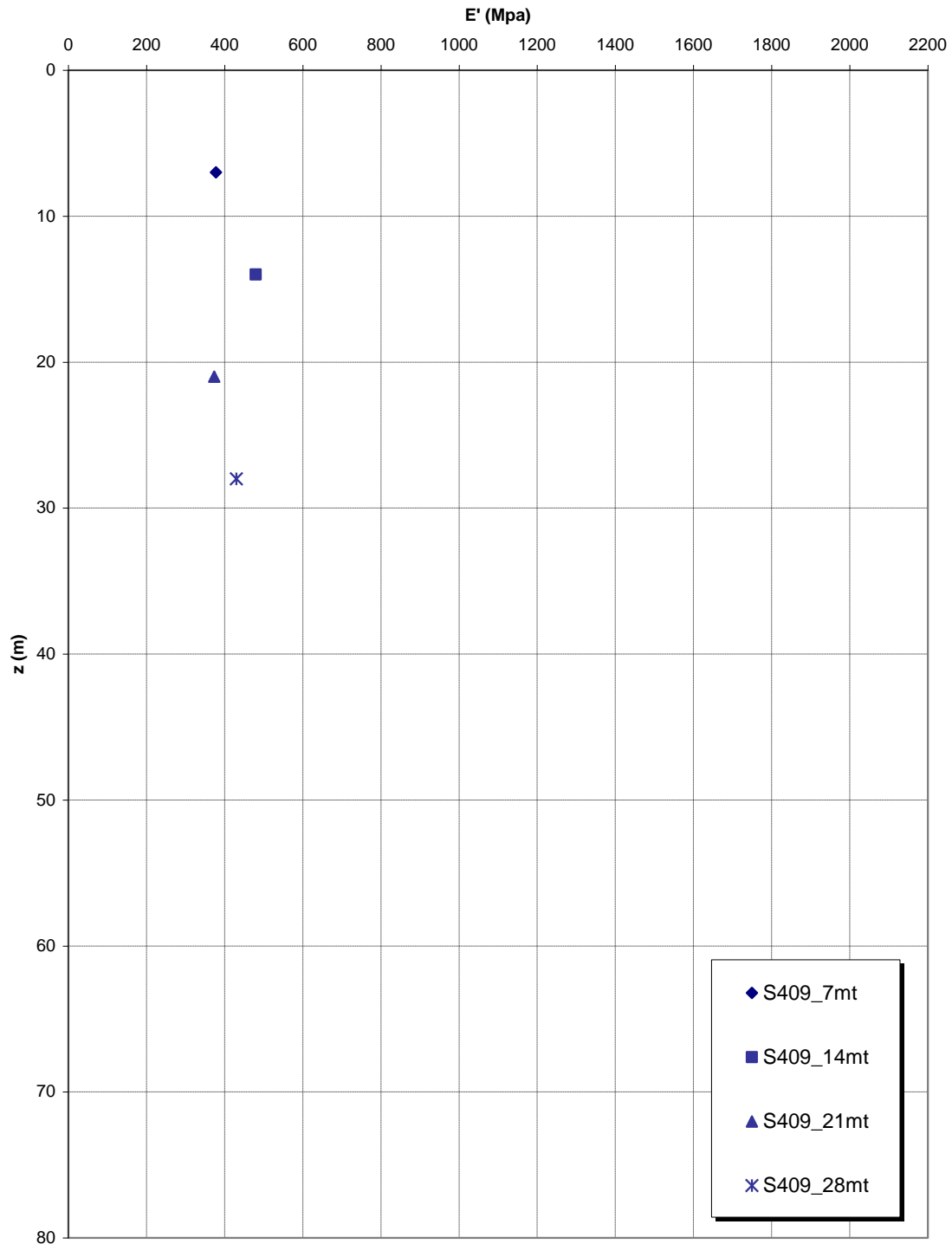
**Prove sismiche  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**



**Prove dilatometriche  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**



**Prove pressiometriche  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Depositi terrazzati marini

Per la definizione delle categorie di suolo si rimanda all'Elab. CG0800PRBDSSBC8G000000001B ed alla relazione sismica di riferimento.

In presenza di un esiguo numero di indagini locali per le caratteristiche granulometriche si fa riferimento alla caratterizzazione generale:

- Il valore di  $D_{50}$  è pari a 0.8 mm
- Il valore di  $D_{60}$  è pari a 2 mm
- Il valore di  $D_{10}$  è pari a 0.01 mm



Le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo e argilla sono rispettivamente di 39%, 45%, 12% e 8%.

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

Per quanto concerne stato iniziale e parametri di resistenza si ha:

- **Dr:** I valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con il fattore correttivo  $C_{sg}=0.75$  corrispondente al  $d_{50}=0.8\text{mm}$ ,
- **$e_o$ :** a partire dal  $d_{50}$  stimato si ottiene di  $e_{max}-e_{min}$  pari a 0.36 stimando per  $e_{max}$  un valore pari a 0.8 a partire dai valori di  $Dr$  è stato possibile determinare i valori di  $e_o$  in sito. Si ottiene il valore di  $e_o$  pari a 0.5-0.7.
- **$\gamma_d$ :** si ottiene un pari a 17-19 KN/m<sup>3</sup>.
- **$K_0$ :** si considera la relazione di Jaky.

z(m)	Dr(%) Sabbie	$\phi'_p$ (pff=0-272KPa) (°)	$\phi'_{cv}$ (°)	$K_0$
<b>0-10</b>	<b>60-80</b>	<b>38-40</b>	<b>35-37</b>	<b>0.4-0.35</b>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Come parametri operativi per l'angolo d'attrito si utilizzerà  $\phi' = 38-40$ .

Per i parametri di deformabilità non si hanno localmente a disposizione prove sismiche dalle quali ricavare leVs, e di conseguenza i parametri di deformabilità.

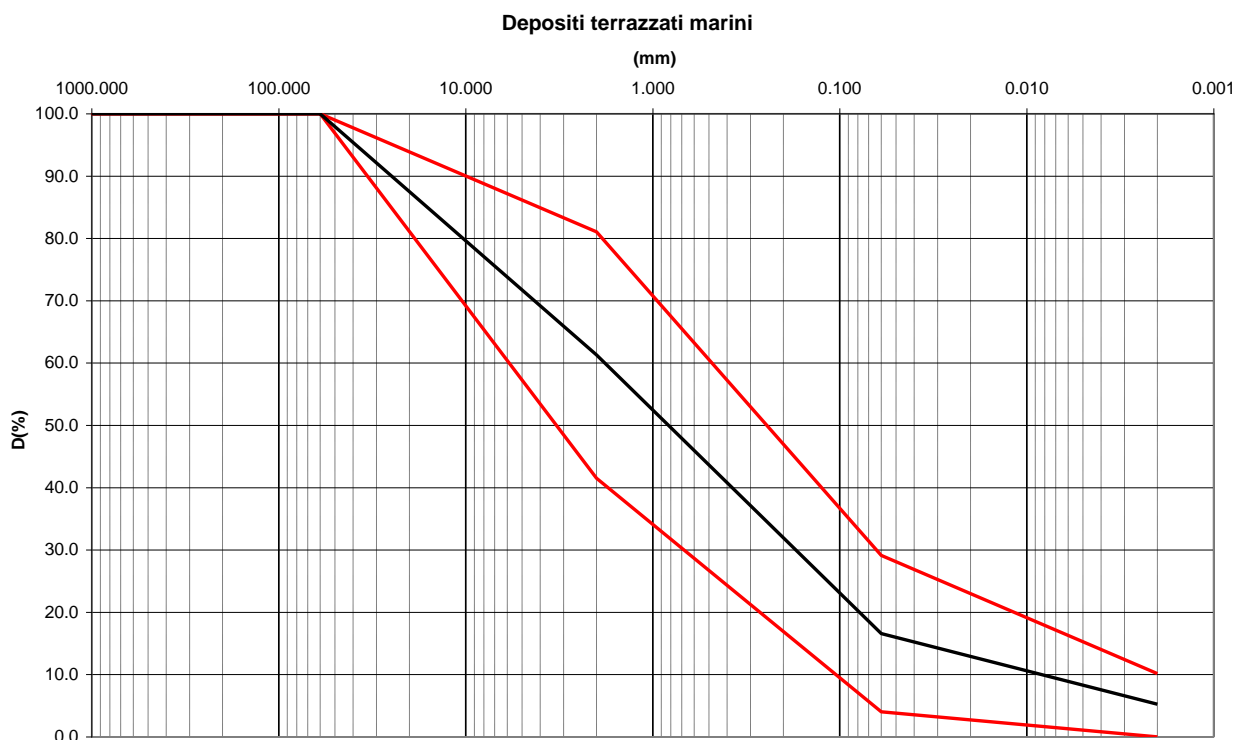
Il range di variazione ottenuto in base alle correlazioni dalle prove SPT della tratta per il modulo  $G_0$ , per z che varia da 2 a 10 metri, è :

$$G_0 \approx 20 \div 100 \text{ MPa}$$

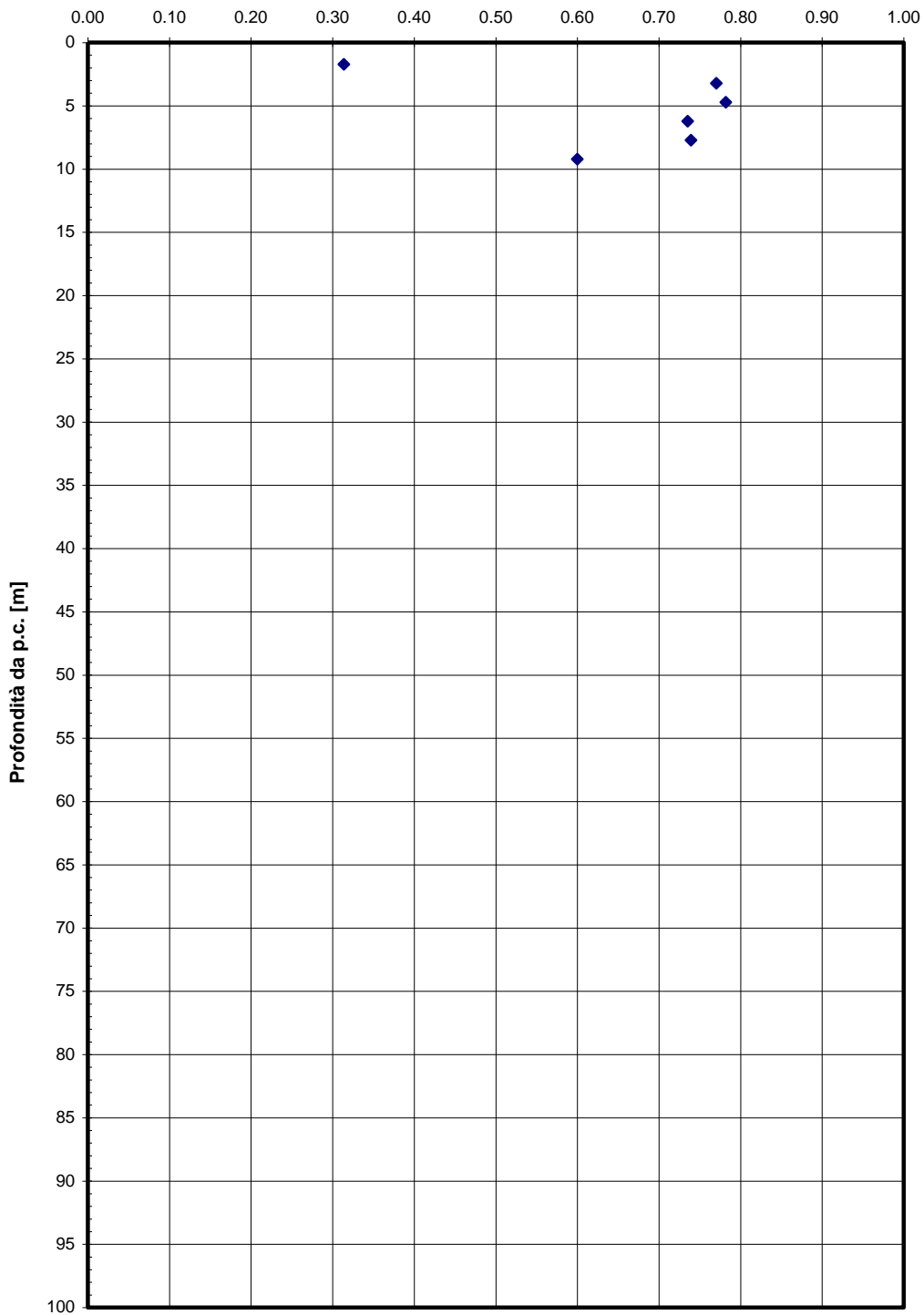
$$E_0 \approx 50 \div 250 \text{ MPa}$$

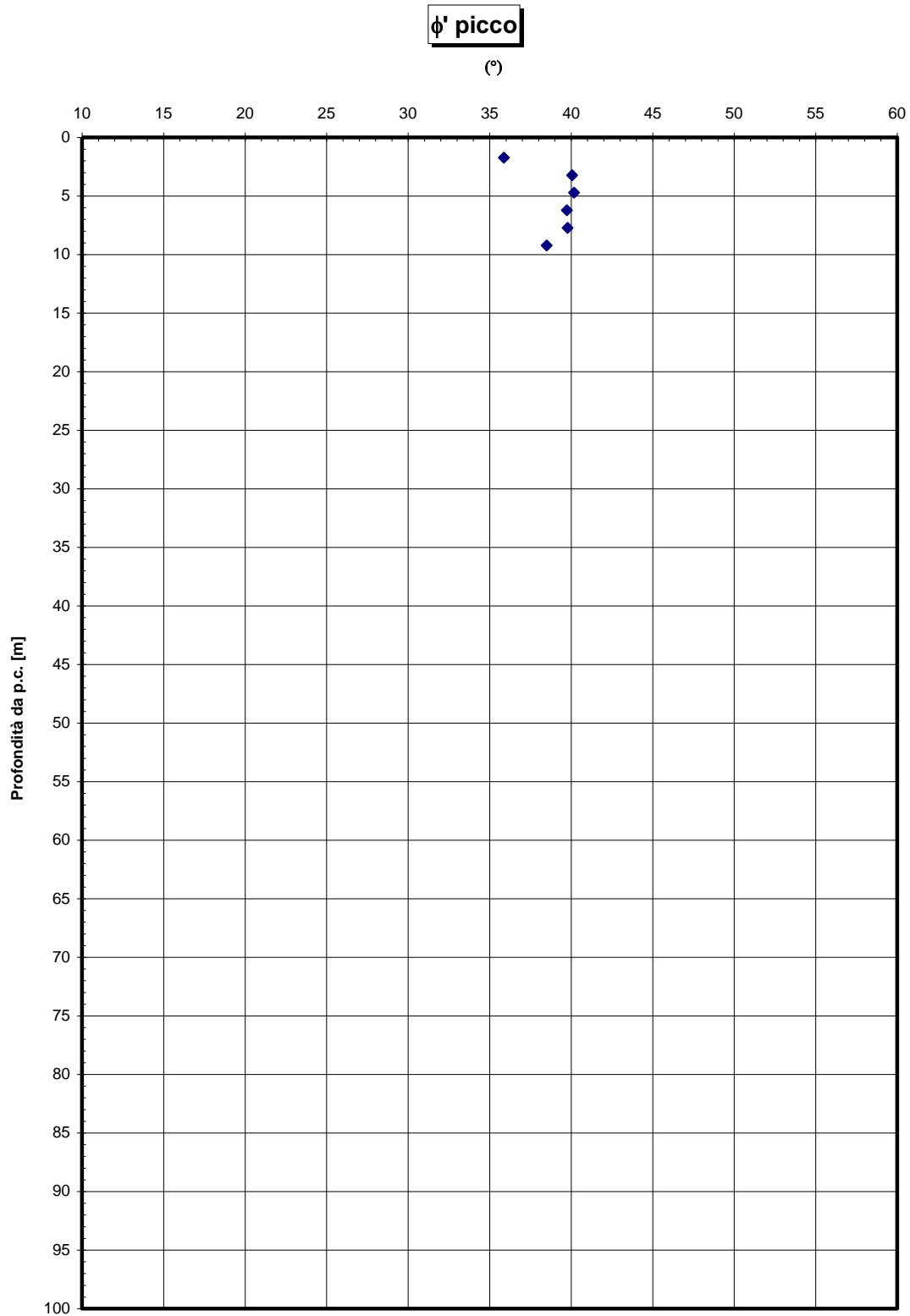
$$E' \approx 10 \div 20 / 40 \div 80 \text{ MPa (da 2 a 10 metri)}$$

Quest'ultimo range è relativo rispettivamente ad  $1/10 \div 1/5 E_0$  ed ad  $1/3 E_0$  corrispondenti rispettivamente a medie-grandi deformazioni ed a piccole deformazioni.



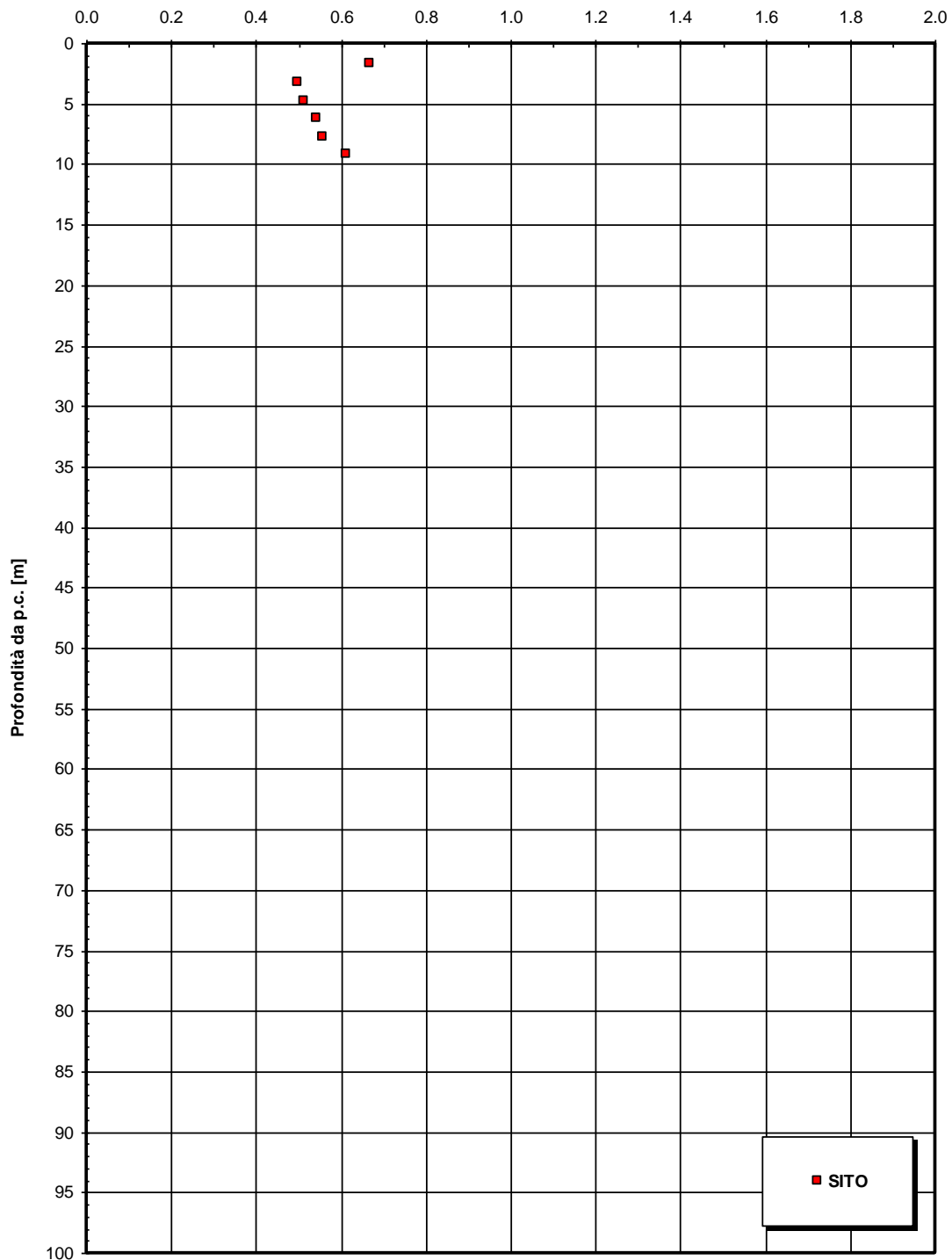
**Dr sabbie**

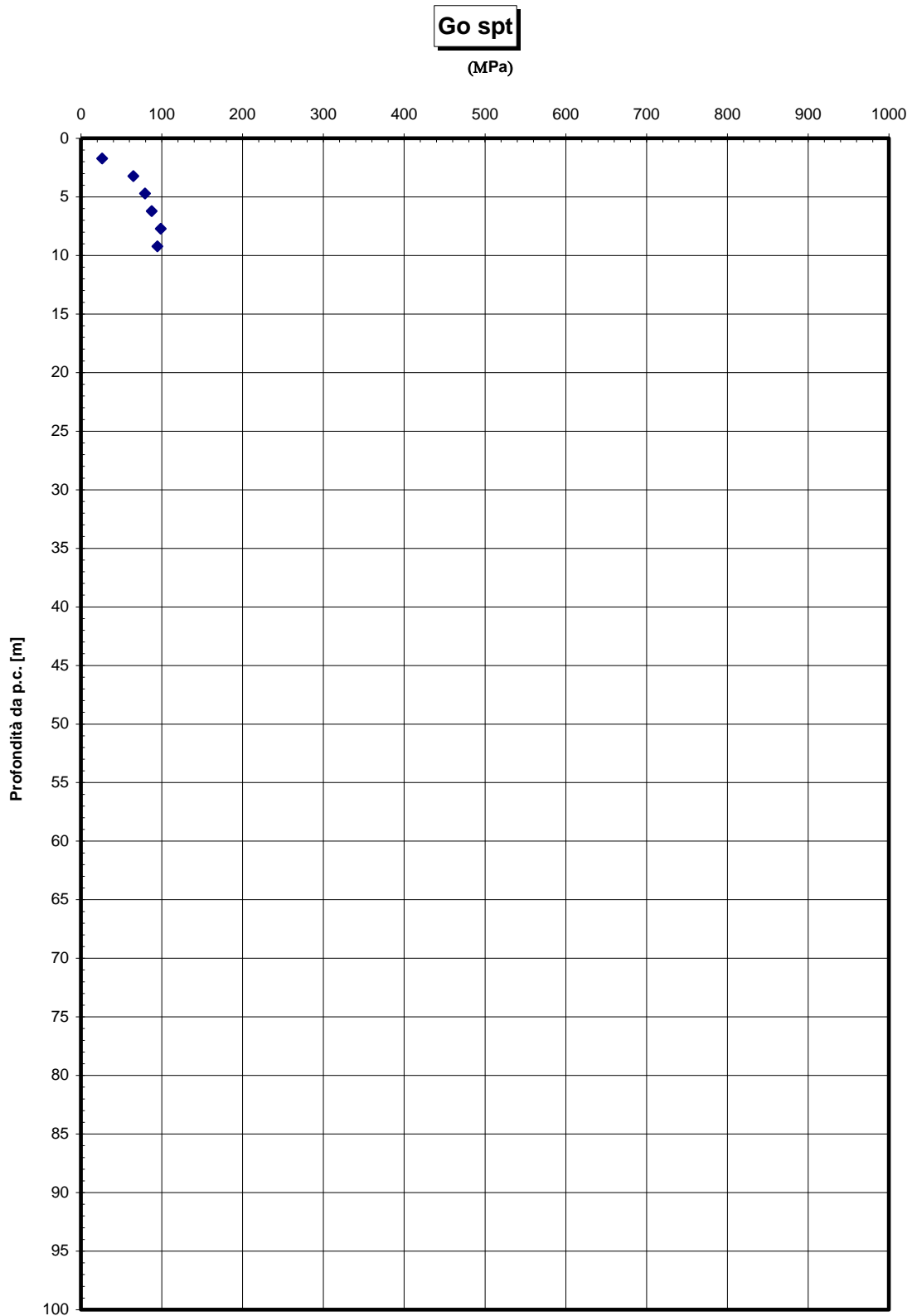


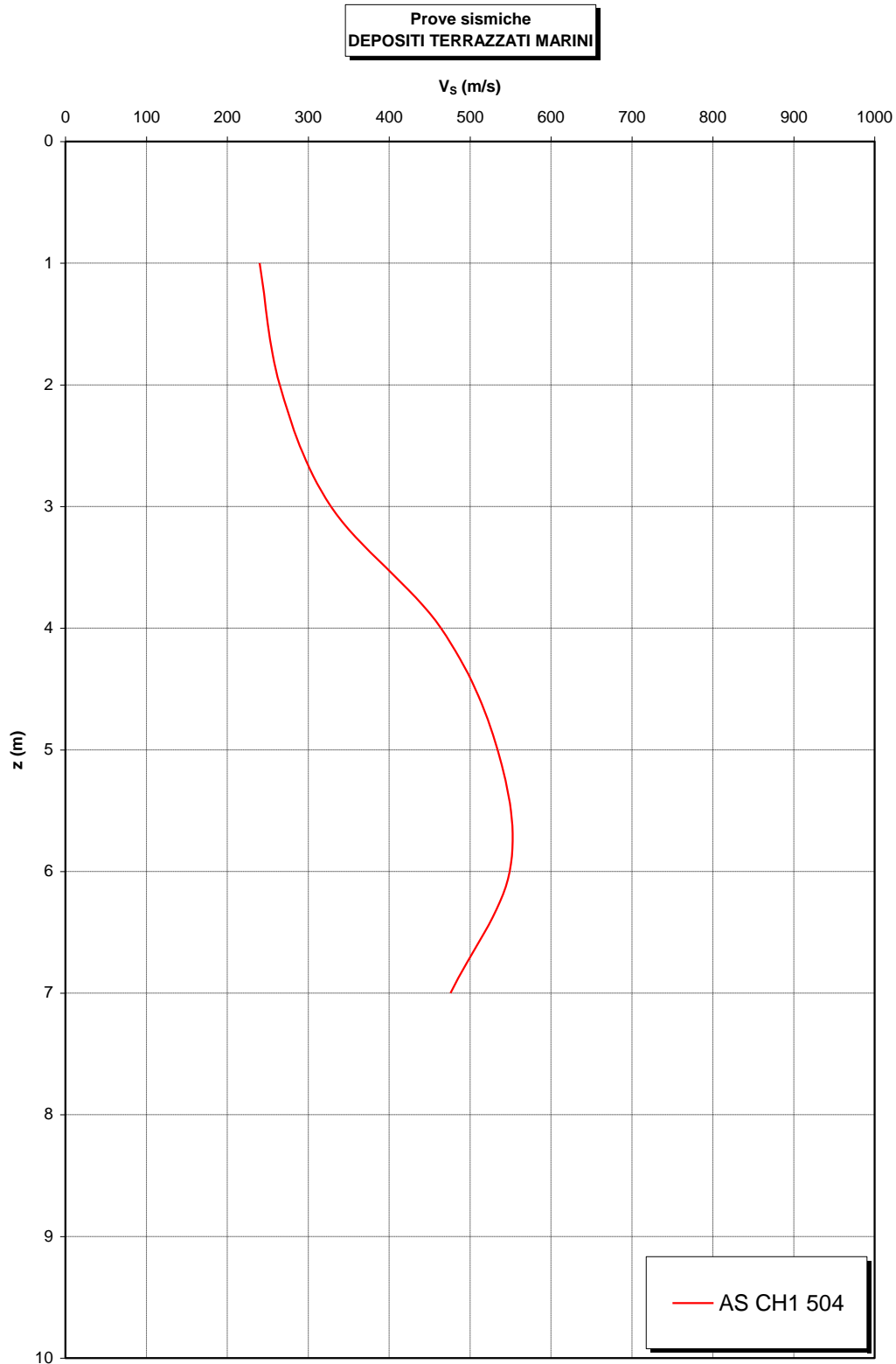




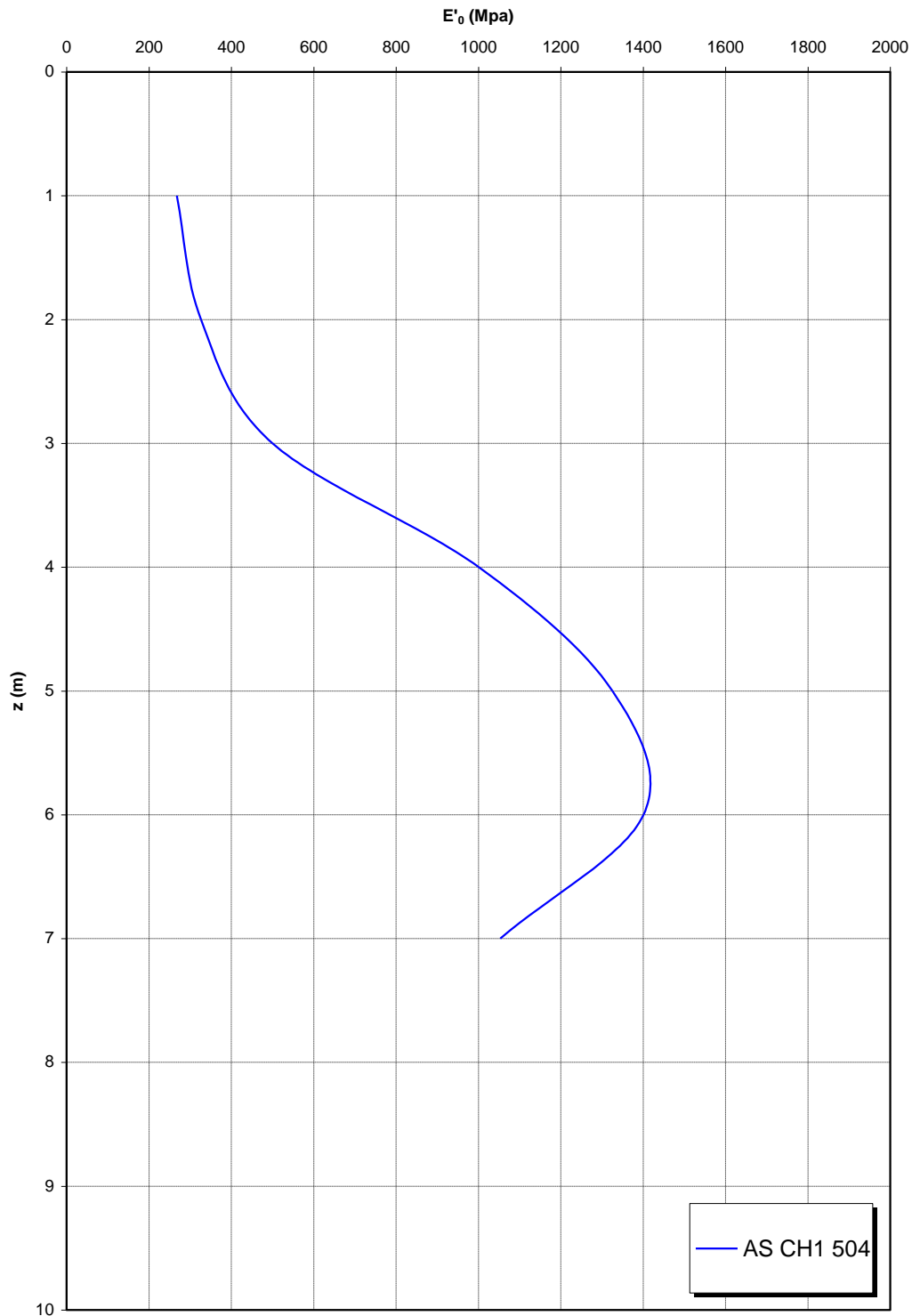
eo





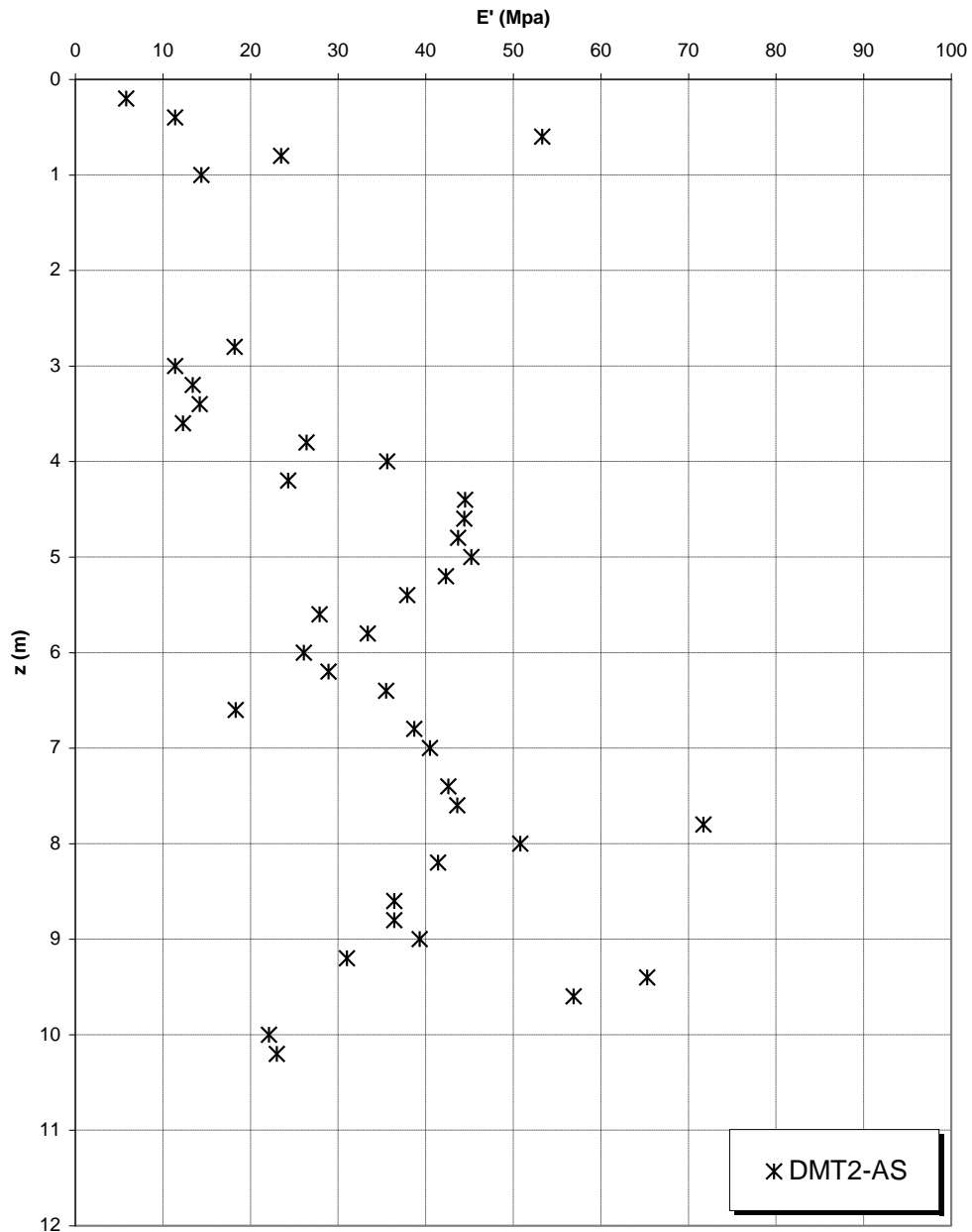


**Prove sismiche  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI**



AS CH1 504

**Prove dilatometriche  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.2.4 Parametri principali assunti

##### Parametri principali assunti – GHIAIE DI MESSINA

Peso di volume	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
Peso di volume saturo	$\gamma_s = 23 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito interno	$\phi' = 38^\circ$ (prudenziale limite massimo)
Angolo di attrito terreno – fondazione	$\phi' = 38^\circ$
Modulo deformazione elastico (z=3 m)	$E' = 40 \text{ MPa}$

##### Parametri principali assunti – DEPOSITI ALLUVIONALI

Peso di volume	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
Peso di volume saturo	$\gamma_s = 23,5 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito interno	$\phi' = 38^\circ$
Angolo di attrito terreno – fondazione	$\phi' = 38^\circ$
Modulo deformazione elastico (z=3 m)	$E' = 25 \text{ MPa}$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO

### 4.3.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel caso in oggetto, l'opera ricade all'interno del tipo di costruzione: "Grandi opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica" (paragrafo 2.4 delle 'Nuove Norme tecniche per le costruzioni – D.M. 14 gennaio 2008").

La vita nominale si assume pertanto pari a  $V_N = 100$  anni.

### 4.3.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un'eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Nel caso in oggetto si fa riferimento alla Classe IV: costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità..... Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico."

Il coefficiente d'uso si assume pertanto pari a  $c_U = 2,0$  anni.

### 4.3.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ . Tale coefficiente è funzione della classe d'uso.

$$V_R = V_N \times C_U = 100 \text{ anni} \times 2 = 200 \text{ anni}$$

Le probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente, sono pari al 10% nel caso dello stato limite SLV.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.3.4 Parametri di progetto

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno  $T_R$  considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo ad:

$a_g$  il valore previsto dalla pericolosità sismica;

$F_0$  e  $T_C^*$  i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento  $V_R$  della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento  $PVR$  associate agli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

A tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$ , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento  $V_R$ , i due parametri  $T_R$  e  $PVR$  sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:



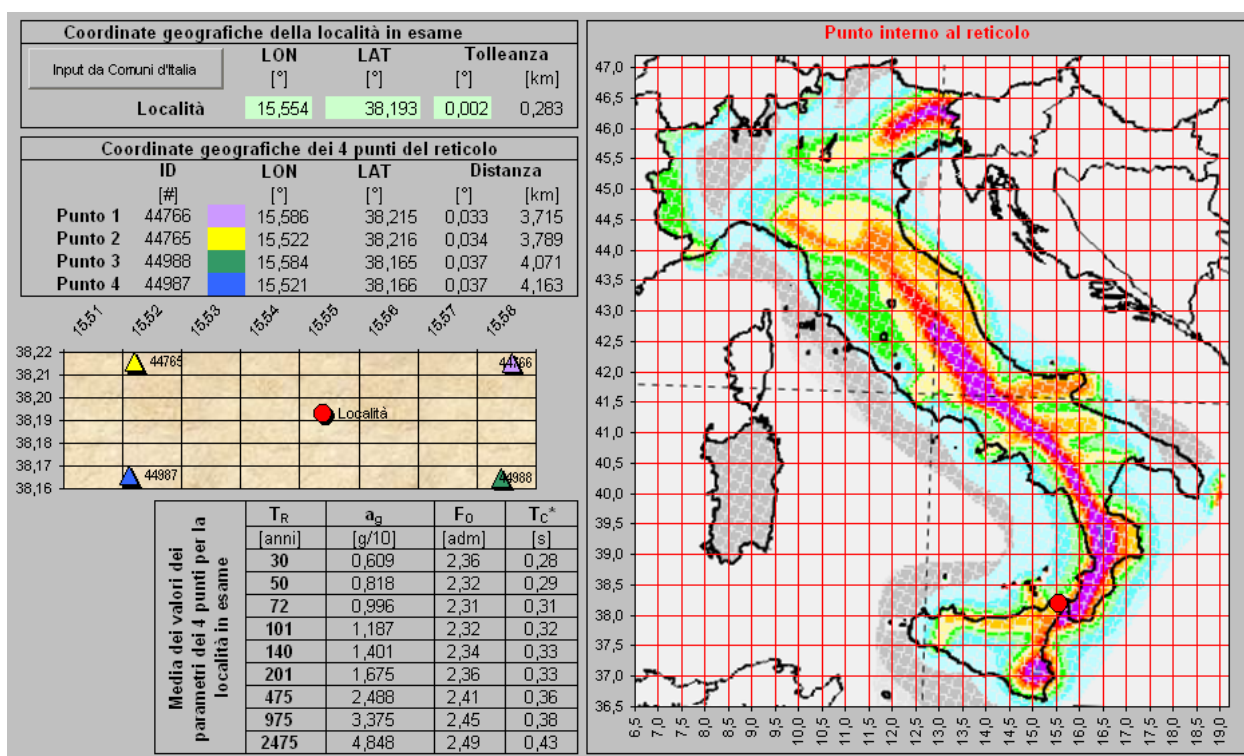
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		RELAZIONE GEOTECNICA	<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{200}{\ln(1 - 0.1)} = 1.898 \text{ anni}$$

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B delle NTC.

I punti del reticolo di riferimento sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine ed ordinati a Latitudine e Longitudine crescenti, facendo variare prima la Longitudine e poi la Latitudine. L'accelerazione al sito  $a_g$  è espressa in g/10;  $F_0$  è adimensionale,  $T_C^*$  è espresso in secondi.

Nel seguito si riporta una tabella riassuntiva dei parametri che caratterizzano il Comune di Messina:



#### 4.3.5 Classificazione sismica del terreno

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in accordo con le NTC, si fa riferimento all'approccio semplificato che si basa sulla individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Data l'esiguità di indagini che raggiungano i primi 30 m di profondità per la caratterizzazione

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sismica del suolo, alla zona in esame si assegna cautelativamente la categoria di suolo sismico (secondo N.T.C. 2008) di classe **C**.

#### 4.3.6 Spettro di risposta elastico in accelerazione

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di  $a_g$  variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ .

#### 4.3.7 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C}{T}$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali  $T$  ed  $S_e$  sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale.

Inoltre:



- $S$ : è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:  $S = S_S \cdot S_T$
- essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica riportati nelle tabelle seguenti;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_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						

CATEGORIA SOTTOSUOLO	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T^*_c)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T^*_c)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T^*_c)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T^*_c)^{-0,40}$

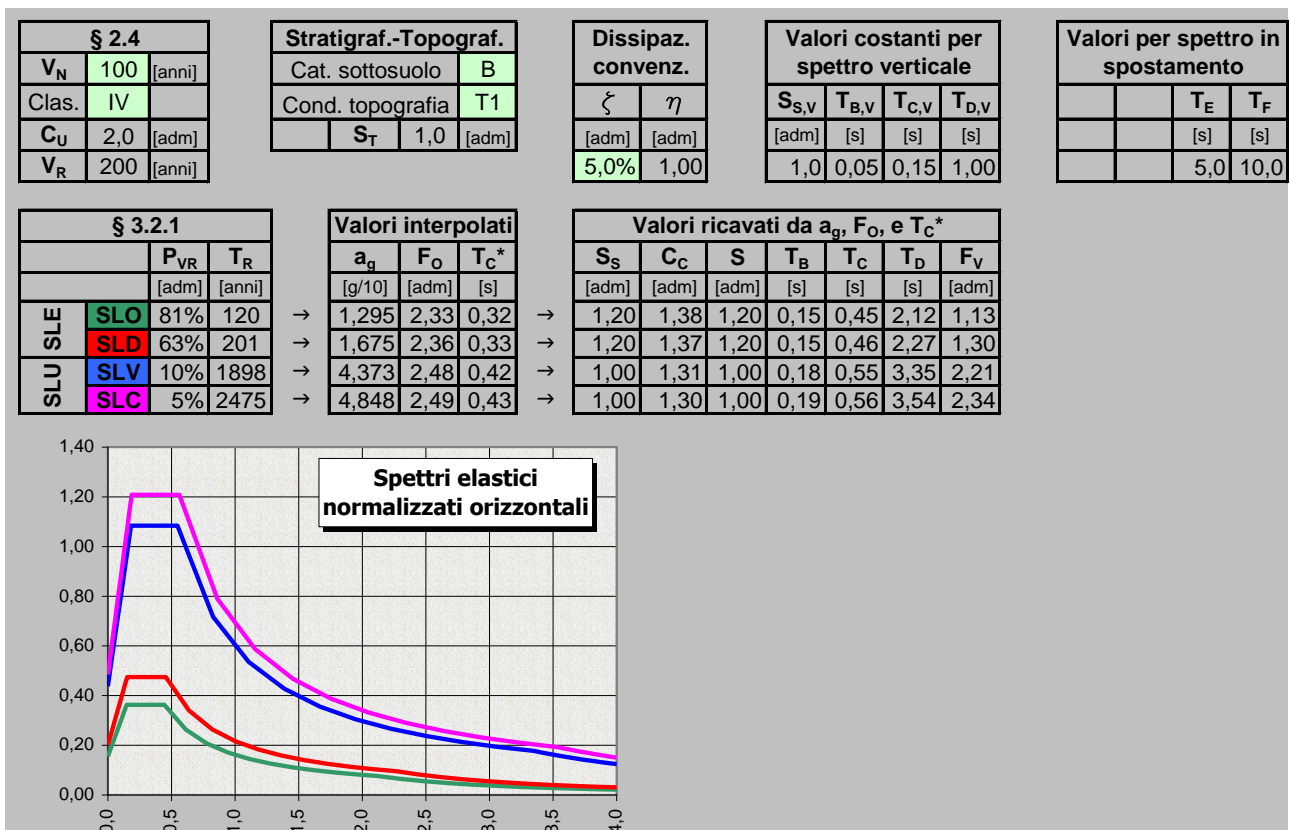
CATEGORIA TOPOGRAFICA	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,00
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2

- $\eta$ : è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione:  $\eta = \sqrt{\frac{10}{(5 + \xi)}} \geq 0,55$
- dove  $\xi$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;
- $F_0$ : è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;
- $T_C$ : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da:  $T_C = C_c \cdot T^*_c$ ; dove  $C_c$  è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;
- $T_B$ : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;  $T_B = T_C / 3$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_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						

- TD: è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:  $T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6$

Nel seguito si riportano gli spettri elastici orizzontali relativi al sito ed al terreno.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 5 ANALISI DELLE FONDAZIONI SCATOLARE LATO SUD

### 5.1 ANALISI DEL SISTEMA FONDAZIONALE

Per le verifiche geotecniche a scorrimento e di stabilità globale si assume un modello di comportamento a corpo rigido. Per le sole verifiche geotecniche si è sviluppato una modellazione con un vincolo di incastro nella mezzeria della soletta di fondazione, annullando la rigidità delle molle che simulano il solo elastico, dal quale si ricavano le azioni agenti sul piano di fondazione.

### 5.2 COMBINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI

Vengono innanzitutto presentate le diverse combinazioni utilizzate per la valutazione delle sollecitazioni.

Combinazione		Coefficienti moltiplicativi delle sollecitazioni								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
S T R	Comb 1	1,3	1,5	1,35	1,35	0	0	1,5	1,5	0
	Comb 2	1,3	1,5	1,35	1,35	0	0	1,5	0,75	0
	Comb 3	1,3	1,5	1,35	1,35	1,5	1,5	0	0	0
	Comb 4	1,3	1,5	1,35	1,35	1,5	0,75	0	0	0
	Comb 6	1,3	1,5	1,35	1,35	0	0	0	0	0
Sisma	Comb 5	1	1	0,2	0,2	0	0	1	0	1
G E O	Comb 7	1	1,3	1,15	1,15	0	0	1,3	1,3	0
	Comb 8	1	1,3	1,15	1,15	0	0	1,3	0,65	0
	Comb 9	1	1,3	1,15	1,15	1,3	1,3	1	0	0
	Comb 10	1	1,3	1,15	1,15	1,3	0,65	1	0	0
	Comb 11	1	1,3	1,15	1,15	0	0	1	0	0

Combinazione		Coefficienti moltiplicativi delle sollecitazioni								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Frequente	Comb 12	1	1	0,75	0,75	0	0	1	1	0
Quasi Per	Comb 13	1	1	0	0	0	0	1	1	0
Frequente	Comb 14	1	1	0,75	0,75	0	0	1	0,5	0
Quasi Per	Comb 15	1	1	0	0	0	0	1	0,5	0
Frequente	Comb 16	1	1	0,75	0,75	1	1	0	0	0
Quasi Per	Comb 17	1	1	0	0	1	1	0	0	0
Frequente	Comb 18	1	1	0,75	0,75	1	0,5	0	0	0
Quasi Per	Comb 19	1	1	0	0	1	0,5	0	0	0
Frequente	Comb 20	1	1	0,75	0,75	0	0	0	0	0
Quasi Per	Comb 21	1	1	0	0	0	0	0	0	0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dove nella tabella soprastante vengono utilizzate le seguenti indicizzazioni per l'identificazione delle diverse nature di sollecitazioni.

A = Pesi propri strutturali;

B = Permanenti non strutturali;

C = Accidentali da traffico;

D = Incremento di spinta per sovraccarico concentrato;

E = Spinta a riposo del terreno sul muro sinistro;

F = Spinta a riposo del terreno sul muro destro;

G = Spinta attiva del terreno sul muro sinistro;

H = Spinta attiva del terreno sul muro destro;

I = Incremento di spinta del terreno sul muro sinistro dovuto al sisma secondo le teorie di Mononobe - Okabe;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 5.3 RISULTATI DELL'ANALISI

Nella tabella seguente si riportano le azioni complessive sulla fondazione.

#### SLU GEO:

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
21	COMB1	Combination	0	358	1537	-1414	0	0
21	COMB2	Combination	0	582	1537	-2047	0	0
21	COMB3	Combination	0	360	1537	-1418	0	0
21	COMB4	Combination	0	699	1537	-2377	0	0
21	COMB5	Combination	0	333	990	-1501	0	0
21	COMB6	Combination	0	360	1537	-1418	0	0
21	COMB7	Combination	0	305	1252	-1205	0	0
21	COMB8	Combination	0	499	1252	-1753	0	0
21	COMB9	Combination	0	306	1252	-1208	0	0
21	COMB10	Combination	0	601	1252	-2039	0	0
21	COMB11	Combination	0	306	1252	-1208	0	0

#### SLE:

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
21	COMB12	Combination	0	198,8	1080,6	-785,3	0	0
21	COMB13	Combination	0	-1,1	956,8	2,5	0	0
21	COMB14	Combination	0	348,2	1080,6	-1207,1	0	0
21	COMB15	Combination	0	148,3	956,8	-419,3	0	0
21	COMB16	Combination	0	199,9	1080,6	-787,8	0	0
21	COMB17	Combination	0	0,0	956,8	0,0	0	0
21	COMB18	Combination	0	426,1	1080,6	-1426,9	0	0
21	COMB19	Combination	0	226,2	956,8	-639,1	0	0
21	COMB20	Combination	0	199,9	1080,6	-787,8	0	0
21	COMB21	Combination	0	0,0	956,8	0,0	0	0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 5.4 VERIFICHE GEOTECNICHE

### 5.4.1 MODELLO DI CALCOLO

Per il calcolo della capacità portante delle fondazioni si utilizza il software di calcolo Aztec CARL 10.0 versione 10.05.b – carico limite e cedimenti.

Visto l'alto rapporto tra la larghezza di base della fondazione, pari a 7,50 m, e lo sviluppo longitudinale della stessa, si modella come fondazione nastriforme.

#### 5.4.1.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Progetto: Sottopasso RFI lato sud

#### Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

### Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$Q_u / R \geq \eta_q$$

Le espressioni di Brinch-Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a secondo se siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ( $\phi=0$ ) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale



$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 B' \gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo  $\phi=0$

$$q_u = c_u N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q$$

in cui  $d_c, d_q, d_\gamma$ , sono i fattori di profondità;  $s_c, s_q, s_\gamma$ , sono i fattori di forma;  $i_c, i_q, i_\gamma$ , sono i fattori di inclinazione del carico;  $b_c, b_q, b_\gamma$ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa;  $g_c, g_q, g_\gamma$ , sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori  $N_c, N_q, N_\gamma$  sono espressi come:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_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						

$$N_q = e^{\pi \text{tg} \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \text{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = 2.0(N_q - 1) \text{tg} \phi$$

Vediamo ora come si esprimono i vari fattori che compaiono nella espressione del carico ultimo.

#### Fattori di forma

$$\text{per } \phi=0 \quad s_c = 1 + 0.2 \frac{B'}{L'}$$



$$\text{per } \phi>0 \quad s_c = 1 + 0.2 \frac{B' (1 + \text{sen } \phi)}{L' (1 - \text{sen } \phi)}$$

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

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

#### Fattori di profondità

Si definisce il parametro  $k$  come

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_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						

$$k = \frac{D}{B'} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B'} \leq 1$$

$$k = \arctg \frac{D}{B'} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B'} > 1$$

vari coefficienti si esprimono come

$$\text{per } \phi=0 \quad d_c = 1 + 0.4k$$

$$\text{per } \phi>0 \quad d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \operatorname{tg} \phi}$$

$$d_q = 1 + 2 \operatorname{tg} \phi (1 - \sin \phi)^2 k$$



$$\gamma = 1$$

#### Fattori di inclinazione del carico

Indichiamo con  $V$  e  $H$  le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con  $A_f$  l'area efficace della fondazione ottenuta come  $A_f = B' \times L'$  ( $B'$  e  $L'$  sono legate alle dimensioni effettive della fondazione  $B$ ,  $L$  e all'eccentricità del carico  $e_B$ ,  $e_L$  dalle relazioni  $B' = B - 2e_B$   $L' = L - 2e_L$ ) e con  $\eta$  l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ( $\eta=0$  per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

$$\text{per } \phi = 0 \quad i_c = 1 - \frac{m H}{A_f c_a N_c}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left; padding: 2px;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">F0</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">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						

$$\text{per } \phi > 0 \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A_f c_a \operatorname{ctg} \phi}\right)^m$$

$$\text{per } \eta = 0 \quad i_y = \left(1 - \frac{H}{V + A_f c_a \operatorname{ctg} \phi}\right)^{m+1}$$

$$\text{dove} \quad m = \frac{2 + B' / L'}{1 + B' / L'}$$

#### Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione



$$\text{per } \phi=0 \quad b_c = 1 - \frac{2 \eta}{\pi + 2}$$

$$\text{per } \phi>0 \quad b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \operatorname{tg} \phi}$$

$$b_q = (1 - \eta \operatorname{tg} \phi)^2$$

$$b_y = b_q$$

#### Fattori di inclinazione del terreno

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_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						

Indicando con  $\beta$  la pendenza del pendio i fattori  $g$  si ottengono dalle espressioni seguenti:

$$\text{per } \phi=0 \quad g_c = \frac{1 - 2\beta}{\pi + 2}$$

$$\text{per } \phi>0 \quad g_c = g_q - \frac{1 - g_q}{N_c \operatorname{tg} \phi}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - \operatorname{tg}\beta)^2$$

poter applicare la formula di Brinch-Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$$H < V \operatorname{tg} \delta + A_f c_a$$

$$\beta \leq \phi$$



$$i_q, i_\gamma > 0$$

$$\beta + \eta \leq 90^\circ$$

### Verifica della portanza per carichi orizzontali (scorrimento)

Per la verifica a scorrimento lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere la fondazione deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere la fondazione  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$ . Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_s \geq 1.0$

$$F_r$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$F_s \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_r$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_r$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle della fondazione. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

## Calcolo delle tensioni indotte

### Metodo di Boussinesq

Il metodo di Boussinesq considera il terreno come un mezzo omogeneo elastico ed isotropo. Dato un carico concentrato  $Q$ , applicato in superficie, la relazione di Boussinesq fornisce la seguente espressione della tensione verticale indotta in un punto  $P(x,y,z)$  posto alla profondità  $z$ .

$$q_v = \frac{3Qz^3}{2\pi R^5}$$

dove:  $R = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}$ ;

Per ottenere la pressione indotta da un carico distribuito occorre integrare tale espressione su tutta l'area di carico, considerando il carico  $Q$  come un carico infinitesimo agente su una areola  $dA$ . L'integrazione analitica di questa espressione si presenta estremamente complessa specialmente

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

nel caso di carichi distribuiti in modo non uniforme. Pertanto si ricorre a metodi di soluzione numerica. Dato il carico agente sulla fondazione, si calcola il diagramma delle pressioni indotto sul piano di posa della fondazione. Si divide l'area di carico in un elevato numero di areole rettangolari a ciascuna delle quali compete un carico  $dQ$ : la tensione indotta in un punto  $P(x,y,z)$ , posto alla profondità  $z$ , si otterrà sommando i contributi di tutte le areole di carico calcolati come nella formula di Boussinesq.

## Geometria della fondazione

### *Simbologia adottata*

*Descrizione* Destrizione della fondazione

*Forma* Forma della fondazione (N=Nastriforme, R=Rettangolare, C=Circolare)

$X$  Ascissa del baricentro della fondazione espressa in [m]

$Y$  Ordinata del baricentro della fondazione espressa in [m]

$B$  Base/Diametro della fondazione espressa in [m]

$L$  Lunghezza della fondazione espressa in [m]

$D$  Profondità del piano di posa in [m]

$\alpha$  Inclinazione del piano di posa espressa in [°]

$\omega$  Inclinazione del piano campagna espressa in [°]

Descrizione	Forma	X	Y	B	L	D	$\alpha$	$\omega$
Sottopasso	(N)	3,75	--	7,50	--	4,50	0,00	0,00

## Descrizione terreni e falda

### Caratteristiche fisico-meccaniche

#### *Simbologia adottata*

*Descrizione* Descrizione terreno

$\gamma$  Peso di volume del terreno espresso in [daN/mc]

$\gamma_{sat}$  Peso di volume saturo del terreno espresso in [daN/mc]

$\phi$  Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi

$\delta$  Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

*c* Coesione del terreno espressa in [daN/cm<sup>2</sup>]

*ca* Adesione del terreno espressa in [daN/cm<sup>2</sup>]

<b>Descrizione</b>	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi$	$\delta$	<b>c</b>	<b>ca</b>
Depositi fluviali	2000,0	2350,0	38,00	38,00	0,000	0,000
Ghiaie di messina	1900,0	2300,0	38,00	38,00	0,000	0,000

### Caratteristiche di deformabilità

*Simbologia adottata*

*Descr* Descrizione terreno

*E* Modulo di Young espresso in [daN/cm<sup>2</sup>]

<b>Descr</b>	<b>E</b>
Depositi fluviali	250,00
Ghiaie di messina	400,00

### Descrizione stratigrafia

*Simbologia adottata*

*n°* Identificativo strato

*Z1* Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]

*Z2* Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]

*Z3* Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]

*Terreno* Terreno dello strato

Punto di sondaggio n° 1: X = -10,0 [m] Y = 3,0 [m]

Punto di sondaggio n° 2: X = 0,0 [m] Y = 0,0 [m]

Punto di sondaggio n° 3: X = 10,0 [m] Y = 3,0 [m]

<b>N</b>	<b>Z1</b>	<b>Z2</b>	<b>Z3</b>	<b>Terreno</b>
1	-3,0	-3,0	-3,0	Depositi fluviali



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2            -30,0            -30,0            -30,0            Ghiaie di messina

## Normativa

N.T.C. 2008

## Calcolo secondo:            Approccio 1

### Simbologia adottata

- $\gamma_{Gsfav}$     Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
- $\gamma_{Gfav}$      Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
- $\gamma_{Qsfav}$     Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
- $\gamma_{Qfav}$      Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
- $\gamma_{tan\phi'}$     Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
- $\gamma_{c'}$         Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
- $\gamma_{cu}$         Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
- $\gamma_{qu}$         Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
- $\gamma_{\gamma}$         Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

## Coefficienti parziali combinazioni statiche

### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

### Coefficienti parziali combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

### Coefficienti parziali $\gamma_R$ per le verifiche geotecniche.

		<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>
Capacità portante	$\gamma_r$	1,00	1,80	2,30
Scorrimento	$\gamma_r$	1,00	1,10	1,10
Coeff. di combinazione	$\Psi_0 = 0,70$	$\Psi_1 = 0,50$	$\Psi_2 = 0,20$	

### Condizioni di carico

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Momento positivo senso antiorario.

<i>Fondazione</i>	Nome identificativo della fondazione
<i>N</i>	Sforzo normale totale espressa in [daN]
<i>Mx</i>	Momento in direzione X espressa in [daNm]
<i>My</i>	Momento in direzione Y espresso in [daNm]
<i>ex</i>	Eccentricità del carico lungo X espressa in [m]
<i>ey</i>	Eccentricità del carico lungo Y espressa in [m]
<i>β</i>	Inclinazione del taglio nel piano espressa in [°]
<i>T</i>	Forza di taglio espressa in [daN]

#### 5.4.1.2 VERIFICHE APPROCCIO 1 – COMBINAZIONE 1

##### Condizione n° 1 (Condizione n° 1)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Sottopasso	153700,0	0,0	141400,0	0,9	0,0	90,0	35800,0

##### Condizione n° 2 (Condizione n° 2)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Sottopasso	153700,0	0,0	204700,0	1,3	0,0	90,0	58200,0

##### Condizione n° 3 (Condizione n° 3)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Sottopasso	153700,0	0,0	141800,0	0,9	0,0	90,0	36000,0

##### Condizione n° 4 (Condizione n° 4)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Sottopasso	153700,0	0,0	237700,0	1,5	0,0	90,0	69900,0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Condizione n° 5 (Condizione n° 6)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Sottopasso	153700,0	0,0	141800,0	0,9	0,0	90,0	36000,0

**Descrizione combinazioni di carico**

*Simbologia adottata*

- $\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione
- $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione
- C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 SLU - Caso A1-M1

	$\gamma$	$\Psi$	C
Condizione n° 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 2 SLU - Caso A1-M1

	$\gamma$	$\Psi$	C
Condizione n° 2	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 3 SLU - Caso A1-M1

	$\gamma$	$\Psi$	C
Condizione n° 3	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 4 SLU - Caso A1-M1

	$\gamma$	$\Psi$	C
Condizione n° 4	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLU - Caso A1-M1

	$\gamma$	$\Psi$	C
Condizione n° 6	1.00	1.00	1.00

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## Analisi in condizioni drenate

### Verifica della portanza per carichi verticali

Il calcolo della portanza è stato eseguito col metodo di Brinch-Hansen

La relazione adottata è la seguente:

$$q_u = c N_c s_c i_c d_c b_c g_c + q N_q s_q i_q d_q b_q g_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma i_\gamma d_\gamma b_\gamma g_\gamma$$

Altezza del cuneo di rottura: AUTOMATICA

Il criterio utilizzato per il calcolo del macrostrato equivalente è stato la MEDIA PESATA

Nel calcolo della portanza sono state richieste le seguenti opzioni:

Riduzione sismica: NESSUNA

Coefficiente correttivo su  $N_\gamma$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su  $N_\gamma$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

Riduzione per carico eccentrico: MEYERHOF

Riduzione per rottura locale o punzonamento del terreno: VESIC

Meccanismo di punzonamento in presenza di falda.

## Sottopasso

### Combinazione n° 1

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 7,69$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 38,00$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G = 166,67$	[daN/cm <sup>2</sup> ]

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_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						

Base ridotta  $B' = B - 2 \text{ ex} = 5,66 \text{ [m]}$

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 \text{ ey} = 1,00 \text{ [m]}$

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 61,35$	$N_q = 48,93$	$N_\gamma = 78,02$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,58$	$i_q = 0,59$	$i_\gamma = 0,45$
$d_c = 1,14$	$d_q = 1,14$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 15,94 + 10,40 = 26,34 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 1491061,25 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 1491061,25 \text{ [daN]}$$

$$V = 153700,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 1491061,25 / 153700,00 = 9,70$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,58 \quad I_{rc} = 433,92$$

### Combinazione n° 2

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato  $H = 7,69 \text{ [m]}$

Peso specifico terreno  $\gamma = 1900,00 \text{ [daN/mc]}$

Angolo di attrito  $\phi = 38,00 \text{ [}^\circ\text{]}$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_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						

Coesione  $c = 0,00$  [daN/cm<sup>2</sup>]

Modulo di taglio  $G = 166,67$  [daN/cm<sup>2</sup>]

Base ridotta  $B' = B - 2 e_x = 4,84$  [m]

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 e_y = 1,00$  [m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 61,35$                        $N_q = 48,93$                        $N_\gamma = 78,02$

$s_c = 1,00$                        $s_q = 1,00$                        $s_\gamma = 1,00$

$i_c = 0,37$                        $i_q = 0,39$                        $i_\gamma = 0,24$

$d_c = 1,14$                        $d_q = 1,14$                        $d_\gamma = 1,00$

$b_c = 1,00$                        $b_q = 1,00$                        $b_\gamma = 1,00$

$g_c = 1,00$                        $g_q = 1,00$                        $g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 10,46 + 4,72 = 15,18 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 734295,36 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 734295,36 \text{ [daN]}$$

$$V = 153700,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 734295,36 / 153700,00 = 4,78$$

Indici rigidezza

$I_c = 0,37$                        $I_{rc} = 433,92$

### Combinazione n° 3

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato  $H = 7,69$  [m]

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_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						

Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 38,00$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G = 166,67$	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 5,65$ [m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 1,00$ [m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 61,35$	$N_q = 48,93$	$N_\gamma = 78,02$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,58$	$i_q = 0,59$	$i_\gamma = 0,45$
$d_c = 1,14$	$d_q = 1,14$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 15,89 + 10,34 = 26,23 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 1483107,34 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 1483107,34 \text{ [daN]}$$

$$V = 153700,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 1483107,34 / 153700,00 = 9,65$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,58 \quad I_{rc} = 433,92$$

Combinazione n° 4

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_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						

Spessore dello strato	$H = 7,69$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 38,00$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G = 166,67$	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta	$B' = B - 2 \text{ ex} = 4,41$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 \text{ ey} = 1,00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 61,35$	$N_q = 48,93$	$N_\gamma = 78,02$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,28$	$i_q = 0,30$	$i_\gamma = 0,16$
$d_c = 1,14$	$d_q = 1,14$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 8,05 + 2,91 = 10,96 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 483062,80 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 483062,80 \text{ [daN]}$$

$$V = 153700,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 483062,80 / 153700,00 = 3,14$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,28 \quad I_{rc} = 433,92$$

Combinazione n° 6

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_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						

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 7,69$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 38,00$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G = 166,67$	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 5,65$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 1,00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 61,35$	$N_q = 48,93$	$N_\gamma = 78,02$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,58$	$i_q = 0,59$	$i_\gamma = 0,45$
$d_c = 1,14$	$d_q = 1,14$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 15,89 + 10,34 = 26,23 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 1483107,34 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 1483107,34 \text{ [daN]}$$

$$V = 153700,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 1483107,34 / 153700,00 = 9,65$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,58 \quad I_{rc} = 433,92$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 5.4.1.3 VERIFICHE APPROCCIO 1 – COMBINAZIONE 2

#### Condizione n° 1 (Condizione n° 5)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Sottopasso	99000,0	0,0	150100,0	1,4	0,0	90,0	33300,0

#### Condizione n° 2 (Condizione n° 7)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Sottopasso	125200,0	0,0	120500,0	1,0	0,0	90,0	30500,0

#### Condizione n° 3 (Condizione n° 8)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Sottopasso	125200,0	0,0	175300,0	1,4	0,0	90,0	49900,0

#### Condizione n° 4 (Condizione n° 9)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Sottopasso	152500,0	0,0	120800,0	0,8	0,0	90,0	30600,0

#### Condizione n° 5 (Condizione n° 10)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Sottopasso	125200,0	0,0	203900,0	1,6	0,0	90,0	60100,0

#### Condizione n° 6 (Condizione n° 11)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Sottopasso	125200,0	0,0	120800,0	1,0	0,0	90,0	30600,0

### Descrizione combinazioni di carico

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

*Simbologia adottata*

- $\gamma$     Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$     Coefficiente di combinazione della condizione  
**C**    Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 SLU - Caso A2-M2 - Sismica

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Condizione n° 5	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 2 SLU - Caso A2-M2

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Condizione n° 7	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 3 SLU - Caso A2-M2

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Condizione n° 8	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 4 SLU - Caso A2-M2

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Condizione n° 9	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 SLU - Caso A2-M2

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Condizione n° 10	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLU - Caso A2-M2

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Condizione n° 11	1.00	1.00	1.00

**Analisi in condizioni drenate**

**Verifica della portanza per carichi verticali**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il calcolo della portanza è stato eseguito col metodo di Brinch-Hansen

La relazione adottata è la seguente:

$$q_u = c N_c s_c i_c d_c b_c g_c + q N_q s_q i_q d_q b_q g_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma i_\gamma d_\gamma b_\gamma g_\gamma$$

Altezza del cuneo di rottura: AUTOMATICA

Il criterio utilizzato per il calcolo del macrostrato equivalente è stato la MEDIA PESATA

Nel calcolo della portanza sono state richieste le seguenti opzioni:

Riduzione sismica: VESIC [2,00°]

Coefficiente correttivo su  $N_\gamma$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su  $N_\gamma$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

Riduzione per carico eccentrico: MEYERHOF

Riduzione per rottura locale o punzonamento del terreno: VESIC

Meccanismo di punzonamento in presenza di falda.

### **Sottopasso**

#### **Combinazione n° 1 (SISMICA)**

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 6,76$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 30,01$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G = 166,67$	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta  $B' = B - 2 e_x = 4,47$  [m]

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 e_y = 1,00$  [m]

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_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						

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 30,16$	$N_q = 18,41$	$N_\gamma = 22,42$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,41$	$i_q = 0,44$	$i_\gamma = 0,29$
$d_c = 1,18$	$d_q = 1,17$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 8,78 + 2,90 = 11,68 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 521814,48 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 289896,94 \text{ [daN]}$$

$$V = 99000,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 521814,48 / 99000,00 = 5,27$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,41 \qquad I_{rc} = 192,68$$



### Combinazione n° 2

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 6,76$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 32,01$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G = 166,67$	[daN/cm <sup>2</sup> ]

$$\text{Base ridotta} \qquad B' = B - 2 \text{ ex} = 5,58 \text{ [m]}$$

$$\text{Lunghezza ridotta} \qquad L' = L - 2 \text{ ey} = 1,00 \text{ [m]}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_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						

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 35,51$	$N_q = 23,19$	$N_\gamma = 30,24$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,55$	$i_q = 0,57$	$i_\gamma = 0,43$
$d_c = 1,17$	$d_q = 1,17$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 12,81 + 6,49 = 19,30 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 1075847,36 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 597692,98 \text{ [daN]}$$

$$V = 125200,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 1075847,36 / 125200,00 = 8,59$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,55 \qquad I_{rc} = 192,68$$

### Combinazione n° 3

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 6,76$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 32,01$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G = 166,67$	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta  $B' = B - 2 \text{ ex} = 4,70 \text{ [m]}$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_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						

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 e_y = 1,00$  [m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 35,51$	$N_q = 23,19$	$N_\gamma = 30,24$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,33$	$i_q = 0,36$	$i_\gamma = 0,22$
$d_c = 1,17$	$d_q = 1,17$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 8,10 + 2,75 = 10,85 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 509849,09 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 283249,49 \text{ [daN]}$$

$$V = 125200,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 509849,09 / 125200,00 = 4,07$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,33 \qquad I_{rc} = 192,68$$

#### Combinazione n° 4

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 6,76$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 32,01$	[°]
Coazione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G = 166,67$	[daN/cm <sup>2</sup> ]



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_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						

Base ridotta  $B' = B - 2 e_x = 5,92$  [m]

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 e_y = 1,00$  [m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 35,51$	$N_q = 23,19$	$N_\gamma = 30,24$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,62$	$i_q = 0,64$	$i_\gamma = 0,51$
$d_c = 1,17$	$d_q = 1,17$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 14,31 + 8,12 = 22,43 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 1326937,59 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 737187,55 \text{ [daN]}$$

$$V = 152500,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 1326937,59 / 152500,00 = 8,70$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,62 \quad I_{rc} = 192,68$$

#### Combinazione n° 5

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 6,76$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 32,01$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G = 166,67$	[daN/cm <sup>2</sup> ]

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Base ridotta  $B' = B - 2 \text{ ex} = 4,24 \text{ [m]}$

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 \text{ ey} = 1,00 \text{ [m]}$

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 35,51$	$N_q = 23,19$	$N_\gamma = 30,24$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,24$	$i_q = 0,27$	$i_\gamma = 0,14$
$d_c = 1,17$	$d_q = 1,17$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 6,05 + 1,60 = 7,66 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 324896,23 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 180497,91 \text{ [daN]}$$

$$V = 125200,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 324896,23 / 125200,00 = 2,60$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,24 \quad I_{rc} = 192,68$$

### Combinazione n° 6

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 6,76$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 32,01$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_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						

Modulo di taglio  $G = 166,67$  [daN/cm<sup>2</sup>]

Base ridotta  $B' = B - 2 e_x = 5,57$  [m]

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 e_y = 1,00$  [m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 35,51$	$N_q = 23,19$	$N_\gamma = 30,24$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,55$	$i_q = 0,57$	$i_\gamma = 0,43$
$d_c = 1,17$	$d_q = 1,17$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 12,78 + 6,46 = 19,24 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 1071963,23 \text{ [daN]}$$



$$Q_d = 595535,13 \text{ [daN]}$$

$$V = 125200,00 \text{ [daN]}$$

$$= Q_u / V = 1071963,23 / 125200,00 = 8,56$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,55 \quad I_{rc} = 192,68$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 5.4.1.4 VERIFICHE SLE - CEDIMENTI

##### Cedimenti della fondazione

##### Metodo Elastico

Il metodo dell'elasticità per il calcolo dei cedimenti, così come implementato, fornisce due valori:

- uno per deformazione laterale impedita ( $w_{imp}$ )
- uno in condizioni di deformazione laterale libera ( $w_{lib}$ )

L'espressione di  $w_{imp}$  è la seguente:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_i (1 - \nu - 2 \nu^2)}{E_i (1 - \nu)} \Delta z_i$$

dove

$\Delta \sigma$  è la tensione indotta nel terreno, alla profondità  $z$ , dalla pressione di contatto della fondazione;

$E$  è il modulo elastico relativo allo strato **i-esimo**;

$\Delta z$  rappresenta lo spessore dello strato **i-esimo** in cui è stato suddiviso lo strato compressibile e per il quale si conosce il modulo elastico;

$\nu$  è il coefficiente di **Poisson**.

L'espressione di  $w_{lib}$  è la seguente:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_i}{E_i} \Delta z_i$$

dove i termini sono stati già descritti sopra.

Lo spessore dello strato compressibile considerato nell'analisi dei cedimenti è stato determinato in funzione della percentuale della tensione di contatto. I valori del cedimento ottenuti dalle due relazioni rappresentano un valore minimo  $w_{imp}$  e un valore massimo  $w_{lib}$  del cedimento in condizioni elastiche della fondazione analizzata.

##### Condizioni di carico

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

<i>Fondazione</i>	Nome identificativo della fondazione
<i>N</i>	Sforzo normale totale espressa in [kN]
<i>Mx</i>	Momento in direzione X espressa in [kNm]
<i>My</i>	Momento in direzione Y espresso in [kNm]
<i>ex</i>	Eccentricità del carico lungo X espressa in [m]
<i>ey</i>	Eccentricità del carico lungo Y espressa in [m]
<i>β</i>	Inclinazione del taglio nel piano espressa in [°]
<i>T</i>	Forza di taglio espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Condizione n° 1)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Sottopasso	1080,600	0,000	785,300	0,7	0,0	90,0	198,800

Condizione n° 2 (Condizione n° 2)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Sottopasso	956,800	0,000	2,500	0,0	0,0	90,0	1,100

Condizione n° 3 (Condizione n° 3)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Sottopasso	1080,600	0,000	1207,100	1,1	0,0	90,0	348,200

Condizione n° 4 (Condizione n° 4)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Sottopasso	956,800	0,000	419,300	0,4	0,0	90,0	148,300

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Condizione n° 5 (Condizione n° 5)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Sottopasso	1080,600	0,000	787,800	0,7	0,0	90,0	199,900

Condizione n° 6 (Condizione n° 6)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Sottopasso	956,800	0,000	0,000	0,0	0,0	90,0	0,000

Condizione n° 7 (Condizione n° 7)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Sottopasso	1080,600	0,000	1426,900	1,3	0,0	90,0	426,100

Condizione n° 8 (Condizione n° 8)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Sottopasso	956,800	0,000	639,100	0,7	0,0	90,0	226,200

Condizione n° 9 (Condizione n° 9)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Sottopasso	1080,600	0,000	787,600	0,7	0,0	90,0	199,900

Condizione n° 10 (Condizione n° 10)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Sottopasso	956,800	0,000	0,000	0,0	0,0	90,0	0,000

Descrizione combinazioni di carico

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

*Simbologia adottata*

- $\gamma$     Coefficiente di partecipazione della condizione
- $\Psi$     Coefficiente di combinazione della condizione
- C**    Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 SLE

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Condizione n° 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 2 SLE

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Condizione n° 2	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 3 SLE

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Condizione n° 3	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 4 SLE

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Condizione n° 4	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 SLE

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Condizione n° 5	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLE

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Condizione n° 6	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 SLE

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Condizione n° 7	1.00	1.00	1.00

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### Combinazione n° 8 SLE

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Condizione n° 8	1.00	1.00	1.00

#### Combinazione n° 9 SLE

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Condizione n° 9	1.00	1.00	1.00

#### Combinazione n° 10 SLE

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Condizione n° 10	1.00	1.00	1.00

### **Analisi in condizioni drenate**

#### **Cedimenti**

Il calcolo dei cedimenti è stato eseguito con il metodo Elastico.

Per il calcolo dei cedimenti, è stata impostata un'altezza dello strato compressibile legato alla percentuale tensionale.

In particolare la percentuale impostata è: 0,05 (%)

#### **Cedimento complessivo**

##### *Simbologia adottata*

*Comb* Identificativo della combinazione

$w_i$  Cedimento elastico espresso in [cm]

$w_{imp}$  Cedimento elastico ad espansione laterale impedita espresso in [cm]

$H$  Spessore strato compressibile espresso in [m]

$X$  coordinata X punto di calcolo cedimento espressa in [m]

$Y$  coordinata Y punto di calcolo cedimento espressa in [m]

#### **Sottopasso**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<b>Comb</b>	<b>W<sub>i</sub></b>	<b>W<sub>imp</sub></b>	<b>H</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
1	3,28	3,08	29,30	4,48	6,00
1	3,23	3,03	29,30	0,00	6,00
1	3,26	3,06	29,30	7,50	6,00
2	2,71	2,55	27,70	3,75	6,00
2	2,67	2,52	27,70	0,00	6,00
2	2,67	2,52	27,70	7,50	6,00
3	3,47	3,24	29,30	4,87	6,00
3	3,42	3,19	29,30	0,00	6,00
3	3,45	3,23	29,30	7,50	6,00
4	2,77	2,60	27,70	4,19	6,00
4	2,73	2,57	27,70	0,00	6,00
4	2,75	2,58	27,70	7,50	6,00
5	3,28	3,08	29,30	4,48	6,00
5	3,23	3,03	29,30	0,00	6,00
5	3,26	3,06	29,30	7,50	6,00
6	2,71	2,55	27,70	3,75	6,00
6	2,67	2,52	27,70	0,00	6,00
6	2,67	2,52	27,70	7,50	6,00
7	3,57	3,33	29,40	5,07	6,00
7	3,50	3,27	29,40	0,00	6,00
7	3,55	3,32	29,40	7,50	6,00
8	2,81	2,64	27,70	4,42	6,00
8	2,76	2,59	27,70	0,00	6,00
8	2,79	2,62	27,70	7,50	6,00
9	3,28	3,08	29,30	4,48	6,00
9	3,23	3,03	29,30	0,00	6,00
9	3,26	3,06	29,30	7,50	6,00
10	2,71	2,55	27,70	3,75	6,00
10	2,67	2,52	27,70	0,00	6,00
10	2,67	2,52	27,70	7,50	6,00

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## Cedimento dei singoli strati

### Simbologia adottata

*Strato* Identificativo dello strato

*Terreno* Terreno dello strato

$\Delta H$  Spessore dello strato espresso in [m]

$\Delta w_i$  Cedimento elastico espresso in [cm]

$\Delta w_{imp}$  Cedimento elastico ad espansione laterale impedita espresso in [cm]

### Sottopasso (Combinazione n° 1)

Strato	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Totale</b>		<b>24,80</b>	<b>3,2829</b>	<b>3,0761</b>

### Sottopasso (Combinazione n° 2)

Strato	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Totale</b>		<b>23,20</b>	<b>2,7126</b>	<b>2,5496</b>

### Sottopasso (Combinazione n° 3)

Strato	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Totale</b>		<b>24,80</b>	<b>3,4691</b>	<b>3,2406</b>

### Sottopasso (Combinazione n° 4)

Strato	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Totale</b>		<b>23,20</b>	<b>2,7731</b>	<b>2,6017</b>

### Sottopasso (Combinazione n° 5)

Strato	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Totale</b>		<b>24,80</b>	<b>3,2837</b>	<b>3,0768</b>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Sottopasso** (Combinazione n° 6)

Strato	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Totale</b>		<b>23,20</b>	<b>2,7126</b>	<b>2,5496</b>

**Sottopasso** (Combinazione n° 7)

Strato	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Totale</b>		<b>24,90</b>	<b>3,5694</b>	<b>3,3317</b>

**Sottopasso** (Combinazione n° 8)

Strato	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Totale</b>		<b>23,20</b>	<b>2,8083</b>	<b>2,6354</b>

**Sottopasso** (Combinazione n° 9)

Strato	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Totale</b>		<b>24,80</b>	<b>3,2836</b>	<b>3,0768</b>

**Sottopasso** (Combinazione n° 10)

Strato	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Totale</b>		<b>23,20</b>	<b>2,7126</b>	<b>2,5496</b>

**Dettagli sui cedimenti dei singoli strati**

*Simbologia adottata*

$n^\circ$  numero d'ordine dell'i-esimo strato

$z$  quota media dell'i-esimo strato espresso in [m]

$\Delta H$  spessore dello strato i-esimo espresso in [m]

$\Delta \sigma_v$  incremento di tensione verticale dell'i-esimo strato espresso in [N/cm<sup>2</sup>]

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$E$  modulo elastico dell'i-esimo strato espresso in [N/cm<sup>2</sup>]

$\Delta w$  cedimento dell'i-esimo strato espresso in [cm]

#### Sottopasso (Combinazione n° 1)

n°	z	$\Delta H$	$\Delta\sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-5,33	1,65	15,7	5000,0	0,4436
2	-6,98	1,65	14,3	5000,0	0,4433
3	-8,63	1,65	11,9	5000,0	0,3791
4	-10,29	1,65	9,7	5000,0	0,3154
5	-11,94	1,65	8,1	5000,0	0,2650
6	-13,59	1,65	6,9	5000,0	0,2264
7	-15,25	1,65	6,0	5000,0	0,1967
8	-16,90	1,65	5,3	5000,0	0,1735
9	-18,55	1,65	4,7	5000,0	0,1549
10	-20,21	1,65	4,2	5000,0	0,1398
11	-21,86	1,65	3,9	5000,0	0,1273
12	-23,51	1,65	3,5	5000,0	0,1167
13	-25,17	1,65	3,3	5000,0	0,1078
14	-26,82	1,65	3,0	5000,0	0,1001
15	-28,47	1,65	2,8	5000,0	0,0934
<b>Totale</b>		<b>24,80</b>			<b>3,2829</b>

#### Sottopasso (Combinazione n° 2)

n°	z	$\Delta H$	$\Delta\sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-5,27	1,55	12,4	5000,0	0,3241
2	-6,82	1,55	11,9	5000,0	0,3395
3	-8,37	1,55	10,3	5000,0	0,3059
4	-9,91	1,55	8,7	5000,0	0,2632
5	-11,46	1,55	7,4	5000,0	0,2255
6	-13,01	1,55	6,4	5000,0	0,1949
7	-14,55	1,55	5,6	5000,0	0,1706

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8	-16,10	1,55	4,9	5000,0	0,1512
9	-17,65	1,55	4,4	5000,0	0,1354
10	-19,19	1,55	4,0	5000,0	0,1225
11	-20,74	1,55	3,6	5000,0	0,1117
12	-22,29	1,55	3,3	5000,0	0,1026
13	-23,83	1,55	3,1	5000,0	0,0949
14	-25,38	1,55	2,9	5000,0	0,0882
15	-26,93	1,55	2,7	5000,0	0,0824
<b>Totale</b>		<b>23,20</b>			<b>2,7126</b>

#### Sottopasso (Combinazione n° 3)

n°	z	$\Delta H$	$\Delta\sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-5,33	1,65	18,4	5000,0	0,5296
2	-6,98	1,65	15,7	5000,0	0,4896
3	-8,63	1,65	12,5	5000,0	0,4024
4	-10,29	1,65	10,1	5000,0	0,3273
5	-11,94	1,65	8,3	5000,0	0,2715
6	-13,59	1,65	7,0	5000,0	0,2303
7	-15,25	1,65	6,1	5000,0	0,1992
8	-16,90	1,65	5,3	5000,0	0,1751
9	-18,55	1,65	4,7	5000,0	0,1561
10	-20,21	1,65	4,3	5000,0	0,1406
11	-21,86	1,65	3,9	5000,0	0,1279
12	-23,51	1,65	3,6	5000,0	0,1172
13	-25,17	1,65	3,3	5000,0	0,1082
14	-26,82	1,65	3,0	5000,0	0,1004
15	-28,47	1,65	2,8	5000,0	0,0937
<b>Totale</b>		<b>24,80</b>			<b>3,4691</b>

#### Sottopasso (Combinazione n° 4)

n°	z	$\Delta H$	$\Delta\sigma_v$	E	$\Delta w$
----	---	------------	------------------	---	------------

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1	-5,27	1,55	13,5	5000,0	0,3579
2	-6,82	1,55	12,3	5000,0	0,3511
3	-8,37	1,55	10,5	5000,0	0,3123
4	-9,91	1,55	8,8	5000,0	0,2666
5	-11,46	1,55	7,5	5000,0	0,2273
6	-13,01	1,55	6,4	5000,0	0,1960
7	-14,55	1,55	5,6	5000,0	0,1713
8	-16,10	1,55	4,9	5000,0	0,1516
9	-17,65	1,55	4,4	5000,0	0,1358
10	-19,19	1,55	4,0	5000,0	0,1227
11	-20,74	1,55	3,6	5000,0	0,1119
12	-22,29	1,55	3,3	5000,0	0,1028
13	-23,83	1,55	3,1	5000,0	0,0950
14	-25,38	1,55	2,9	5000,0	0,0883
15	-26,93	1,55	2,7	5000,0	0,0824
<b>Totale</b>		<b>23,20</b>			<b>2,7731</b>

#### Sottopasso (Combinazione n° 5)

n°	z	$\Delta H$	$\Delta \sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-5,33	1,65	15,7	5000,0	0,4439
2	-6,98	1,65	14,3	5000,0	0,4435
3	-8,63	1,65	11,9	5000,0	0,3792
4	-10,29	1,65	9,7	5000,0	0,3155
5	-11,94	1,65	8,1	5000,0	0,2650
6	-13,59	1,65	6,9	5000,0	0,2264
7	-15,25	1,65	6,0	5000,0	0,1967
8	-16,90	1,65	5,3	5000,0	0,1735
9	-18,55	1,65	4,7	5000,0	0,1549
10	-20,21	1,65	4,2	5000,0	0,1398
11	-21,86	1,65	3,9	5000,0	0,1273
12	-23,51	1,65	3,5	5000,0	0,1167
13	-25,17	1,65	3,3	5000,0	0,1078

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

14	-26,82	1,65	3,0	5000,0	0,1001
15	-28,47	1,65	2,8	5000,0	0,0934
<b>Totale</b>		<b>24,80</b>			<b>3,2837</b>

**Sottopasso (Combinazione n° 6)**

n°	z	$\Delta H$	$\Delta\sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-5,27	1,55	12,4	5000,0	0,3241
2	-6,82	1,55	11,9	5000,0	0,3395
3	-8,37	1,55	10,3	5000,0	0,3059
4	-9,91	1,55	8,7	5000,0	0,2632
5	-11,46	1,55	7,4	5000,0	0,2255
6	-13,01	1,55	6,4	5000,0	0,1949
7	-14,55	1,55	5,6	5000,0	0,1706
8	-16,10	1,55	4,9	5000,0	0,1512
9	-17,65	1,55	4,4	5000,0	0,1354
10	-19,19	1,55	4,0	5000,0	0,1225
11	-20,74	1,55	3,6	5000,0	0,1117
12	-22,29	1,55	3,3	5000,0	0,1026
13	-23,83	1,55	3,1	5000,0	0,0949
14	-25,38	1,55	2,9	5000,0	0,0882
15	-26,93	1,55	2,7	5000,0	0,0824
<b>Totale</b>		<b>23,20</b>			<b>2,7126</b>

**Sottopasso (Combinazione n° 7)**

n°	z	$\Delta H$	$\Delta\sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-5,33	1,66	19,5	5000,0	0,5637
2	-6,99	1,66	16,5	5000,0	0,5209
3	-8,65	1,66	12,9	5000,0	0,4178
4	-10,31	1,66	10,2	5000,0	0,3351
5	-11,97	1,66	8,4	5000,0	0,2758
6	-13,63	1,66	7,1	5000,0	0,2328

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7	-15,29	1,66	6,1	5000,0	0,2008
8	-16,95	1,66	5,3	5000,0	0,1762
9	-18,61	1,66	4,7	5000,0	0,1568
10	-20,27	1,66	4,3	5000,0	0,1411
11	-21,93	1,66	3,9	5000,0	0,1283
12	-23,59	1,66	3,5	5000,0	0,1175
13	-25,25	1,66	3,3	5000,0	0,1084
14	-26,91	1,66	3,0	5000,0	0,1006
15	-28,57	1,66	2,8	5000,0	0,0938
<b>Totale</b>		<b>24,90</b>			<b>3,5694</b>

**Sottopasso (Combinazione n° 8)**

n°	z	$\Delta H$	$\Delta\sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-5,27	1,55	13,6	5000,0	0,3586
2	-6,82	1,55	12,7	5000,0	0,3662
3	-8,37	1,55	10,8	5000,0	0,3206
4	-9,91	1,55	9,0	5000,0	0,2709
5	-11,46	1,55	7,5	5000,0	0,2297
6	-13,01	1,55	6,4	5000,0	0,1974
7	-14,55	1,55	5,6	5000,0	0,1722
8	-16,10	1,55	5,0	5000,0	0,1522
9	-17,65	1,55	4,4	5000,0	0,1362
10	-19,19	1,55	4,0	5000,0	0,1231
11	-20,74	1,55	3,6	5000,0	0,1121
12	-22,29	1,55	3,3	5000,0	0,1030
13	-23,83	1,55	3,1	5000,0	0,0951
14	-25,38	1,55	2,9	5000,0	0,0884
15	-26,93	1,55	2,7	5000,0	0,0825
<b>Totale</b>		<b>23,20</b>			<b>2,8083</b>

**Sottopasso (Combinazione n° 9)**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

n°	z	$\Delta H$	$\Delta\sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-5,33	1,65	15,7	5000,0	0,4439
2	-6,98	1,65	14,3	5000,0	0,4435
3	-8,63	1,65	11,9	5000,0	0,3792
4	-10,29	1,65	9,7	5000,0	0,3155
5	-11,94	1,65	8,1	5000,0	0,2650
6	-13,59	1,65	6,9	5000,0	0,2264
7	-15,25	1,65	6,0	5000,0	0,1967
8	-16,90	1,65	5,3	5000,0	0,1735
9	-18,55	1,65	4,7	5000,0	0,1549
10	-20,21	1,65	4,2	5000,0	0,1398
11	-21,86	1,65	3,9	5000,0	0,1273
12	-23,51	1,65	3,5	5000,0	0,1167
13	-25,17	1,65	3,3	5000,0	0,1078
14	-26,82	1,65	3,0	5000,0	0,1001
15	-28,47	1,65	2,8	5000,0	0,0934
<b>Totale</b>		<b>24,80</b>			<b>3,2836</b>

**Sottopasso** (Combinazione n° 10)

n°	z	$\Delta H$	$\Delta\sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-5,27	1,55	12,4	5000,0	0,3241
2	-6,82	1,55	11,9	5000,0	0,3395
3	-8,37	1,55	10,3	5000,0	0,3059
4	-9,91	1,55	8,7	5000,0	0,2632
5	-11,46	1,55	7,4	5000,0	0,2255
6	-13,01	1,55	6,4	5000,0	0,1949
7	-14,55	1,55	5,6	5000,0	0,1706
8	-16,10	1,55	4,9	5000,0	0,1512
9	-17,65	1,55	4,4	5000,0	0,1354
10	-19,19	1,55	4,0	5000,0	0,1225
11	-20,74	1,55	3,6	5000,0	0,1117
12	-22,29	1,55	3,3	5000,0	0,1026

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13	-23,83	1,55	3,1	5000,0	0,0949
14	-25,38	1,55	2,9	5000,0	0,0882
15	-26,93	1,55	2,7	5000,0	0,0824
<b>Totale</b>		<b>23,20</b>			<b>2,7126</b>

#### 5.4.1.5 VALUTAZIONE DEI RISULTATI

I fattori di sicurezza ottenuti per verifica di portanza verticale della sottostruttura in oggetto risultano per le combinazioni statiche spesso ampiamente superiori al valore richiesto dalla normativa vigente; le dimensioni minime della fondazione sono imposte dalle dimensioni dello scatolare stesso e risultano quindi accettabili in termini di portanza verticale. Non si effettua la verifica allo scorrimento orizzontale dell'opera in quanto non risulta possibile il cinematisimo, vista la presenza del terreno laterale ai piedritti che agisce come vincolo.

I cedimenti massimi si attestano su valori massimi attorno ai 3,00 cm; tali valori risultano accettabili, in considerazione del fatto che tali cedimenti risultano uniformi sia nella larghezza della fondazione che nello sviluppo longitudinale dell'opera.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6 ANALISI DELLE FONDAZIONI SCATOLARE LATO NORD

### 6.1 ANALISI DEL SISTEMA FONDAZIONALE

Lo scatolare lato nord, a differenza dello scatolare sud, presenta un sistema fondazionale di tipo indiretto su pali; tale tipologia risulta infatti necessaria per utilizzare in prima fase i suddetti pali come berlinese di sostegno dello scavo da eseguirsi al loro interno, raggiungendo la quota di fondo scavo su cui giace la strada di servizio.

### 6.2 COMBINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI

Vengono innanzitutto presentate le diverse combinazioni utilizzate per la valutazione delle sollecitazioni.

		Combinazione	Coefficienti moltiplicativi delle sollecitazioni								
			A	B	C	D	E	F	G	H	I
S L U	S T R	Comb 1	1,3	1,5	1,35	1,35	0	0	1,5	1,5	0
		Comb 2	1,3	1,5	1,35	1,35	0	0	1,5	0,75	0
		Comb 3	1,3	1,5	1,35	1,35	1,5	1,5	0	0	0
		Comb 4	1,3	1,5	1,35	1,35	1,5	0,75	0	0	0
	Sisma	Comb 5	1	1	0,2	0,2	0	0	1	0	1
	G E O	Comb 7	1	1,3	1,15	1,15	0	0	1,3	1,3	0
		Comb 8	1	1,3	1,15	1,15	0	0	1,3	0,65	0
		Comb 9	1	1,3	1,15	1,15	1,3	1,3	1	0	0
		Comb 10	1	1,3	1,15	1,15	1,3	0,65	1	0	0
		Comb 11	1	1,3	1,15	1,15	0	0	1	0	0

S L E	Frequente	Comb 12	1	1	0,75	0,75	0	0	1	1	0
	Quasi Per	Comb 13	1	1	0	0	0	0	1	1	0
	Frequente	Comb 14	1	1	0,75	0,75	0	0	1	0,5	0
	Quasi Per	Comb 15	1	1	0	0	0	0	1	0,5	0
	Frequente	Comb 16	1	1	0,75	0,75	1	1	0	0	0
	Quasi Per	Comb 17	1	1	0	0	1	1	0	0	0
	Frequente	Comb 18	1	1	0,75	0,75	1	0,5	0	0	0
	Quasi Per	Comb 19	1	1	0	0	1	0,5	0	0	0
	Frequente	Comb 20	1	1	0,75	0,75	0	0	0	0	0
	Quasi Per	Comb 21	1	1	0	0	0	0	0	0	0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dove nella tabella soprastante vengono utilizzate le seguenti indicizzazioni per l'identificazione delle diverse nature di sollecitazioni.

A = Pesi propri strutturali;

B = Permanenti non strutturali;

C = Accidentali da traffico;

D = Incremento di spinta per sovraccarico concentrato;



E = Spinta a riposo del terreno sul muro sinistro;

F = Spinta a riposo del terreno sul muro destro;

G = Spinta attiva del terreno sul muro sinistro;

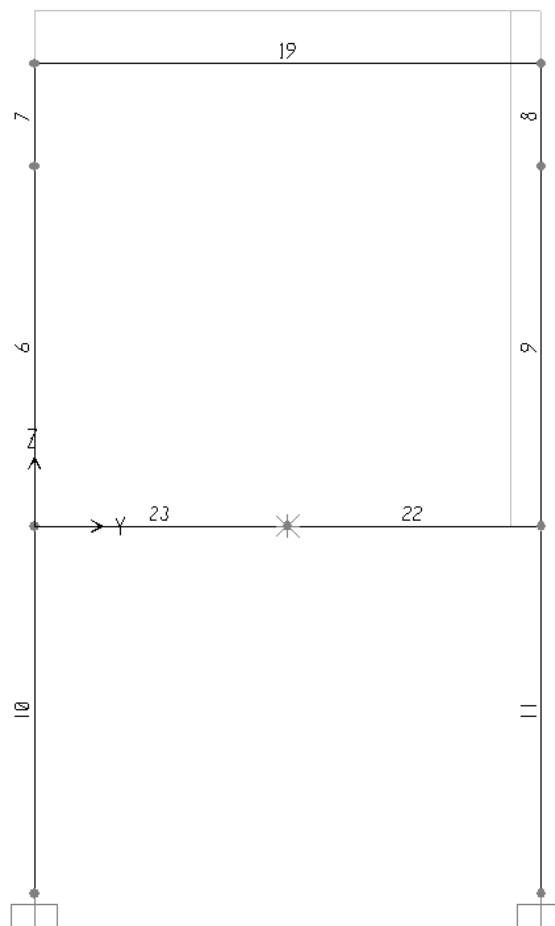
H = Spinta attiva del terreno sul muro destro;

I = Incremento di spinta del terreno sul muro sinistro dovuto al sisma secondo le teorie di Mononobe - Okabe;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 6.3 MASSIME AZIONI SUI PALI

Con riferimento all'indicizzazione di seguito riportata vengono elencati i risultati delle analisi svolte, ottenuti come output numerico del software di calcolo strutturale utilizzato; in particolare, con riferimento alle combinazioni di carico già descritte, si riportano i valori delle azioni assiale e di taglio sui pali ai nodi di incastro delle aste 10 e 11, rispettivamente denominati 7 e 8.



SLU:

TABLE: Joint Reactions				
Joint	OutputCase	CaseType	U2	U3
Text	Text	Text	KN	KN
7	COMB1	Combination	-63,387	868,577
7	COMB2	Combination	-113,337	894,455
7	COMB3	Combination	-41,472	868,577

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0

7	COMB4	Combination	-117,162	907,791
7	COMB5	Combination	-58,934	580,139
7	COMB6	Combination	-105,915	868,577
7	COMB7	Combination	-53,162	708,724
7	COMB8	Combination	-96,452	731,151
7	COMB9	Combination	-34,169	708,724
7	COMB10	Combination	-99,768	742,709
7	COMB11	Combination	-90,02	708,724
8	COMB1	Combination	-119,15	727,347
8	COMB2	Combination	-147,836	701,469
8	COMB3	Combination	-141,065	727,347
8	COMB4	Combination	-184,534	688,133
8	COMB5	Combination	-185,416	451,926
8	COMB6	Combination	-76,622	727,347
8	COMB7	Combination	-102,332	588,417
8	COMB8	Combination	-127,193	565,989
8	COMB9	Combination	-121,325	588,417
8	COMB10	Combination	-158,998	554,432
8	COMB11	Combination	-65,474	588,417

Per ottenere i valori sul singolo palo occorre considerare l'interasse pari a 1,20 m:

Azioni massime STR (comb 4):

Carico assiale  $P = 908 \cdot 1,20 = 1.090 \text{ kN}$

Azione di taglio  $V = 184 \cdot 1,20 = 221 \text{ kN}$

Azioni massime SISMA (comb 5):

Carico assiale  $P = 571 \cdot 1,20 = 685 \text{ kN}$

Azione di taglio  $V = 111 \cdot 1,20 = 133 \text{ kN}$

Azioni massime GEO (comb 4):

Carico assiale  $P = 731 \cdot 1,20 = 877 \text{ kN}$

Azione di taglio  $V = 156 \cdot 1,20 = 187 \text{ kN}$

SLE:

TABLE: Joint Reactions					
Joint	OutputCase	CaseType	U2	U3	R1
Text	Text	Text	KN	KN	KN-m
7	COMB12	Combination	-33,827	601,946	54,2364
7	COMB13	Combination	11,32	499,057	-16,5858
7	COMB14	Combination	-67,127	619,198	105,7775
7	COMB15	Combination	-21,98	516,309	34,9553

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7	COMB16	Combination	-19,217	601,946	32,0803
7	COMB17	Combination	25,93	499,057	-38,7419
7	COMB18	Combination	-69,678	628,089	110,1816
7	COMB19	Combination	-24,531	525,199	39,3595
7	COMB20	Combination	-62,18	601,946	97,2324
7	COMB21	Combination	-17,033	499,057	26,4103
8	COMB12	Combination	-67,582	523,485	104,2031
8	COMB13	Combination	-11,32	499,057	16,5858
8	COMB14	Combination	-86,706	506,233	134,2462
8	COMB15	Combination	-30,444	481,805	46,6289
8	COMB16	Combination	-82,192	523,485	126,3592
8	COMB17	Combination	-25,93	499,057	38,7419
8	COMB18	Combination	-111,171	497,343	171,8845
8	COMB19	Combination	-54,909	472,915	84,2671
8	COMB20	Combination	-39,23	523,485	61,2071
8	COMB21	Combination	17,033	499,057	-26,4103

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6.4 VERIFICHE GEOTECNICHE

### 6.4.1 MODELLO DI CALCOLO

Per il calcolo della capacità portante delle fondazioni si utilizza il software di calcolo Aztec CARL 10.0 versione 10.05.b – carico limite e cedimenti.

#### 6.4.1.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Progetto: Sottopasso RFI lato Nord

#### Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l' esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

### **Determinazione della capacità portante**

carico verticale che grava sul palo va confrontato con il valore di calcolo della resistenza verticale del palo stesso. Il problema che si pone, quindi, è quello di determinare la capacità portante del palo. Determinata la capacità portante, la resistenza di calcolo verticale del palo si ottiene applicando degli opportuni coefficienti di sicurezza.

La capacità portante di un palo viene valutata come somma di due contributi: portanza di base (o di punta) e portanza per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

$Q_T$  Portanza totale del palo;

$Q_P$  Portanza di base del palo;

$Q_L$  Portanza per attrito laterale del palo;

$W_P$  Peso proprio del palo.

Le due componenti  $Q_P$  e  $Q_L$  sono calcolate in modo indipendente fra loro. Risulta molto difficoltoso, tranne che in poche situazioni, stabilire quanta parte del carico viene assorbita per attrito laterale e quanta per resistenza alla base.

Nel caso di pali soggetti a trazione la resistenza allo sfilamento vale:

$$Q_T = Q_L + W_P$$

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo  $Q_A$  applicando degli opportuni coefficienti di sicurezza rispettivamente  $\gamma_b$  e  $\gamma_s$ .

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I coefficienti  $\gamma_b$  e  $\gamma_s$  rappresentano rispettivamente i valori del coefficiente di sicurezza per la portanza di punta e quello per la portanza laterale.

Quindi nel caso di pali compressi abbiamo la seguente relazione:

$$Q_A = Q_p/\gamma_b + Q_l/\gamma_s - W_P \gamma_{G1}$$

Nel caso invece di pali soggetti a sforzi di trazione abbiamo la seguente relazione:

$$Q_A = Q_l/\gamma_s + W_P \gamma_{G1}$$

### Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_P = A_P (c N_c + q_b N_q)$$

dove  $A_P$  è l'area portante efficace della punta del palo,  $c$  è la coesione,  $q_b$  è la pressione del terreno alla quota della punta del palo ed i coefficienti  $N_c$  e  $N_q$  sono i coefficienti delle formule della capacità portante corretti per tener conto degli effetti di profondità.

$N_c$  ed  $N_q$  dipendono sia dalla geometria del palo che dalle caratteristiche del terreno angolo di attrito e coesione ( $\phi$  e  $c$ ).

In letteratura è possibile trovare diverse formule per il calcolo dei valori di  $N_c$  ed  $N_q$ .

Per pali in argilla in condizioni non drenate ( $\phi=0$ ,  $c=c_u$ ) si assume in genere per  $N_c$  il valore proposto da Skempton pari a 9 (valore in corrispondenza della punta del palo) mentre  $N_q=1$ . Diversi autori hanno proposto altri valori per il fattore  $N_c$  ma in generale le variazioni sono abbastanza contenute.

Diverso è il caso del fattore  $N_q$  per il quale diversi autori propongono dei valori spesso molto discordanti fra di loro.

In particolare da prove effettuati su pali realizzati in terreni non coesivi, si vede che la variazione della resistenza alla punta non cresce in modo lineare con la profondità, ma raggiunto un certo valore essa si mantiene pressochè costante. Questo fenomeno è stato spiegato da Vesic mettendo in conto un <<effetto arco>> che si manifesta nei dintorni del palo.

Un modo semplice per tener conto del fatto che la resistenza alla punta non può crescere indefinitamente è quello di considerare il diagramma delle pressioni verticali in corrispondenza del palo opportunamente modificato.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><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						

In particolare si assume che la pressione verticale  $\sigma_v$  cresca linearmente (pressione geostatica) fino ad una certa profondità  $z_c$  ( $\sigma_v = \sigma_c$ ); superata tale profondità il valore della pressione verticale si mantiene costante e pari a  $\sigma_c$ : in pratica si assume un diagramma bilatero per l'andamento della pressione verticale in corrispondenza del palo.

Il valore di  $z_c$  (detta anche profondità critica) dipende dal diametro del palo,  $D$ , dalla tecnologia di realizzazione (palo infisso o trivellato) dall'angolo di attrito del terreno  $\phi$ .

Nella determinazione di  $z_c$  il valore di  $\phi$  da considerare è funzione del valore dell'angolo di attrito prima dell'installazione del palo,  $\phi'$ , secondo le seguenti relazioni:

Per pali infissi  $\phi = 3/4 \phi' + 10$

Per pali trivellati  $\phi = \phi' - 3$

A parità di diametro influisce il grado di addensamento del terreno (densità relativa  $D_r$ ) e la resistenza alla punta cresce con il crescere della densità.

Nella sezione successiva descriveremo le relazioni per la determinazione di  $N_c$  ed  $N_q$ .

### Capacità portante per attrito laterale

La portanza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limiti:

$$Q_L = \text{Int}(\tau_a) dS$$

dove  $\tau_a$  è dato dalla nota relazione di Coulomb:

$$\tau_a = c_a + \sigma_h \text{tg } \delta$$

dove  $c_a$  è l'adesione palo-terreno,  $\delta$  è l'angolo di attrito palo-terreno, e  $\sigma_h$  è la tensione orizzontale alla generica profondità  $z$ . La tensione orizzontale  $\sigma_h$  è legata alla pressione verticale  $\sigma_v$  tramite il coefficiente di spinta  $K_s$

$$\sigma_h = K_s \sigma_v$$

Indicando con  $C$  il perimetro e con  $L$  la lunghezza del palo abbiamo:

$$\text{Int}^L (C(c_a + K_s \sigma_v \text{tg } \delta) dz)$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Analisi del palo soggetto a forze orizzontali (Portanza trasversale)

La resistenza limite laterale di un palo è determinata dal minimo valore fra il carico orizzontale necessario per produrre il collasso del terreno lungo il fusto del palo ed il carico orizzontale necessario per produrre la plasticizzazione del palo. Il primo meccanismo (plasticizzazione del terreno) si verifica nel caso di pali molto rigidi in terreni poco resistenti (meccanismo di palo corto) mentre il secondo meccanismo si verifica nel caso di pali aventi rigidezze non eccessive rispetto al terreno di infissione (meccanismo di palo lungo o intermedio). Nel modello di terreno alla Winkler il terreno viene schematizzato come una serie di molle elastiche indipendenti fra di loro. Le molle che schematizzano il terreno vengono caratterizzate tramite una costante di rigidezza elastica,  $K_h$ , espressa in  $\text{DaN/cm}^2/\text{cm}$  che rappresenta la pressione (in  $\text{DaN/cm}^2$ ) che bisogna applicare per ottenere lo spostamento di 1 cm. La determinazione di questa costante può essere fatta o tramite prove di carico su piastra o mediante metodi analitici (convenzionali). La variazione della costante di Winkler con la profondità dipende dal tipo di terreno in cui il palo è immerso. Ad esempio nel caso di terreni coesivi in condizioni non drenate  $K_h$  assume un valore costante con la profondità mentre nel caso di terreni incoerenti la variazione di  $K_h$  è di tipo lineare (crescente con la profondità). In generale l'espressione di  $K_h$  assume una forma binomia del tipo:

$$K_h(z) = A + B z^n$$

Per l'analisi di pali caricati trasversalmente si utilizza il modello di Winkler. Il palo viene suddiviso in un determinato numero (100) di elementi tipo trave aventi area ed inerzia pari a quella della sezione trasversale del palo. In corrispondenza di ogni nodo di separazione fra i vari elementi viene inserita una molla orizzontale di opportuna rigidezza che schematizza il terreno. Il comportamento delle molle che schematizzano il terreno non è infinitamente elastico ma è di tipo elastoplastico. La singola molla reagisce fino ad un valore limite di spostamento o di reazione; una volta che è stato superato tale limite la molle non offre ulteriori incrementi di resistenza (diagramma tipo elastoplastico perfetto). Indicando con  $dy_e$  la lunghezza del tratto di influenza della molla, con  $D$  il diametro del palo la molla avrà una rigidezza pari a:

$$K_m = dy_e D K_k$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La resistenza limite del terreno rappresenta il valore limite di resistenza che il terreno può esplicitare quando il palo è soggetto ad un carico orizzontale. La resistenza limite  $p_u = p_u(z)$  dipende dalle caratteristiche del terreno e dalla geometria del palo. In terreni puramente coesivi ( $c = c_u$ ,  $\phi = 0$ ) la resistenza cresce dal valore 0 in sommità fino ad un valore limite in corrispondenza di una profondità pari a circa 3 diametri. Il valore limite in tal caso è variabile fra 8 e 12  $c_u$ . Nel caso di terreni dotati di attrito e coesione la resistenza limite ad una generica profondità  $z$  è rappresentata dalla relazione (Brinch Hansen):

$$P_u = q K_{pq} + c K_{pc}$$

dove:

$D$  diametro del palo

$q$  pressione geostatica alla profondità  $z$

$c$  coesione alla profondità  $z$

$K_{pq}$ ,  $K_{pc}$  coefficienti funzione dell'angolo di attrito del terreno  $\phi$  e del rapporto  $z/D$ .

Broms ha eseguito l'analisi considerando il caso sia di palo vincolato in testa che di palo libero immerso in un mezzo omogeneo. Nel caso di terreni coesivi Broms assume in questo caso un diagramma di resistenza nullo fino ad una profondità pari a  $1,5D$  e poi valore costante pari a  $9c_u D$ . Nel caso di terreni incoerenti Broms assume che la resistenza laterale sia variabile con la profondità dal valore 0 (in testa) fino al valore  $3\sigma_v K_p D$  (alla base) essendo  $K_p$  il coefficiente di resistenza passiva espresso da  $K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$ .

## Geometria della fondazione

### *Simbologia adottata*

<i>Descrizione</i>	Descrizione del palo
<i>Forma</i>	Forma del palo ((C)=Costante, (R)=Rastremato)
<i>X</i>	Ascissa del baricentro del palo espressa in [m]
<i>Y</i>	Ordinata del baricentro del palo espressa in [m]
<i>D</i>	Diametro del palo espresso in [cm]
<i>L</i>	Lunghezza del palo espressa in [m]

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Descrizione	Forma	X	Y	D	L
Palo 1000	(C)	0,00	0,00	100,00	12,00

### Materiali palo

#### Calcestruzzo

Tipo	C25/30	
Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$	30,000	[N/mm <sup>2</sup> ]
Peso specifico	24,5170	[kN/mc]
Coeff. di omogeneizzazione	15,00	

#### Acciaio

Tipo	B450C	
Tensione caratteristica di snervamento	450,000	[N/mm <sup>2</sup> ]

#### Coefficienti di sicurezza sui materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza acciaio	0.85
Coefficiente di sicurezza sezione	1.50

### Caratteristiche pali

Pali in c.a.

Armatura con ferri longitudinali e staffe

Vincolo in testa di tipo INCASTRO

Tipo di palo TRIVELLATO

Contributo sia della portanza laterale sia della portanza di punta

### Descrizione terreni e falda

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

*Simbologia adottata*

<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_{sat}$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
$\delta$	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
$c$	Coesione del terreno espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$ca$	Adesione del terreno espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\phi_{min}, \phi_{med}$	Angolo di attrito interno del terreno minimo e medio espresso in gradi
$\delta_{min}, \delta_{med}$	Angolo di attrito palo-terreno minimo e medio espresso in gradi
$c_{min}, c_{med}$	Coesione del terreno minima e media espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$ca_{min}, ca_{med}$	Adesione del terreno minima e media espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]

*Parametri caratteristici*

<b>Descrizione</b>	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi$	$\delta$	$c$	$ca$
Ghiaie di Messina	19,000	23,000	38,00	38,00	0,0000	0,0000

*Parametri medi*

<b>Descrizione</b>	$\phi_{med}$	$\delta_{med}$	$c_{med}$	$ca_{med}$
Ghiaie di Messina	38,00	38,00	0,0000	0,0000

**Descrizione stratigrafia**

*Simbologia adottata*

$N$	Identificativo strato
$Z1$	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
$Z2$	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]
$Z3$	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato
$K_w$	Costante di Winkler espressa in DaN/cm <sup>2</sup> /cm
$K_s$	Coefficiente di spinta

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$\alpha$  Coefficiente di espansione laterale

n°	Z1	Z2	Z3	Terreno	Kw	Ks	$\alpha$
1	-30,0	-30,0	-25,0	Ghiaie di Messina	10,00	0,50	
	1,00						

## Normativa

N.T.C. 2008

## Calcolo secondo: Approccio 1

### Simbologia adottata

$\gamma_{Gsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Gfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Qsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{Qfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_c$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
$\gamma_\gamma$	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

## Coefficienti parziali combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coazione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

**Coefficienti parziali combinazioni sismiche**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coazione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

**PALI DI FONDAZIONE**

CARICHI VERTICALI. Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche dei pali

**Pali trivellati**

		<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>
Punta	$\gamma_b$	1,00	1,70	1,35
Laterale compressione	$\gamma_s$	1,00	1,45	1,15

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Totale compressione	$\gamma_t$	1,00	1,60	1,30
Laterale trazione	$\gamma_{st}$	1,00	1,60	1,25

CARICHI TRASVERSALI. Coefficienti parziali  $\gamma_T$  per le verifiche dei pali.

		R1	R2	R3
$\gamma_T$		1,00	1,60	1,30

Coefficienti di riduzione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate	1	$\xi_3=1,70$	$\xi_4=1,70$
------------------------------	---	--------------	--------------

Coeff. di combinazione	$\Psi_0=0,70$	$\Psi_1=0,50$	$\Psi_2=0,20$
------------------------	---------------	---------------	---------------

### Condizioni di carico

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

*Fondazione*

$N_{TOT}$  Sforzo normale totale espressa in [kN]

$M_{X_{TOT}}$  Momento in direzione X espressa in [kNm]

$M_{Y_{TOT}}$  Momento in direzione Y espresso in [kNm]

$e_x$  Eccentricità del carico lungo X espressa in [m]

$e_y$  Eccentricità del carico lungo Y espressa in [m]

$\beta$  Inclinazione del taglio nel piano espressa in [°]

$T_{TOT}$  Forza di taglio espressa in [kN]

#### Condizione n° 1 (Condizione n° 1)

Fondazione	$N_{TOT}$	$M_{X_{TOT}}$	$M_{Y_{TOT}}$	$e_x$	$e_y$	$\beta$	$T_{TOT}$
Palo 1000	1090,000	0,000	0,000	0,0	0,0	90,0	221,000

#### Condizione n° 2 (Condizione n° 2)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<b>Fondazione</b>	<b>N<sub>TOT</sub></b>	<b>M<sub>xTOT</sub></b>	<b>M<sub>yTOT</sub></b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T<sub>TOT</sub></b>
Palo 1000	877,000	0,000	0,000	0,0	0,0	90,0	187,000
<u>Condizione n° 3 (Condizione n° 3)</u>							

<b>Fondazione</b>	<b>N<sub>TOT</sub></b>	<b>M<sub>xTOT</sub></b>	<b>M<sub>yTOT</sub></b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T<sub>TOT</sub></b>
Palo 1000	696,000	0,000	0,000	0,0	0,0	90,0	70,000

### **Descrizione combinazioni di carico**

#### *Simbologia adottata*

- $\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione
- $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione
- C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

#### Combinazione n° 1 SLU - Caso A1-M1

	$\gamma$	$\Psi$	C
Condizione n° 1	1.00	1.00	1.00

Per la combinazione in oggetto si fa riferimento ai fattori di sicurezza R1 come da NTC 2008.

#### Combinazione n° 2 SLU - Caso A1-M1 - Sismica

	$\gamma$	$\Psi$	C
Condizione n° 3	1.00	1.00	1.00

Per la combinazione in oggetto si fa riferimento ai fattori di sicurezza R3 come da NTC 2008.

#### Combinazione n° 3 SLU - Caso A2-M1

	$\gamma$	$\Psi$	C
Condizione n° 2	1.00	1.00	1.00

Per la combinazione in oggetto si fa riferimento ai fattori di sicurezza R2 come da NTC 2008.

### **Analisi in condizioni drenate**

#### **Verifica della portanza assiale**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		Codice documento SS0559_F0.doc	Rev F0	Data 20/06/2011

Il metodo utilizzato per il calcolo della portanza verticale è: **Berezantzev ridotto.**  
 E' stato richiesto di correggere l'angolo di attrito in funzione del tipo di palo (Trivellato/Infisso).  
 L'andamento della pressione verticale  $\sigma_v$  con la profondità, per il calcolo della portanza di punta, è stata definita come: **Pressione geostatica.**

Si riportano i valori di pressione verticale e di attrito laterale  $\tau_a$  lungo lo sviluppo verticale dei pali:

NOTE	PROF. palo (m)	LIV p.c. (m)	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'_{vo}$ p.c. (kPa)	$\emptyset$ PALO (m)	$\emptyset$ (°)	Ks (-)	Ta lat spec (kPa)
------	----------------	--------------	--------------------------------	---------------------------	----------------------	-----------------	--------	-------------------

testa palo	0,00	0	19,00	0,00	1,000	38,00	0,50	0,00
	0,50	0,5	19,00	9,50	1,000	38,00	0,50	3,71
	1,00	1,0	19,00	19,00	1,000	38,00	0,50	7,42
	1,50	1,5	19,00	28,50	1,000	38,00	0,50	11,13
	2,00	2,0	19,00	38,00	1,000	38,00	0,50	14,83
	2,50	2,5	19,00	47,50	1,000	38,00	0,50	18,54
	3,00	3,0	19,00	57,00	1,000	38,00	0,50	22,25
	3,50	3,5	19,00	66,50	1,000	38,00	0,50	25,96
	4,00	4,0	19,00	76,00	1,000	38,00	0,50	29,67
	4,50	4,5	19,00	85,50	1,000	38,00	0,50	33,38
	5,00	5,0	19,00	95,00	1,000	38,00	0,50	37,09
	5,50	5,5	19,00	104,50	1,000	38,00	0,50	40,79
	6,00	6,0	19,00	114,00	1,000	38,00	0,50	44,50
	6,50	6,5	19,00	123,50	1,000	38,00	0,50	48,21
	7,00	7,0	19,00	133,00	1,000	38,00	0,50	51,92
	7,50	7,5	19,00	142,50	1,000	38,00	0,50	55,63
	8,00	8,0	19,00	152,00	1,000	38,00	0,50	59,34
	8,50	8,5	19,00	161,50	1,000	38,00	0,50	63,05
	9,00	9,0	19,00	171,00	1,000	38,00	0,50	66,75
	9,50	9,5	19,00	180,50	1,000	38,00	0,50	70,46
	10,00	10,0	19,00	190,00	1,000	38,00	0,50	74,17
	10,50	10,5	19,00	199,50	1,000	38,00	0,50	77,88
	11,00	11,0	19,00	209,00	1,000	38,00	0,50	81,59
	11,50	11,5	19,00	218,50	1,000	38,00	0,50	85,30

*Simbologia adottata*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Comb Identificativo della combinazione

Nc, Nq Fattori di capacità portante

Pl<sub>min</sub>, Pl<sub>med</sub> Portanza laterale minima e media espressa in [kN]

Pp<sub>min</sub>, Pp<sub>med</sub> Portanza di punta minima e media espressa in [kN]

Pd Portanza di progetto espressa in [kN]

N Scarico verticale in testa al palo espresso in [kN]

η Coeff. di sicurezza per carichi verticali

Comb	Nc	Nq
1	41,16	29,82
2	41,16	29,82
3	41,16	29,82

Comb	Pl <sub>med</sub>	Pp <sub>med</sub>	Pl <sub>min</sub>	Pp <sub>min</sub>	Pd	N	η
1	1678,87	5340,43	1678,87	5340,43	3822,72	1090,00	3,51
2	1678,87	5340,43	1678,87	5340,43	2950,14	696,00	4,24
3	1678,87	5340,43	1678,87	5340,43	2293,38	877,00	2,61

Il valore di η ricavato dall'analisi deve risultare comunque maggiore di un coefficiente derivante dalla riduzione per pali in gruppo, ricavabile dalla formula empirica di Converse – Labarre,:

$$\eta_{rid} = 1 - \xi \cdot \left[ \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{m \cdot n} \right] \cdot \frac{1}{90}$$

m = 1 numero di linee di pali nel gruppo

n = 15 numero di pali in una linea

d = 100 diametro del singolo palo

s = 120 distanza tra gli assi di due pali contigui

ξ = arctan (d/s) = arctan (100/120) = 39,81°

$$\eta_{rid} = 1 - 39,81 \cdot \left[ \frac{(15-1) \cdot 1 + (1-1) \cdot 15}{1 \cdot 15} \right] \cdot \frac{1}{90} = 0,59$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

La capacità portante di un palo all'interno del gruppo risulta così ridotta tramite il coefficiente d'efficienza  $\eta_{rid}$ ; deve quindi risultare:

$$\eta \geq \frac{1}{\eta_{rid}} = \frac{1}{0,59} = 1,70$$

Si verifica dunque che i valori di capacità portante per le combinazioni di carico cassate per la riduzione per pali in gruppo risultino maggiori delle azioni sollecitanti per le combinazioni corrispondenti:

Comb	Pd	N	Pd <sub>ridotto</sub>	$\eta$
1	3822,72	1090,00	2248,66	2,06
2	2950,14	696,00	1735,38	2,49
3	2293,38	877,00	1349,05	1,54

### Verifica della portanza trasversale

Costante di Winkler orizzontale definita da STRATO

Criterio di rottura palo-terreno: Pressione limite (Pressione passiva con moltiplicatore = 3,00)

*Simbologia adottata*

Comb Identificativo della combinazione

Tu Taglio resistente ultimo in testa al palo, espresso in [kN]

Mu Momento resistente ultimo in testa al palo, espresso in [kNm]

Tx Taglio agente in testa al palo, espresso in [kN]

$\eta = Tu/Tx$  Coeff. di sicurezza per carichi orizzontali

Comb	Tu	Mu	Tx	$\eta$
1	817,7345	1417,6911	221,0000	3,70
2	682,0452	1143,7427	70,0000	9,74
3	817,6622	1417,6911	187,0000	4,37

### Momento ultimo della sezione

A <sub>f1</sub>	A <sub>f2</sub>	M <sub>usez1</sub>	M <sub>usez2</sub>
108,571	108,571	1417,6911	1417,6911

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## Sollecitazioni in esercizio

### Simbologia adottata

Nr.	Identificativo sezione
Y	ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso (in [m])
N	sforzo normale espresso in [kN]
T	taglio espresso in [kN]
M	momento espresso in [kNm]

### Combinazione n° 1

Nr.	Y	M	T	N
1	0,00	328,9660	221,0000	1090,0000
2	0,12	302,4460	217,5496	1092,2791
3	0,24	276,3400	210,6487	1094,4950
4	0,36	251,0622	200,7091	1096,6476
5	0,48	226,9771	190,8803	1098,7371
6	0,60	204,0715	181,1876	1100,7634
7	0,72	182,3290	171,6538	1102,7265
8	0,84	161,7305	162,2995	1104,6265
9	0,96	142,2546	153,1426	1106,4632
10	1,08	123,8774	144,1992	1108,2367
11	1,20	106,5735	135,4830	1109,9470
12	1,32	90,3156	127,0061	1111,5942
13	1,44	75,0748	118,7785	1113,1781
14	1,56	60,8214	110,8087	1114,6989
15	1,68	47,5244	103,1034	1116,1564
16	1,80	35,1520	95,6680	1117,5508
17	1,92	23,6718	88,5065	1118,8819
18	2,04	13,0510	81,6215	1120,1499
19	2,16	3,2564	75,0145	1121,3547
20	2,28	-5,7453	68,6859	1122,4963
21	2,40	-13,9876	62,6350	1123,5746

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

22	2,52	-21,5038	56,8603	1124,5898
23	2,64	-28,3270	51,3594	1125,5418
24	2,76	-34,4902	46,1291	1126,4306
25	2,88	-40,0257	41,1656	1127,2563
26	3,00	-44,9655	36,4645	1128,0187
27	3,12	-49,3413	32,0207	1128,7179
28	3,24	-53,1838	27,8286	1129,3539
29	3,36	-56,5232	23,8825	1129,9268
30	3,48	-59,3891	20,1759	1130,4364
31	3,60	-61,8102	16,7022	1130,8828
32	3,72	-63,8145	13,4546	1131,2661
33	3,84	-65,4290	10,4259	1131,5861
34	3,96	-66,6801	7,6087	1131,8430
35	4,08	-67,5932	4,9957	1132,0367
36	4,20	-68,1927	2,5793	1132,1672
37	4,32	-68,5022	0,3518	1132,2344
38	4,44	-68,5444	-1,6944	1132,2385
39	4,56	-68,3411	-3,5669	1132,1794
40	4,68	-67,9130	-5,2734	1132,0571
41	4,80	-67,2802	-6,8214	1131,8716
42	4,92	-66,4616	-8,2186	1131,6229
43	5,04	-65,4754	-9,4723	1131,3110
44	5,16	-64,3387	-10,5899	1130,9360
45	5,28	-63,0680	-11,5784	1130,4977
46	5,40	-61,6785	-12,4451	1129,9962
47	5,52	-60,1851	-13,1967	1129,4316
48	5,64	-58,6015	-13,8401	1128,8037
49	5,76	-56,9407	-14,3817	1128,1126
50	5,88	-55,2149	-14,8279	1127,3584
51	6,00	-53,4356	-15,1849	1126,5410
52	6,12	-51,6134	-15,4587	1125,6603
53	6,24	-49,7583	-15,6551	1124,7165
54	6,36	-47,8797	-15,7795	1123,7095



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

55	6,48	-45,9862	-15,8374	1122,6393
56	6,60	-44,0857	-15,8339	1121,5059
57	6,72	-42,1856	-15,7740	1120,3093
58	6,84	-40,2927	-15,6623	1119,0495
59	6,96	-38,4133	-15,5033	1117,7265
60	7,08	-36,5529	-15,3014	1116,3403
61	7,20	-34,7167	-15,0606	1114,8909
62	7,32	-32,9094	-14,7848	1113,3783
63	7,44	-31,1352	-14,4778	1111,8026
64	7,56	-29,3979	-14,1429	1110,1636
65	7,68	-27,7008	-13,7835	1108,4614
66	7,80	-26,0467	-13,4027	1106,6961
67	7,92	-24,4384	-13,0033	1104,8675
68	8,04	-22,8780	-12,5881	1102,9758
69	8,16	-21,3674	-12,1598	1101,0209
70	8,28	-19,9083	-11,7206	1099,0027
71	8,40	-18,5018	-11,2727	1096,9214
72	8,52	-17,1491	-10,8184	1094,7769
73	8,64	-15,8509	-10,3594	1092,5692
74	8,76	-14,6077	-9,8976	1090,2983
75	8,88	-13,4200	-9,4345	1087,9642
76	9,00	-12,2879	-8,9718	1085,5669
77	9,12	-11,2113	-8,5107	1083,1064
78	9,24	-10,1900	-8,0525	1080,5827
79	9,36	-9,2237	-7,5984	1077,9958
80	9,48	-8,3119	-7,1494	1075,3458
81	9,60	-7,4540	-6,7064	1072,6325
82	9,72	-6,6492	-6,2702	1069,8560
83	9,84	-5,8968	-5,8417	1067,0164
84	9,96	-5,1958	-5,4214	1064,1135
85	10,08	-4,5452	-5,0100	1061,1475
86	10,20	-3,9440	-4,6079	1058,1183
87	10,32	-3,3910	-4,2156	1055,0258

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

88	10,44	-2,8852	-3,8334	1051,8702
89	10,56	-2,4252	-3,4618	1048,6514
90	10,68	-2,0097	-3,1010	1045,3694
91	10,80	-1,6376	-2,7511	1042,0242
92	10,92	-1,3075	-2,4124	1038,6158
93	11,04	-1,0180	-2,0850	1035,1442
94	11,16	-0,7678	-1,7691	1031,6094
95	11,28	-0,5555	-1,4647	1028,0114
96	11,40	-0,3797	-1,1719	1024,3502
97	11,52	-0,2391	-0,8907	1020,6259
98	11,64	-0,1322	-0,6212	1016,8383
99	11,76	-0,0577	-0,3634	1012,9875
100	11,88	-0,0141	-0,1172	1009,0736
101	12,00	0,0000	-0,1172	1005,0964

Combinazione n° 2

<b>Nr.</b>	<b>Y</b>	<b>M</b>	<b>T</b>	<b>N</b>
1	0,00	100,2507	70,0000	696,0000
2	0,12	91,8507	66,9435	698,2885
3	0,24	83,8175	63,9027	700,5327
4	0,36	76,1492	60,8870	702,7325
5	0,48	68,8427	57,9050	704,8879
6	0,60	61,8941	54,9643	706,9990
7	0,72	55,2984	52,0718	709,0658
8	0,84	49,0498	49,2338	711,0882
9	0,96	43,1418	46,4557	713,0663
10	1,08	37,5671	43,7424	715,0000
11	1,20	32,3180	41,0981	716,8894
12	1,32	27,3862	38,5263	718,7344
13	1,44	22,7631	36,0302	720,5351
14	1,56	18,4394	33,6124	722,2914
15	1,68	14,4060	31,2748	724,0034
16	1,80	10,6530	29,0191	725,6711

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

17	1,92	7,1707	26,8465	727,2944
18	2,04	3,9491	24,7578	728,8733
19	2,16	0,9782	22,7535	730,4079
20	2,28	-1,7522	20,8336	731,8982
21	2,40	-4,2523	18,9980	733,3441
22	2,52	-6,5320	17,2461	734,7457
23	2,64	-8,6016	15,5774	736,1029
24	2,76	-10,4709	13,9907	737,4157
25	2,88	-12,1497	12,4850	738,6843
26	3,00	-13,6479	11,0589	739,9084
27	3,12	-14,9750	9,7109	741,0883
28	3,24	-16,1403	8,4393	742,2237
29	3,36	-17,1530	7,2422	743,3149
30	3,48	-18,0221	6,1178	744,3617
31	3,60	-18,7562	5,0641	745,3641
32	3,72	-19,3639	4,0790	746,3222
33	3,84	-19,8534	3,1603	747,2359
34	3,96	-20,2327	2,3057	748,1053
35	4,08	-20,5093	1,5131	748,9304
36	4,20	-20,6909	0,7802	749,7111
37	4,32	-20,7845	0,1045	750,4475
38	4,44	-20,7971	-0,5161	751,1395
39	4,56	-20,7351	-1,0841	751,7871
40	4,68	-20,6051	-1,6017	752,3905
41	4,80	-20,4128	-2,0712	752,9494
42	4,92	-20,1643	-2,4950	753,4640
43	5,04	-19,8649	-2,8752	753,9343
44	5,16	-19,5199	-3,2142	754,3603
45	5,28	-19,1342	-3,5140	754,7418
46	5,40	-18,7125	-3,7768	755,0791
47	5,52	-18,2593	-4,0047	755,3720
48	5,64	-17,7787	-4,1998	755,6205
49	5,76	-17,2747	-4,3640	755,8247

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

50	5,88	-16,7511	-4,4993	755,9845
51	6,00	-16,2111	-4,6076	756,1001
52	6,12	-15,6582	-4,6906	756,1712
53	6,24	-15,0954	-4,7501	756,1980
54	6,36	-14,5253	-4,7877	756,1805
55	6,48	-13,9508	-4,8052	756,1186
56	6,60	-13,3742	-4,8041	756,0124
57	6,72	-12,7977	-4,7859	755,8618
58	6,84	-12,2234	-4,7519	755,6668
59	6,96	-11,6532	-4,7036	755,4276
60	7,08	-11,0887	-4,6423	755,1440
61	7,20	-10,5316	-4,5692	754,8160
62	7,32	-9,9833	-4,4855	754,4437
63	7,44	-9,4451	-4,3923	754,0270
64	7,56	-8,9180	-4,2907	753,5660
65	7,68	-8,4031	-4,1816	753,0606
66	7,80	-7,9013	-4,0661	752,5109
67	7,92	-7,4134	-3,9449	751,9169
68	8,04	-6,9400	-3,8189	751,2785
69	8,16	-6,4817	-3,6889	750,5957
70	8,28	-6,0391	-3,5556	749,8687
71	8,40	-5,6124	-3,4198	749,0972
72	8,52	-5,2020	-3,2819	748,2814
73	8,64	-4,8082	-3,1426	747,4213
74	8,76	-4,4311	-3,0025	746,5168
75	8,88	-4,0708	-2,8620	745,5680
76	9,00	-3,7273	-2,7216	744,5748
77	9,12	-3,4007	-2,5817	743,5373
78	9,24	-3,0909	-2,4427	742,4554
79	9,36	-2,7978	-2,3049	741,3292
80	9,48	-2,5212	-2,1687	740,1587
81	9,60	-2,2610	-2,0343	738,9438
82	9,72	-2,0168	-1,9020	737,6845

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

83	9,84	-1,7886	-1,7720	736,3809
84	9,96	-1,5760	-1,6445	735,0330
85	10,08	-1,3786	-1,5197	733,6407
86	10,20	-1,1963	-1,3977	732,2040
87	10,32	-1,0285	-1,2787	730,7230
88	10,44	-0,8751	-1,1628	729,1977
89	10,56	-0,7356	-1,0500	727,6280
90	10,68	-0,6096	-0,9406	726,0140
91	10,80	-0,4967	-0,8344	724,3556
92	10,92	-0,3966	-0,7317	722,6529
93	11,04	-0,3088	-0,6324	720,9058
94	11,16	-0,2329	-0,5366	719,1144
95	11,28	-0,1685	-0,4442	717,2786
96	11,40	-0,1152	-0,3554	715,3985
97	11,52	-0,0725	-0,2702	713,4741
98	11,64	-0,0401	-0,1884	711,5053
99	11,76	-0,0175	-0,1102	709,4921
100	11,88	-0,0043	-0,0356	707,4346
101	12,00	0,0000	-0,0356	705,3328

Combinazione n° 3

<b>Nr.</b>	<b>Y</b>	<b>M</b>	<b>T</b>	<b>N</b>
1	0,00	276,1914	187,0000	877,0000
2	0,12	253,7514	183,5496	879,2842
3	0,24	231,7254	176,6487	881,5153
4	0,36	210,5276	168,3131	883,6935
5	0,48	190,3300	160,0704	885,8187
6	0,60	171,1216	151,9418	887,8908
7	0,72	152,8886	143,9467	889,9100
8	0,84	135,6150	136,1019	891,8761
9	0,96	119,2827	128,4228	893,7892
10	1,08	103,8720	120,9227	895,6494
11	1,20	89,3613	113,6133	897,4565

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12	1,32	75,7277	106,5044	899,2106
13	1,44	62,9471	99,6047	900,9117
14	1,56	50,9946	92,9211	902,5598
15	1,68	39,8440	86,4594	904,1549
16	1,80	29,4689	80,2241	905,6970
17	1,92	19,8420	74,2185	907,1861
18	2,04	10,9358	68,4447	908,6222
19	2,16	2,7224	62,9041	910,0053
20	2,28	-4,8261	57,5969	911,3354
21	2,40	-11,7377	52,5227	912,6124
22	2,52	-18,0404	47,6800	913,8365
23	2,64	-23,7620	43,0670	915,0076
24	2,76	-28,9300	38,6809	916,1256
25	2,88	-33,5718	34,5186	917,1907
26	3,00	-37,7140	30,5763	918,2027
27	3,12	-41,3831	26,8498	919,1618
28	3,24	-44,6051	23,3344	920,0678
29	3,36	-47,4053	20,0253	920,9208
30	3,48	-49,8083	16,9170	921,7209
31	3,60	-51,8383	14,0041	922,4679
32	3,72	-53,5188	11,2807	923,1619
33	3,84	-54,8725	8,7409	923,8029
34	3,96	-55,9214	6,3785	924,3909
35	4,08	-56,6868	4,1873	924,9259
36	4,20	-57,1893	2,1610	925,4079
37	4,32	-57,4486	0,2931	925,8369
38	4,44	-57,4838	-1,4227	926,2129
39	4,56	-57,3131	-2,9929	926,5359
40	4,68	-56,9539	-4,4239	926,8058
41	4,80	-56,4230	-5,7220	927,0228
42	4,92	-55,7364	-6,8936	927,1868
43	5,04	-54,9092	-7,9449	927,2977
44	5,16	-53,9558	-8,8820	927,3557

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

45	5,28	-52,8899	-9,7109	927,3606
46	5,40	-51,7246	-10,4376	927,3126
47	5,52	-50,4721	-11,0679	927,2115
48	5,64	-49,1440	-11,6073	927,0575
49	5,76	-47,7511	-12,0614	926,8504
50	5,88	-46,3037	-12,4356	926,5903
51	6,00	-44,8115	-12,7349	926,2772
52	6,12	-43,2833	-12,9644	925,9111
53	6,24	-41,7275	-13,1290	925,4920
54	6,36	-40,1521	-13,2333	925,0199
55	6,48	-38,5641	-13,2818	924,4948
56	6,60	-36,9702	-13,2789	923,9167
57	6,72	-35,3768	-13,2285	923,2856
58	6,84	-33,7893	-13,1348	922,6015
59	6,96	-32,2132	-13,0014	921,8644
60	7,08	-30,6530	-12,8321	921,0742
61	7,20	-29,1132	-12,6301	920,2311
62	7,32	-27,5975	-12,3988	919,3350
63	7,44	-26,1097	-12,1413	918,3858
64	7,56	-24,6527	-11,8604	917,3837
65	7,68	-23,2295	-11,5590	916,3285
66	7,80	-21,8424	-11,2396	915,2204
67	7,92	-20,4937	-10,9046	914,0592
68	8,04	-19,1851	-10,5565	912,8450
69	8,16	-17,9183	-10,1972	911,5778
70	8,28	-16,6947	-9,8289	910,2577
71	8,40	-15,5152	-9,4533	908,8845
72	8,52	-14,3808	-9,0722	907,4583
73	8,64	-13,2921	-8,6873	905,9791
74	8,76	-12,2497	-8,3000	904,4469
75	8,88	-11,2537	-7,9117	902,8617
76	9,00	-10,3043	-7,5236	901,2235
77	9,12	-9,4014	-7,1369	899,5322

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

78	9,24	-8,5450	-6,7527	897,7880
79	9,36	-7,7347	-6,3719	895,9908
80	9,48	-6,9700	-5,9953	894,1406
81	9,60	-6,2506	-5,6238	892,2373
82	9,72	-5,5757	-5,2581	890,2811
83	9,84	-4,9448	-4,8987	888,2718
84	9,96	-4,3569	-4,5462	886,2096
85	10,08	-3,8114	-4,2012	884,0943
86	10,20	-3,3072	-3,8640	881,9261
87	10,32	-2,8436	-3,5350	879,7048
88	10,44	-2,4194	-3,2146	877,4305
89	10,56	-2,0336	-2,9029	875,1032
90	10,68	-1,6853	-2,6003	872,7229
91	10,80	-1,3732	-2,3069	870,2897
92	10,92	-1,0964	-2,0229	867,8034
93	11,04	-0,8536	-1,7484	865,2641
94	11,16	-0,6438	-1,4835	862,6718
95	11,28	-0,4658	-1,2282	860,0264
96	11,40	-0,3184	-0,9827	857,3281
97	11,52	-0,2005	-0,7469	854,5768
98	11,64	-0,1109	-0,5209	851,7725
99	11,76	-0,0484	-0,3047	848,9151
100	11,88	-0,0118	-0,0983	846,0048
101	12,00	0,0000	-0,0983	843,0415

### Sollecitazioni limiti

#### *Simbologia adottata*

- Nr. Identificativo sezione
- Y ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso (in [m])
- Nr sforzo normale espresso in [kN]
- Tr taglio espresso in [kN]



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Mr momento espresso in [kNm]

Combinazione n° 1

Nr.	Y	Mr	Tr	Nr
1	0,00	1417,6911	817,7345	7019,2965
2	0,12	1319,5872	814,2841	7018,9607
3	0,24	1221,8731	807,3832	7018,2892
4	0,36	1124,9871	797,0319	7017,2819
5	0,48	1029,3433	783,2302	7015,9388
6	0,60	935,3556	765,9780	7014,2599
7	0,72	843,4383	745,2754	7012,2453
8	0,84	754,0052	721,1224	7009,8949
9	0,96	667,4706	693,5189	7007,2087
10	1,08	584,2483	662,4650	7004,1867
11	1,20	504,7525	627,9607	7000,8290
12	1,32	429,3972	590,0059	6997,1355
13	1,44	358,5965	552,0728	6993,1062
14	1,56	292,3478	515,3124	6988,7412
15	1,68	230,5103	479,7575	6984,0403
16	1,80	172,9394	445,4339	6979,0037
17	1,92	119,4873	412,3611	6973,6314
18	2,04	70,0040	380,5525	6967,9232
19	2,16	24,3377	350,0159	6961,8793
20	2,28	-17,6642	320,7543	6955,4996
21	2,40	-56,1547	292,7656	6948,7842
22	2,52	-91,2866	266,0436	6941,7329
23	2,64	-123,2118	240,5783	6934,3459
24	2,76	-152,0812	216,3558	6926,6231
25	2,88	-178,0439	193,3593	6918,5646
26	3,00	-201,2470	171,5688	6910,1703
27	3,12	-221,8353	150,9620	6901,4402
28	3,24	-239,9507	131,5140	6892,3743
29	3,36	-255,7324	113,1981	6882,9726

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

30	3,48	-269,3162	95,9858	6873,2352
31	3,60	-280,8345	79,8468	6863,1620
32	3,72	-290,4161	64,7500	6852,7531
33	3,84	-298,1861	50,6628	6842,0083
34	3,96	-304,2656	37,5519	6830,9278
35	4,08	-308,7719	25,3834	6819,5115
36	4,20	-311,8179	14,1227	6807,7595
37	4,32	-313,5126	3,7350	6795,6717
38	4,44	-313,9608	-5,8148	6783,2481
39	4,56	-313,2630	-14,5616	6770,4887
40	4,68	-311,5156	-22,5406	6757,3935
41	4,80	-308,8107	-29,7865	6743,9626
42	4,92	-305,2364	-36,3339	6730,1959
43	5,04	-300,8763	-42,2169	6716,0935
44	5,16	-295,8103	-47,4690	6701,6552
45	5,28	-290,1140	-52,1234	6686,8812
46	5,40	-283,8592	-56,2125	6671,7714
47	5,52	-277,1137	-59,7681	6656,3259
48	5,64	-269,9415	-62,8210	6640,5445
49	5,76	-262,4030	-65,4015	6624,4274
50	5,88	-254,5548	-67,5390	6607,9745
51	6,00	-246,4501	-69,2618	6591,1859
52	6,12	-238,1387	-70,5975	6574,0615
53	6,24	-229,6670	-71,5728	6556,6013
54	6,36	-221,0783	-72,2133	6538,8053
55	6,48	-212,4127	-72,5438	6520,6736
56	6,60	-203,7074	-72,5879	6502,2060
57	6,72	-194,9969	-72,3686	6483,4027
58	6,84	-186,3126	-71,9075	6464,2637
59	6,96	-177,6837	-71,2256	6444,7888
60	7,08	-169,1367	-70,3426	6424,9782
61	7,20	-160,6956	-69,2775	6404,8319
62	7,32	-152,3823	-68,0483	6384,3497

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

63	7,44	-144,2165	-66,6720	6363,5318
64	7,56	-136,2158	-65,1647	6342,3781
65	7,68	-128,3961	-63,5418	6320,8886
66	7,80	-120,7711	-61,8174	6299,0634
67	7,92	-113,3530	-60,0052	6276,9023
68	8,04	-106,1523	-58,1178	6254,4055
69	8,16	-99,1782	-56,1671	6231,5730
70	8,28	-92,4381	-54,1642	6208,4046
71	8,40	-85,9384	-52,1195	6184,9005
72	8,52	-79,6841	-50,0424	6161,0606
73	8,64	-73,6790	-47,9421	6136,8850
74	8,76	-67,9260	-45,8266	6112,3736
75	8,88	-62,4268	-43,7037	6087,5263
76	9,00	-57,1823	-41,5802	6062,3434
77	9,12	-52,1927	-39,4626	6036,8246
78	9,24	-47,4572	-37,3567	6010,9701
79	9,36	-42,9744	-35,2679	5984,7798
80	9,48	-38,7422	-33,2009	5958,2537
81	9,60	-34,7581	-31,1601	5931,3919
82	9,72	-31,0189	-29,1494	5904,1943
83	9,84	-27,5210	-27,1722	5876,6609
84	9,96	-24,2603	-25,2317	5848,7917
85	10,08	-21,2325	-23,3305	5820,5868
86	10,20	-18,4329	-21,4710	5792,0461
87	10,32	-15,8564	-19,6553	5763,1696
88	10,44	-13,4977	-17,8852	5733,9574
89	10,56	-11,3515	-16,1622	5704,4093
90	10,68	-9,4120	-14,4875	5674,5255
91	10,80	-7,6735	-12,8622	5644,3060
92	10,92	-6,1301	-11,2872	5613,7506
93	11,04	-4,7756	-9,7632	5582,8595
94	11,16	-3,6040	-8,2906	5551,6326
95	11,28	-2,6091	-6,8700	5520,0699

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

96	11,40	-1,7848	-5,5015	5488,1715
97	11,52	-1,1246	-4,1855	5455,9373
98	11,64	-0,6223	-2,9220	5423,3673
99	11,76	-0,2717	-1,7111	5390,4615
100	11,88	-0,0663	-0,5528	5357,2200
101	12,00	0,0000	-0,5528	0,0000

Combinazione n° 2

<b>Nr.</b>	<b>Y</b>	<b>Mr</b>	<b>Tr</b>	<b>Nr</b>
1	0,00	1143,7427	682,0452	7019,2965
2	0,12	1061,9219	678,5948	7018,9607
3	0,24	980,4905	671,6939	7018,2892
4	0,36	899,8872	661,3426	7017,2819
5	0,48	820,5261	647,5409	7015,9388
6	0,60	742,8212	630,2887	7014,2599
7	0,72	667,1865	609,5861	7012,2453
8	0,84	594,0362	585,4331	7009,8949
9	0,96	523,7842	557,8296	7007,2087
10	1,08	456,8447	526,7757	7004,1867
11	1,20	393,6316	495,0608	7000,8290
12	1,32	334,2243	464,2089	6997,1355
13	1,44	278,5192	434,2577	6993,1062
14	1,56	226,4083	405,2381	6988,7412
15	1,68	177,7797	377,1757	6984,0403
16	1,80	132,5186	350,0904	6979,0037
17	1,92	90,5078	323,9970	6973,6314
18	2,04	51,6281	298,9058	6967,9232
19	2,16	15,7594	274,8226	6961,8793
20	2,28	-17,2193	251,7491	6955,4996
21	2,40	-47,4292	229,6835	6948,7842
22	2,52	-74,9912	208,6206	6941,7329
23	2,64	-100,0257	188,5520	6934,3459
24	2,76	-122,6519	169,4666	6926,6231

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

25	2,88	-142,9879	151,3507	6918,5646
26	3,00	-161,1500	134,1884	6910,1703
27	3,12	-177,2526	117,9616	6901,4402
28	3,24	-191,4080	102,6506	6892,3743
29	3,36	-203,7260	88,2340	6882,9726
30	3,48	-214,3141	74,6892	6873,2352
31	3,60	-223,2768	61,9920	6863,1620
32	3,72	-230,7159	50,1177	6852,7531
33	3,84	-236,7300	39,0404	6842,0083
34	3,96	-241,4148	28,7337	6830,9278
35	4,08	-244,8629	19,1706	6819,5115
36	4,20	-247,1634	10,3238	6807,7595
37	4,32	-248,4022	2,1656	6795,6717
38	4,44	-248,6621	-5,3317	6783,2481
39	4,56	-248,0223	-12,1959	6770,4887
40	4,68	-246,5588	-18,4547	6757,3935
41	4,80	-244,3442	-24,1357	6743,9626
42	4,92	-241,4479	-29,2662	6730,1959
43	5,04	-237,9360	-33,8732	6716,0935
44	5,16	-233,8712	-37,9832	6701,6552
45	5,28	-229,3132	-41,6224	6686,8812
46	5,40	-224,3185	-44,8164	6671,7714
47	5,52	-218,9405	-47,5904	6656,3259
48	5,64	-213,2297	-49,9688	6640,5445
49	5,76	-207,2334	-51,9754	6624,4274
50	5,88	-200,9964	-53,6333	6607,9745
51	6,00	-194,5604	-54,9652	6591,1859
52	6,12	-187,9646	-55,9926	6574,0615
53	6,24	-181,2454	-56,7367	6556,6013
54	6,36	-174,4370	-57,2177	6538,8053
55	6,48	-167,5709	-57,4551	6520,6736
56	6,60	-160,6763	-57,4676	6502,2060
57	6,72	-153,7802	-57,2733	6483,4027

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

58	6,84	-146,9074	-56,8892	6464,2637
59	6,96	-140,0807	-56,3318	6444,7888
60	7,08	-133,3209	-55,6169	6424,9782
61	7,20	-126,6468	-54,7592	6404,8319
62	7,32	-120,0757	-53,7730	6384,3497
63	7,44	-113,6230	-52,6717	6363,5318
64	7,56	-107,3024	-51,4680	6342,3781
65	7,68	-101,1262	-50,1739	6320,8886
66	7,80	-95,1053	-48,8007	6299,0634
67	7,92	-89,2492	-47,3591	6276,9023
68	8,04	-83,5661	-45,8589	6254,4055
69	8,16	-78,0631	-44,3097	6231,5730
70	8,28	-72,7459	-42,7201	6208,4046
71	8,40	-67,6195	-41,0982	6184,9005
72	8,52	-62,6877	-39,4516	6161,0606
73	8,64	-57,9535	-37,7873	6136,8850
74	8,76	-53,4190	-36,1119	6112,3736
75	8,88	-49,0856	-34,4312	6087,5263
76	9,00	-44,9539	-32,7509	6062,3434
77	9,12	-41,0238	-31,0758	6036,8246
78	9,24	-37,2947	-29,4106	6010,9701
79	9,36	-33,7654	-27,7595	5984,7798
80	9,48	-30,4342	-26,1263	5958,2537
81	9,60	-27,2991	-24,5143	5931,3919
82	9,72	-24,3574	-22,9266	5904,1943
83	9,84	-21,6062	-21,3660	5876,6609
84	9,96	-19,0423	-19,8348	5848,7917
85	10,08	-16,6621	-18,3352	5820,5868
86	10,20	-14,4619	-16,8691	5792,0461
87	10,32	-12,4376	-15,4381	5763,1696
88	10,44	-10,5850	-14,0435	5733,9574
89	10,56	-8,8998	-12,6866	5704,4093
90	10,68	-7,3774	-11,3684	5674,5255

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

91	10,80	-6,0132	-10,0896	5644,3060
92	10,92	-4,8024	-8,8510	5613,7506
93	11,04	-3,7403	-7,6532	5582,8595
94	11,16	-2,8219	-6,4964	5551,6326
95	11,28	-2,0423	-5,3811	5520,0699
96	11,40	-1,3966	-4,3074	5488,1715
97	11,52	-0,8797	-3,2756	5455,9373
98	11,64	-0,4867	-2,2857	5423,3673
99	11,76	-0,2124	-1,3378	5390,4615
100	11,88	-0,0518	-0,4319	5357,2200
101	12,00	0,0000	-0,4319	5357,2200

Combinazione n° 3

<b>Nr.</b>	<b>Y</b>	<b>Mr</b>	<b>Tr</b>	<b>Nr</b>
1	0,00	1417,6911	817,6622	7019,2965
2	0,12	1319,5924	814,2118	7018,9607
3	0,24	1221,8870	807,3109	7018,2892
4	0,36	1125,0097	796,9596	7017,2819
5	0,48	1029,3746	783,1579	7015,9388
6	0,60	935,3956	765,9057	7014,2599
7	0,72	843,4869	745,2031	7012,2453
8	0,84	754,0625	721,0501	7009,8949
9	0,96	667,5365	693,4466	7007,2087
10	1,08	584,3229	662,3927	7004,1867
11	1,20	504,8358	627,8884	7000,8290
12	1,32	429,4892	589,9336	6997,1355
13	1,44	358,6972	552,0094	6993,1062
14	1,56	292,4560	515,2574	6988,7412
15	1,68	230,6252	479,7103	6984,0403
16	1,80	173,0599	445,3942	6979,0037
17	1,92	119,6126	412,3283	6973,6314
18	2,04	70,1332	380,5261	6967,9232
19	2,16	24,4701	349,9956	6961,8793

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

20	2,28	-17,5294	320,7396	6955,4996
21	2,40	-56,0181	292,7561	6948,7842
22	2,52	-91,1489	266,0390	6941,7329
23	2,64	-123,0736	240,5780	6934,3459
24	2,76	-151,9429	216,3596	6926,6231
25	2,88	-177,9061	193,3668	6918,5646
26	3,00	-201,1101	171,5798	6910,1703
27	3,12	-221,6997	150,9760	6901,4402
28	3,24	-239,8168	131,5308	6892,3743
29	3,36	-255,6005	113,2174	6882,9726
30	3,48	-269,1866	96,0072	6873,2352
31	3,60	-280,7074	79,8702	6863,1620
32	3,72	-290,2919	64,7751	6852,7531
33	3,84	-298,0649	50,6893	6842,0083
34	3,96	-304,1476	37,5797	6830,9278
35	4,08	-308,6572	25,4122	6819,5115
36	4,20	-311,7066	14,1524	6807,7595
37	4,32	-313,4049	3,7654	6795,6717
38	4,44	-313,8568	-5,7838	6783,2481
39	4,56	-313,1627	-14,5303	6770,4887
40	4,68	-311,4191	-22,5091	6757,3935
41	4,80	-308,7180	-29,7549	6743,9626
42	4,92	-305,1474	-36,3023	6730,1959
43	5,04	-300,7911	-42,1854	6716,0935
44	5,16	-295,7289	-47,4378	6701,6552
45	5,28	-290,0363	-52,0926	6686,8812
46	5,40	-283,7852	-56,1821	6671,7714
47	5,52	-277,0433	-59,7382	6656,3259
48	5,64	-269,8748	-62,7917	6640,5445
49	5,76	-262,3398	-65,3728	6624,4274
50	5,88	-254,4950	-67,5109	6607,9745
51	6,00	-246,3937	-69,2345	6591,1859
52	6,12	-238,0856	-70,5710	6574,0615



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

53	6,24	-229,6171	-71,5471	6556,6013
54	6,36	-221,0314	-72,1884	6538,8053
55	6,48	-212,3688	-72,5198	6520,6736
56	6,60	-203,6664	-72,5648	6502,2060
57	6,72	-194,9587	-72,3464	6483,4027
58	6,84	-186,2771	-71,8862	6464,2637
59	6,96	-177,6507	-71,2051	6444,7888
60	7,08	-169,1061	-70,3231	6424,9782
61	7,20	-160,6674	-69,2589	6404,8319
62	7,32	-152,3563	-68,0306	6384,3497
63	7,44	-144,1926	-66,6552	6363,5318
64	7,56	-136,1940	-65,1489	6342,3781
65	7,68	-128,3761	-63,5268	6320,8886
66	7,80	-120,7529	-61,8033	6299,0634
67	7,92	-113,3365	-59,9920	6276,9023
68	8,04	-106,1375	-58,1054	6254,4055
69	8,16	-99,1648	-56,1555	6231,5730
70	8,28	-92,4262	-54,1534	6208,4046
71	8,40	-85,9277	-52,1094	6184,9005
72	8,52	-79,6746	-50,0332	6161,0606
73	8,64	-73,6706	-47,9335	6136,8850
74	8,76	-67,9186	-45,8188	6112,3736
75	8,88	-62,4204	-43,6965	6087,5263
76	9,00	-57,1768	-41,5736	6062,3434
77	9,12	-52,1879	-39,4567	6036,8246
78	9,24	-47,4531	-37,3514	6010,9701
79	9,36	-42,9710	-35,2631	5984,7798
80	9,48	-38,7394	-33,1967	5958,2537
81	9,60	-34,7558	-31,1564	5931,3919
82	9,72	-31,0170	-29,1461	5904,1943
83	9,84	-27,5195	-27,1694	5876,6609
84	9,96	-24,2592	-25,2293	5848,7917
85	10,08	-21,2317	-23,3284	5820,5868

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

86	10,20	-18,4322	-21,4693	5792,0461
87	10,32	-15,8559	-19,6540	5763,1696
88	10,44	-13,4975	-17,8841	5733,9574
89	10,56	-11,3514	-16,1614	5704,4093
90	10,68	-9,4120	-14,4869	5674,5255
91	10,80	-7,6736	-12,8618	5644,3060
92	10,92	-6,1301	-11,2870	5613,7506
93	11,04	-4,7757	-9,7631	5582,8595
94	11,16	-3,6041	-8,2907	5551,6326
95	11,28	-2,6092	-6,8701	5520,0699
96	11,40	-1,7848	-5,5017	5488,1715
97	11,52	-1,1246	-4,1857	5455,9373
98	11,64	-0,6223	-2,9222	5423,3673
99	11,76	-0,2717	-1,7112	5390,4615
100	11,88	-0,0663	-0,5529	5357,2200
101	12,00	0,0000	-0,5529	0,0000

### Descrizione armature

Il progetto e la verifica delle armature sono stati effettuati con il metodo degli stati limite ultimi.

L'armatura longitudinale è costituita da 24  $\phi 24$  mentre l'armatura trasversale è costituita da staffe  $\phi 12 / 20$  [cm].

### Verifica armature pali

#### Simbologia adottata

Y	ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso espressa in [m]
CS	coefficiente di sicurezza
Mu	momento ultimo espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale espresso in [kN]
Tu	taglio ultimo espresso in [kN]

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Combinazione 1

<b>Y</b>	<b>A<sub>f</sub></b>	<b>M<sub>u</sub></b>	<b>N<sub>u</sub></b>	<b>T<sub>u</sub></b>	<b>CS</b>
0,00	108,57	1870,16	6196,62	643,16	5,68
0,12	108,57	1834,62	6625,70	643,16	6,07
0,24	108,57	1789,34	7086,99	643,16	6,48
0,36	108,57	1736,95	7587,05	643,16	6,92
0,48	108,57	1678,20	8123,73	643,16	7,39
0,60	108,57	1604,51	8654,76	643,16	7,86
0,72	108,57	1524,93	9222,81	643,16	8,36
0,84	108,57	1430,94	9773,38	643,16	8,85
0,96	108,57	1330,10	10345,59	643,16	9,35
1,08	108,57	1217,82	10894,93	643,16	9,83
1,20	108,57	1098,08	11436,33	643,16	10,30
1,32	108,57	971,28	11954,42	643,16	10,75
1,44	108,57	839,73	12451,16	643,16	11,19
1,56	108,57	706,19	12942,65	643,16	11,61
1,68	108,57	555,96	13057,24	643,16	11,70
1,80	108,57	410,71	13057,24	643,16	11,68
1,92	108,57	276,25	13057,24	643,16	11,67
2,04	108,57	152,13	13057,24	643,16	11,66
2,16	108,57	37,92	13057,24	643,16	11,64
2,28	108,57	66,83	13057,24	643,16	11,63
2,40	108,57	162,55	13057,24	643,16	11,62
2,52	108,57	249,67	13057,24	643,16	11,61
2,64	108,57	328,62	13057,24	643,16	11,60
2,76	108,57	399,80	13057,24	643,16	11,59
2,88	108,57	463,63	13057,24	643,16	11,58
3,00	108,57	520,49	13057,24	643,16	11,58
3,12	108,57	570,79	13057,24	643,16	11,57
3,24	108,57	614,89	13057,24	643,16	11,56
3,36	108,57	653,17	13057,24	643,16	11,56
3,48	108,57	684,16	13022,63	643,16	11,52
3,60	108,57	707,20	12938,98	643,16	11,44

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>			
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3,72	108,57	726,03	12870,63	643,16	11,38
3,84	108,57	741,04	12816,14	643,16	11,33
3,96	108,57	752,57	12774,27	643,16	11,29
4,08	108,57	760,90	12743,47	643,16	11,26
4,20	108,57	766,35	12723,28	643,16	11,24
4,32	108,57	769,15	12712,88	643,16	11,23
4,44	108,57	769,54	12711,46	643,16	11,23
4,56	108,57	767,70	12718,25	643,16	11,23
4,68	108,57	763,84	12732,59	643,16	11,25
4,80	108,57	758,11	12753,84	643,16	11,27
4,92	108,57	750,66	12781,21	643,16	11,29
5,04	108,57	741,62	12814,02	643,16	11,33
5,16	108,57	731,15	12852,03	643,16	11,36
5,28	108,57	719,37	12894,79	643,16	11,41
5,40	108,57	706,41	12941,87	643,16	11,45
5,52	108,57	692,36	12992,85	643,16	11,50
5,64	108,57	677,35	13047,36	643,16	11,56
5,76	108,57	659,06	13057,24	643,16	11,57
5,88	108,57	639,51	13057,24	643,16	11,58
6,00	108,57	619,35	13057,24	643,16	11,59
6,12	108,57	598,70	13057,24	643,16	11,60
6,24	108,57	577,66	13057,24	643,16	11,61
6,36	108,57	556,35	13057,24	643,16	11,62
6,48	108,57	534,86	13057,24	643,16	11,63
6,60	108,57	513,27	13057,24	643,16	11,64
6,72	108,57	491,67	13057,24	643,16	11,66
6,84	108,57	470,14	13057,24	643,16	11,67
6,96	108,57	448,74	13057,24	643,16	11,68
7,08	108,57	427,54	13057,24	643,16	11,70
7,20	108,57	406,59	13057,24	643,16	11,71
7,32	108,57	385,95	13057,24	643,16	11,73
7,44	108,57	365,66	13057,24	643,16	11,74
7,56	108,57	345,76	13057,24	643,16	11,76

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>			
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7,68	108,57	326,30	13057,24	643,16	11,78
7,80	108,57	307,31	13057,24	643,16	11,80
7,92	108,57	288,81	13057,24	643,16	11,82
8,04	108,57	270,83	13057,24	643,16	11,84
8,16	108,57	253,40	13057,24	643,16	11,86
8,28	108,57	236,53	13057,24	643,16	11,88
8,40	108,57	220,24	13057,24	643,16	11,90
8,52	108,57	204,53	13057,24	643,16	11,93
8,64	108,57	189,43	13057,24	643,16	11,95
8,76	108,57	174,94	13057,24	643,16	11,98
8,88	108,57	161,06	13057,24	643,16	12,00
9,00	108,57	147,80	13057,24	643,16	12,03
9,12	108,57	135,16	13057,24	643,16	12,06
9,24	108,57	123,13	13057,24	643,16	12,08
9,36	108,57	111,72	13057,24	643,16	12,11
9,48	108,57	100,93	13057,24	643,16	12,14
9,60	108,57	90,74	13057,24	643,16	12,17
9,72	108,57	81,15	13057,24	643,16	12,20
9,84	108,57	72,16	13057,24	643,16	12,24
9,96	108,57	63,75	13057,24	643,16	12,27
10,08	108,57	55,93	13057,24	643,16	12,30
10,20	108,57	48,67	13057,24	643,16	12,34
10,32	108,57	41,97	13057,24	643,16	12,38
10,44	108,57	35,81	13057,24	643,16	12,41
10,56	108,57	30,20	13057,24	643,16	12,45
10,68	108,57	25,10	13057,24	643,16	12,49
10,80	108,57	20,52	13057,24	643,16	12,53
10,92	108,57	16,44	13057,24	643,16	12,57
11,04	108,57	12,84	13057,24	643,16	12,61
11,16	108,57	9,72	13057,24	643,16	12,66
11,28	108,57	7,06	13057,24	643,16	12,70
11,40	108,57	4,84	13057,24	643,16	12,75
11,52	108,57	3,06	13057,24	643,16	12,79

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11,64	108,57	1,70	13057,24	643,16	12,84
11,76	108,57	0,74	13057,24	643,16	12,89
11,88	108,57	0,18	13057,24	643,16	12,94
12,00	108,57	0,00	13057,24	643,16	12,99

Combinazione 2

<b>Y</b>	<b>A<sub>r</sub></b>	<b>M<sub>u</sub></b>	<b>N<sub>u</sub></b>	<b>T<sub>u</sub></b>	<b>CS</b>
0,00	84,95	1328,33	9222,06	668,20	13,25
0,12	84,95	1264,12	9610,41	668,20	13,76
0,24	84,95	1193,20	9972,54	668,20	14,24
0,36	84,95	1119,31	10329,40	668,20	14,70
0,48	84,95	1043,20	10681,42	668,20	15,15
0,60	84,95	963,80	11009,17	668,20	15,57
0,72	84,95	884,20	11337,70	668,20	15,99
0,84	84,95	803,16	11643,57	668,20	16,37
0,96	84,95	722,58	11943,09	668,20	16,75
1,08	84,95	637,47	12132,80	668,20	16,97
1,20	84,95	546,96	12132,80	668,20	16,92
1,32	84,95	462,30	12132,80	668,20	16,88
1,44	84,95	383,30	12132,80	668,20	16,84
1,56	84,95	309,74	12132,80	668,20	16,80
1,68	84,95	241,41	12132,80	668,20	16,76
1,80	84,95	178,11	12132,80	668,20	16,72
1,92	84,95	119,62	12132,80	668,20	16,68
2,04	84,95	65,74	12132,80	668,20	16,65
2,16	84,95	16,25	12132,80	668,20	16,61
2,28	84,95	29,05	12132,80	668,20	16,58
2,40	84,95	70,35	12132,80	668,20	16,54
2,52	84,95	107,86	12132,80	668,20	16,51
2,64	84,95	141,78	12132,80	668,20	16,48
2,76	84,95	172,28	12132,80	668,20	16,45
2,88	84,95	199,56	12132,80	668,20	16,42
3,00	84,95	223,79	12132,80	668,20	16,40

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>			
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3,12	84,95	245,16	12132,80	668,20	16,37
3,24	84,95	263,84	12132,80	668,20	16,35
3,36	84,95	279,98	12132,80	668,20	16,32
3,48	84,95	293,75	12132,80	668,20	16,30
3,60	84,95	305,31	12132,80	668,20	16,28
3,72	84,95	314,80	12132,80	668,20	16,26
3,84	84,95	322,36	12132,80	668,20	16,24
3,96	84,95	328,13	12132,80	668,20	16,22
4,08	84,95	332,25	12132,80	668,20	16,20
4,20	84,95	334,85	12132,80	668,20	16,18
4,32	84,95	336,03	12132,80	668,20	16,17
4,44	84,95	335,93	12132,80	668,20	16,15
4,56	84,95	334,64	12132,80	668,20	16,14
4,68	84,95	332,27	12132,80	668,20	16,13
4,80	84,95	328,93	12132,80	668,20	16,11
4,92	84,95	324,70	12132,80	668,20	16,10
5,04	84,95	319,68	12132,80	668,20	16,09
5,16	84,95	313,95	12132,80	668,20	16,08
5,28	84,95	307,59	12132,80	668,20	16,08
5,40	84,95	300,68	12132,80	668,20	16,07
5,52	84,95	293,28	12132,80	668,20	16,06
5,64	84,95	285,47	12132,80	668,20	16,06
5,76	84,95	277,30	12132,80	668,20	16,05
5,88	84,95	268,84	12132,80	668,20	16,05
6,00	84,95	260,13	12132,80	668,20	16,05
6,12	84,95	251,24	12132,80	668,20	16,05
6,24	84,95	242,20	12132,80	668,20	16,04
6,36	84,95	233,06	12132,80	668,20	16,04
6,48	84,95	223,86	12132,80	668,20	16,05
6,60	84,95	214,63	12132,80	668,20	16,05
6,72	84,95	205,42	12132,80	668,20	16,05
6,84	84,95	196,26	12132,80	668,20	16,06
6,96	84,95	187,16	12132,80	668,20	16,06

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>			
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7,08	84,95	178,16	12132,80	668,20	16,07
7,20	84,95	169,28	12132,80	668,20	16,07
7,32	84,95	160,55	12132,80	668,20	16,08
7,44	84,95	151,98	12132,80	668,20	16,09
7,56	84,95	143,58	12132,80	668,20	16,10
7,68	84,95	135,39	12132,80	668,20	16,11
7,80	84,95	127,39	12132,80	668,20	16,12
7,92	84,95	119,62	12132,80	668,20	16,14
8,04	84,95	112,08	12132,80	668,20	16,15
8,16	84,95	104,77	12132,80	668,20	16,16
8,28	84,95	97,71	12132,80	668,20	16,18
8,40	84,95	90,90	12132,80	668,20	16,20
8,52	84,95	84,35	12132,80	668,20	16,21
8,64	84,95	78,05	12132,80	668,20	16,23
8,76	84,95	72,02	12132,80	668,20	16,25
8,88	84,95	66,24	12132,80	668,20	16,27
9,00	84,95	60,74	12132,80	668,20	16,29
9,12	84,95	55,49	12132,80	668,20	16,32
9,24	84,95	50,51	12132,80	668,20	16,34
9,36	84,95	45,79	12132,80	668,20	16,37
9,48	84,95	41,33	12132,80	668,20	16,39
9,60	84,95	37,12	12132,80	668,20	16,42
9,72	84,95	33,17	12132,80	668,20	16,45
9,84	84,95	29,47	12132,80	668,20	16,48
9,96	84,95	26,01	12132,80	668,20	16,51
10,08	84,95	22,80	12132,80	668,20	16,54
10,20	84,95	19,82	12132,80	668,20	16,57
10,32	84,95	17,08	12132,80	668,20	16,60
10,44	84,95	14,56	12132,80	668,20	16,64
10,56	84,95	12,27	12132,80	668,20	16,67
10,68	84,95	10,19	12132,80	668,20	16,71
10,80	84,95	8,32	12132,80	668,20	16,75
10,92	84,95	6,66	12132,80	668,20	16,79



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11,04	84,95	5,20	12132,80	668,20	16,83
11,16	84,95	3,93	12132,80	668,20	16,87
11,28	84,95	2,85	12132,80	668,20	16,92
11,40	84,95	1,95	12132,80	668,20	16,96
11,52	84,95	1,23	12132,80	668,20	17,01
11,64	84,95	0,68	12132,80	668,20	17,05
11,76	84,95	0,30	12132,80	668,20	17,10
11,88	84,95	0,07	12132,80	668,20	17,15
12,00	84,95	0,00	12132,80	668,20	17,20

Combinazione 3

<b>Y</b>	<b>A<sub>r</sub></b>	<b>M<sub>u</sub></b>	<b>N<sub>u</sub></b>	<b>T<sub>u</sub></b>	<b>CS</b>
0,00	108,57	1887,10	5992,17	643,16	6,83
0,12	108,57	1851,90	6417,09	643,16	7,30
0,24	108,57	1810,32	6886,70	643,16	7,81
0,36	108,57	1758,50	7381,34	643,16	8,35
0,48	108,57	1701,96	7921,10	643,16	8,94
0,60	108,57	1631,10	8463,19	643,16	9,53
0,72	108,57	1551,97	9033,44	643,16	10,15
0,84	108,57	1460,11	9602,49	643,16	10,77
0,96	108,57	1359,88	10189,61	643,16	11,40
1,08	108,57	1246,98	10752,26	643,16	12,00
1,20	108,57	1126,98	11318,25	643,16	12,61
1,32	108,57	997,67	11846,59	643,16	13,17
1,44	108,57	863,75	12362,10	643,16	13,72
1,56	108,57	726,99	12867,13	643,16	14,26
1,68	108,57	575,40	13057,24	643,16	14,44
1,80	108,57	424,85	13057,24	643,16	14,42
1,92	108,57	285,59	13057,24	643,16	14,39
2,04	108,57	157,15	13057,24	643,16	14,37
2,16	108,57	39,06	13057,24	643,16	14,35
2,28	108,57	69,15	13057,24	643,16	14,33
2,40	108,57	167,94	13057,24	643,16	14,31

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>			
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2,52	108,57	257,77	13057,24	643,16	14,29
2,64	108,57	339,09	13057,24	643,16	14,27
2,76	108,57	412,33	13057,24	643,16	14,25
2,88	108,57	477,93	13057,24	643,16	14,24
3,00	108,57	536,31	13057,24	643,16	14,22
3,12	108,57	587,87	13057,24	643,16	14,21
3,24	108,57	633,02	13057,24	643,16	14,19
3,36	108,57	672,13	13057,24	643,16	14,18
3,48	108,57	700,51	12963,26	643,16	14,06
3,60	108,57	723,74	12878,95	643,16	13,96
3,72	108,57	742,65	12810,26	643,16	13,88
3,84	108,57	757,66	12755,51	643,16	13,81
3,96	108,57	769,09	12713,13	643,16	13,75
4,08	108,57	777,30	12682,68	643,16	13,71
4,20	108,57	782,57	12663,13	643,16	13,68
4,32	108,57	785,16	12653,53	643,16	13,67
4,44	108,57	785,29	12653,04	643,16	13,66
4,56	108,57	783,17	12660,90	643,16	13,66
4,68	108,57	778,99	12676,41	643,16	13,68
4,80	108,57	772,92	12698,92	643,16	13,70
4,92	108,57	765,12	12727,85	643,16	13,73
5,04	108,57	755,73	12762,65	643,16	13,76
5,16	108,57	744,86	12802,24	643,16	13,81
5,28	108,57	732,67	12846,51	643,16	13,85
5,40	108,57	719,28	12895,13	643,16	13,91
5,52	108,57	704,80	12947,70	643,16	13,96
5,64	108,57	689,34	13003,82	643,16	14,03
5,76	108,57	672,71	13057,24	643,16	14,09
5,88	108,57	652,50	13057,24	643,16	14,09
6,00	108,57	631,68	13057,24	643,16	14,10
6,12	108,57	610,38	13057,24	643,16	14,10
6,24	108,57	588,71	13057,24	643,16	14,11
6,36	108,57	566,77	13057,24	643,16	14,12

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>			
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6,48	108,57	544,67	13057,24	643,16	14,12
6,60	108,57	522,48	13057,24	643,16	14,13
6,72	108,57	500,30	13057,24	643,16	14,14
6,84	108,57	478,21	13057,24	643,16	14,15
6,96	108,57	456,27	13057,24	643,16	14,16
7,08	108,57	434,54	13057,24	643,16	14,18
7,20	108,57	413,09	13057,24	643,16	14,19
7,32	108,57	391,97	13057,24	643,16	14,20
7,44	108,57	371,22	13057,24	643,16	14,22
7,56	108,57	350,89	13057,24	643,16	14,23
7,68	108,57	331,01	13057,24	643,16	14,25
7,80	108,57	311,62	13057,24	643,16	14,27
7,92	108,57	292,75	13057,24	643,16	14,28
8,04	108,57	274,42	13057,24	643,16	14,30
8,16	108,57	256,66	13057,24	643,16	14,32
8,28	108,57	239,48	13057,24	643,16	14,34
8,40	108,57	222,89	13057,24	643,16	14,37
8,52	108,57	206,92	13057,24	643,16	14,39
8,64	108,57	191,57	13057,24	643,16	14,41
8,76	108,57	176,84	13057,24	643,16	14,44
8,88	108,57	162,75	13057,24	643,16	14,46
9,00	108,57	149,29	13057,24	643,16	14,49
9,12	108,57	136,47	13057,24	643,16	14,52
9,24	108,57	124,28	13057,24	643,16	14,54
9,36	108,57	112,72	13057,24	643,16	14,57
9,48	108,57	101,78	13057,24	643,16	14,60
9,60	108,57	91,47	13057,24	643,16	14,63
9,72	108,57	81,78	13057,24	643,16	14,67
9,84	108,57	72,69	13057,24	643,16	14,70
9,96	108,57	64,19	13057,24	643,16	14,73
10,08	108,57	56,29	13057,24	643,16	14,77
10,20	108,57	48,96	13057,24	643,16	14,81
10,32	108,57	42,21	13057,24	643,16	14,84

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10,44	108,57	36,00	13057,24	643,16	14,88
10,56	108,57	30,34	13057,24	643,16	14,92
10,68	108,57	25,21	13057,24	643,16	14,96
10,80	108,57	20,60	13057,24	643,16	15,00
10,92	108,57	16,50	13057,24	643,16	15,05
11,04	108,57	12,88	13057,24	643,16	15,09
11,16	108,57	9,74	13057,24	643,16	15,14
11,28	108,57	7,07	13057,24	643,16	15,18
11,40	108,57	4,85	13057,24	643,16	15,23
11,52	108,57	3,06	13057,24	643,16	15,28
11,64	108,57	1,70	13057,24	643,16	15,33
11,76	108,57	0,74	13057,24	643,16	15,38
11,88	108,57	0,18	13057,24	643,16	15,43
12,00	108,57	0,00	13057,24	643,16	15,49

Inviluppo

<b>Y</b>	<b>A<sub>f</sub></b>	<b>M<sub>u</sub></b>	<b>N<sub>u</sub></b>	<b>T<sub>u</sub></b>	<b>CS</b>
0,00	108,57	1843,48	5992,17	643,16	5,68
0,12	108,57	1801,91	6417,09	643,16	6,07
0,24	108,57	1751,70	6886,70	643,16	6,48
0,36	108,57	1697,21	7381,34	643,16	6,92
0,48	108,57	1628,53	7921,10	643,16	7,39
0,60	108,57	1553,17	8463,19	643,16	7,86
0,72	108,57	1466,44	9033,44	643,16	8,36
0,84	108,57	1371,99	9602,49	643,16	8,85
0,96	108,57	1267,03	10189,61	643,16	9,35
1,08	108,57	1156,25	10752,26	643,16	9,83
1,20	108,57	1035,84	11318,25	643,16	10,30
1,32	108,57	912,29	11846,59	643,16	10,75
1,44	108,57	785,55	12362,10	643,16	11,19
1,56	108,57	655,11	12867,13	643,16	11,61
1,68	108,57	510,59	13057,24	643,16	11,70
1,80	108,57	376,71	13057,24	643,16	11,68

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>			
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>			<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

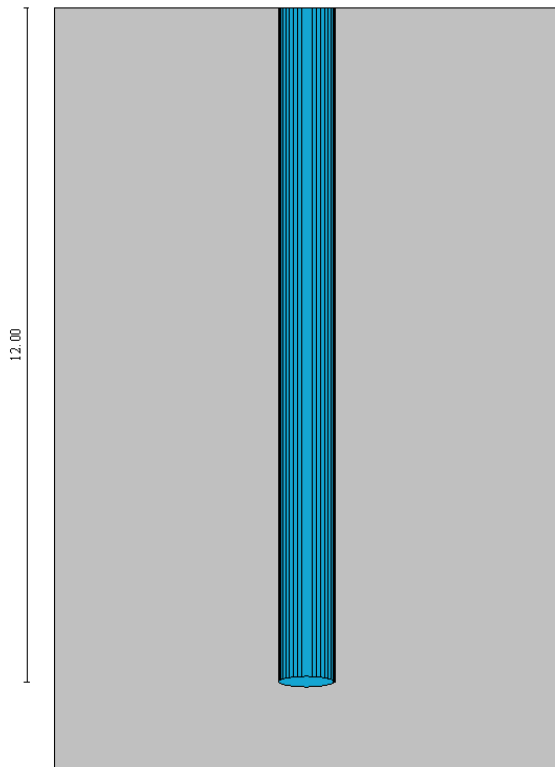
1,92	108,57	253,02	13057,24	643,16	11,67
2,04	108,57	139,07	13057,24	643,16	11,66
2,16	108,57	34,43	13057,24	643,16	11,64
2,28	108,57	61,34	13057,24	643,16	11,63
2,40	108,57	148,66	13057,24	643,16	11,62
2,52	108,57	227,95	13057,24	643,16	11,61
2,64	108,57	299,63	13057,24	643,16	11,60
2,76	108,57	364,10	13057,24	643,16	11,59
2,88	108,57	421,75	13057,24	643,16	11,58
3,00	108,57	472,96	13057,24	643,16	11,58
3,12	108,57	518,11	13057,24	643,16	11,57
3,24	108,57	557,56	13057,24	643,16	11,56
3,36	108,57	591,65	13057,24	643,16	11,56
3,48	108,57	620,73	12963,26	643,16	11,52
3,60	108,57	645,13	12878,95	643,16	11,44
3,72	108,57	665,15	12810,26	643,16	11,38
3,84	108,57	680,08	12755,51	643,16	11,33
3,96	108,57	690,27	12713,13	643,16	11,29
4,08	108,57	697,50	12682,68	643,16	11,26
4,20	108,57	702,03	12663,13	643,16	11,24
4,32	108,57	704,08	12653,53	643,16	11,23
4,44	108,57	703,87	12653,04	643,16	11,23
4,56	108,57	701,60	12660,90	643,16	11,23
4,68	108,57	697,42	12676,41	643,16	11,25
4,80	108,57	691,52	12698,92	643,16	11,27
4,92	108,57	684,04	12727,85	643,16	11,29
5,04	108,57	675,11	12762,65	643,16	11,33
5,16	108,57	663,08	12802,24	643,16	11,36
5,28	108,57	649,62	12846,51	643,16	11,41
5,40	108,57	635,00	12895,13	643,16	11,45
5,52	108,57	619,36	12947,70	643,16	11,50
5,64	108,57	602,84	13003,82	643,16	11,56
5,76	108,57	585,57	13057,24	643,16	11,57

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>			
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

5,88	108,57	567,68	13057,24	643,16	11,58
6,00	108,57	549,28	13057,24	643,16	11,59
6,12	108,57	530,47	13057,24	643,16	11,60
6,24	108,57	511,37	13057,24	643,16	11,61
6,36	108,57	492,05	13057,24	643,16	11,62
6,48	108,57	472,61	13057,24	643,16	11,63
6,60	108,57	453,12	13057,24	643,16	11,64
6,72	108,57	433,66	13057,24	643,16	11,66
6,84	108,57	414,30	13057,24	643,16	11,67
6,96	108,57	395,08	13057,24	643,16	11,68
7,08	108,57	376,07	13057,24	643,16	11,70
7,20	108,57	357,32	13057,24	643,16	11,71
7,32	108,57	338,87	13057,24	643,16	11,73
7,44	108,57	320,77	13057,24	643,16	11,74
7,56	108,57	303,04	13057,24	643,16	11,76
7,68	108,57	285,73	13057,24	643,16	11,78
7,80	108,57	268,85	13057,24	643,16	11,80
7,92	108,57	252,44	13057,24	643,16	11,82
8,04	108,57	236,51	13057,24	643,16	11,84
8,16	108,57	221,09	13057,24	643,16	11,86
8,28	108,57	206,18	13057,24	643,16	11,88
8,40	108,57	191,81	13057,24	643,16	11,90
8,52	108,57	177,97	13057,24	643,16	11,93
8,64	108,57	164,68	13057,24	643,16	11,95
8,76	108,57	151,94	13057,24	643,16	11,98
8,88	108,57	139,76	13057,24	643,16	12,00
9,00	108,57	128,13	13057,24	643,16	12,03
9,12	108,57	117,07	13057,24	643,16	12,06
9,24	108,57	106,55	13057,24	643,16	12,08
9,36	108,57	96,59	13057,24	643,16	12,11
9,48	108,57	87,18	13057,24	643,16	12,14
9,60	108,57	78,30	13057,24	643,16	12,17
9,72	108,57	69,97	13057,24	643,16	12,20

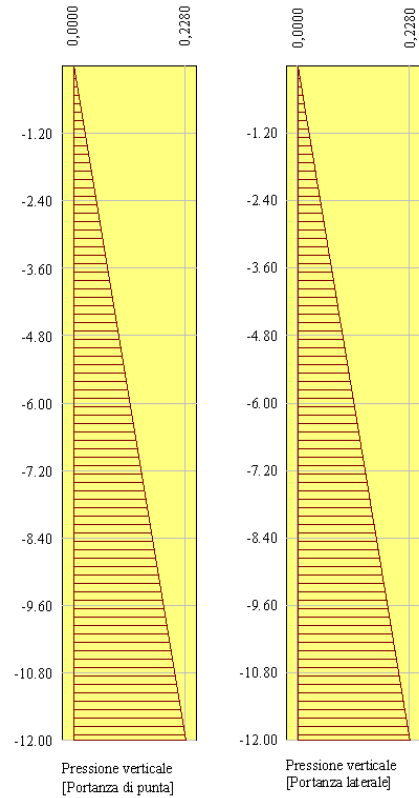
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>			
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

9,84	108,57	62,16	13057,24	643,16	12,24
9,96	108,57	54,86	13057,24	643,16	12,27
10,08	108,57	48,08	13057,24	643,16	12,30
10,20	108,57	41,80	13057,24	643,16	12,34
10,32	108,57	36,01	13057,24	643,16	12,38
10,44	108,57	30,70	13057,24	643,16	12,41
10,56	108,57	25,86	13057,24	643,16	12,45
10,68	108,57	21,48	13057,24	643,16	12,49
10,80	108,57	17,54	13057,24	643,16	12,53
10,92	108,57	14,04	13057,24	643,16	12,57
11,04	108,57	10,96	13057,24	643,16	12,61
11,16	108,57	8,28	13057,24	643,16	12,66
11,28	108,57	6,01	13057,24	643,16	12,70
11,40	108,57	4,12	13057,24	643,16	12,75
11,52	108,57	2,60	13057,24	643,16	12,79
11,64	108,57	1,44	13057,24	643,16	12,84
11,76	108,57	0,63	13057,24	643,16	12,89
11,88	108,57	0,15	13057,24	643,16	12,94
12,00	108,57	0,00	13057,24	643,16	12,99



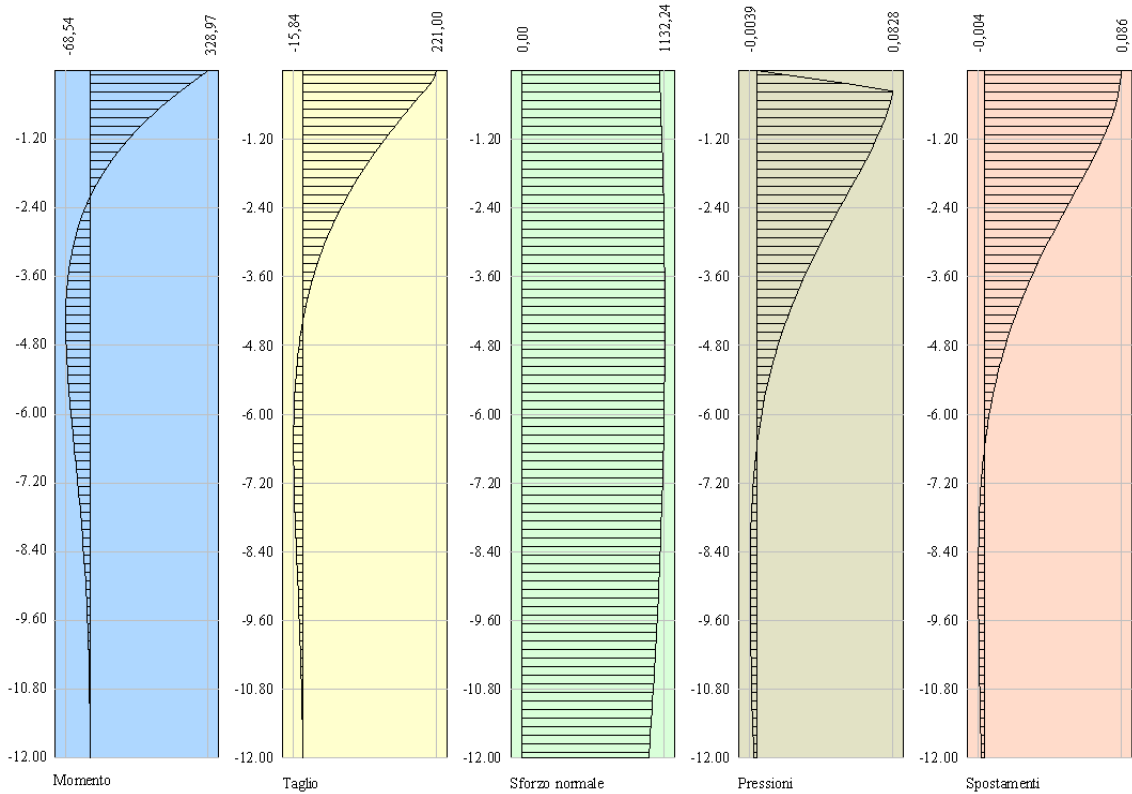
Ghiaie di Messina  
 $\gamma=19,00 \text{ kN/mc}$   $\gamma_s=23,00 \text{ kN/mc}$   
 $\phi=38,0^\circ$   $\delta=38,0^\circ$   
 $c=0,000 \text{ N/mm}^2$   $ca=0,000 \text{ N/mm}^2$

Diagrammi pressione verticale

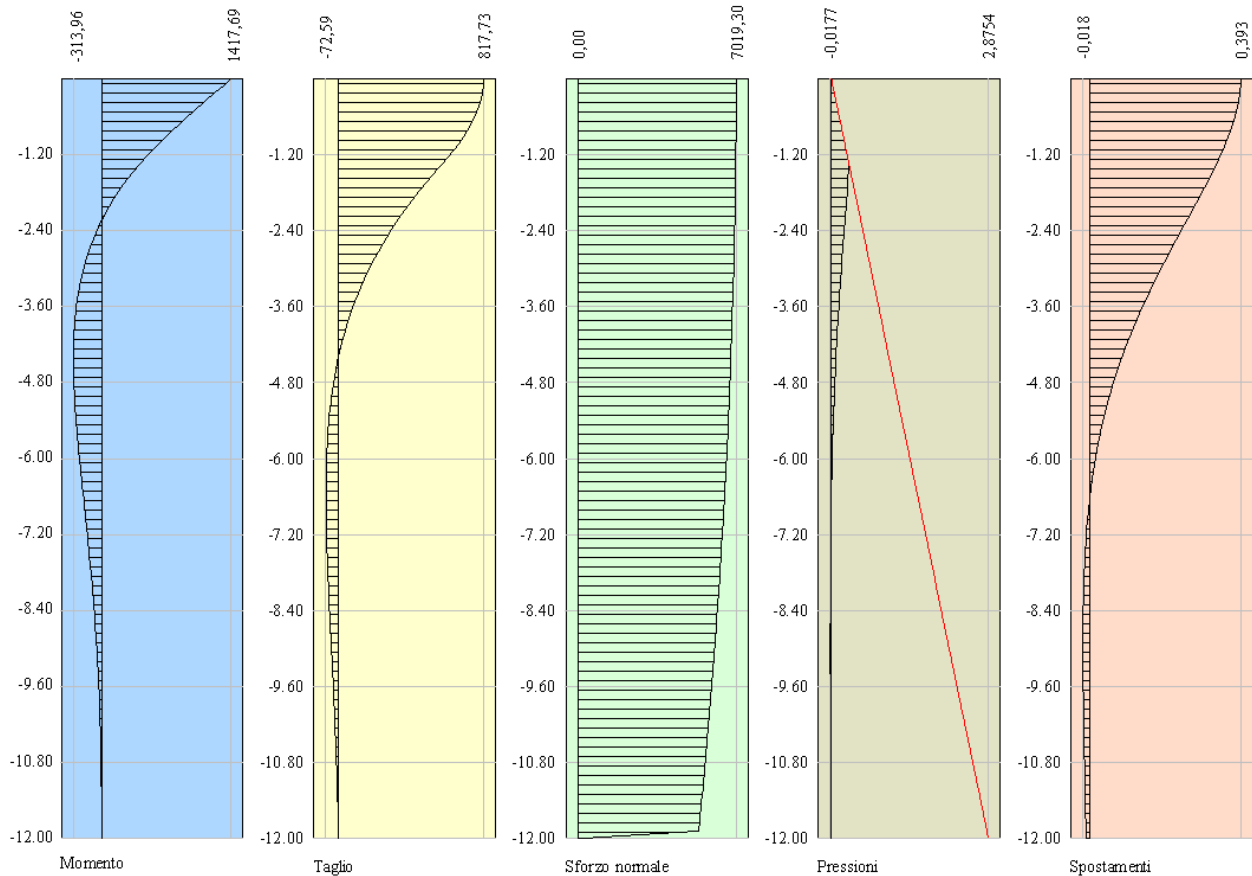





Diagrammi esercizio palo n° 1



Diagrammi limiti palo n° 1



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 6.4.1.2 VERIFICHE SLE - CEDIMENTI

Con riferimento alla tabella riassuntiva posta al paragrafo 5.2.2 del presente elaborato, si effettuano le verifiche agli SLE per i cedimenti verticali ed orizzontali per le 2 combinazioni coincidenti, nell'ordine, con l'azione massima verticale e l'azione massima orizzontale in testa al palo.

Anche in questo caso le azioni sui pali vengono moltiplicate per l'interasse dei pali stessi pari a 1,20 m.

#### Calcolo dei cedimenti verticali dei pali

Il calcolo dei cedimenti viene condotto con il metodo degli elementi finiti.

Determinata la portanza laterale e di punta del palo lo stesso viene discretizzato in n elementi tipo trave aventi area ed inerzia corrispondenti alla sezione trasversale del palo e lunghezza pari ad  $l_e$ . Vengono disposte, inoltre, lungo il fusto del palo una serie di molle (una per ogni elemento), coassiali al palo stesso, aventi rigidità opportuna. Una ulteriore molla viene disposta alla base del palo. Le suddette molle hanno un comportamento elastoplastico. In particolare le molle lungo il fusto saranno in grado di reagire linearmente fino a quando la pressione in corrispondenza di esse non raggiunge il valore limite dell'aderenza palo terreno. Una volta raggiunto tale valore le molle non saranno più in grado di fornire ulteriore resistenza. La molla posta alla base del palo avrà invece una resistenza limite pari alla portanza di punta del palo stesso.

Per la determinazione delle rigidità delle molle si assume uno spostamento di riferimento pari a  $\Delta Y = 0.500$ .

La rigidità della generica molla, posta a profondità z rispetto al piano campagna sarà data da

$$R_l = \frac{(c_a + \sigma_h K_s \operatorname{tg} \delta) \pi D l_e}{\Delta Y}$$

In questa espressione  $c_a$  è l'aderenza palo terreno,  $\sigma_h$  è la pressione orizzontale alla profondità z,  $\delta$  è l'angolo d'attrito palo terreno,  $K_s$  è il coefficiente di spinta e D è il diametro del palo.

Indicando con  $Q_p$  la portanza alla punta del palo, la rigidità della molla posta alla base dello stesso è data da:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$R_p = \frac{Q_p}{\Delta Y}$$

Il processo di soluzione è, naturalmente, di tipo iterativo: a partire da un carico iniziale  $N_0$  si determinano gli spostamenti assiali e quindi le reazioni delle molle. La reazione della molla dovrà essere corretta per tener conto di eventuali plasticizzazioni rispettando le equazioni di equilibrio per ogni passo di carico. Il carico iniziale verrà allora incrementato di un passo opportuno  $\Delta N$  e si ripeterà il procedimento. Il processo iterativo termina quando tutte le molle risultano plasticizzate.

### Condizioni di carico

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

*Fondazione*

$N_{TOT}$  Sforzo normale totale espressa in [kN]

$M_{X_{TOT}}$  Momento in direzione X espressa in [kNm]

$M_{Y_{TOT}}$  Momento in direzione Y espresso in [kNm]

$e_x$  Eccentricità del carico lungo X espressa in [m]

$e_y$  Eccentricità del carico lungo Y espressa in [m]

$\beta$  Inclinazione del taglio nel piano espressa in [°]

$T_{TOT}$  Forza di taglio espressa in [kN]

#### Condizione n° 1 (Condizione n° 1)

<b>Fondazione</b>	<b><math>N_{TOT}</math></b>	<b><math>M_{X_{TOT}}</math></b>	<b><math>M_{Y_{TOT}}</math></b>	<b><math>e_x</math></b>	<b><math>e_y</math></b>	<b><math>\beta</math></b>	<b><math>T_{TOT}</math></b>
Palo 1000	722,400	0,000	116,400	0,2	0,0	90,0	74,400

#### Condizione n° 2 (Condizione n° 2)

<b>Fondazione</b>	<b><math>N_{TOT}</math></b>	<b><math>M_{X_{TOT}}</math></b>	<b><math>M_{Y_{TOT}}</math></b>	<b><math>e_x</math></b>	<b><math>e_y</math></b>	<b><math>\beta</math></b>	<b><math>T_{TOT}</math></b>
-------------------	-----------------------------	---------------------------------	---------------------------------	-------------------------	-------------------------	---------------------------	-----------------------------

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Palo 1000      596,800      0,000      206,300      0,3      0,0      90,0      133,400

### Descrizione combinazioni di carico

#### *Simbologia adottata*

- $\gamma$       Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$       Coefficiente di combinazione della condizione  
 C      Coefficiente totale di partecipazione della condizione

#### Combinazione n° 1 SLE

	$\gamma$	$\Psi$	C
Condizione n° 1	1.00	1.00	1.00

#### Combinazione n° 2 SLE

	$\gamma$	$\Psi$	C
Condizione n° 2	1.00	1.00	1.00

### Analisi in condizioni drenate

#### Momento ultimo della sezione

$A_{f1}$	$A_{f2}$	$M_{usez1}$	$M_{usez2}$
84,95	84,95	1143,7427	1143,7427

### Cedimento verticale in testa ai pali

Per il calcolo dei cedimenti è stato utilizzato il metodo degli Elementi Finiti.

Spostamento limite attrito laterale: 0,50 [cm]

Spostamento limite punta: 1,00 [cm]

#### *Simbologia adottata*

Comb      Identificativo della combinazione

w      Cedimento in testa al palo, espresso in [cm]

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><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						

<b>Combinazione</b>	<b>w</b>
1	0,1102
2	0,0910

### **Spostamenti e pressioni in esercizio**

#### *Simbologia adottata*

- Nr. Identificativo sezione palo  
Y ordinata palo espressa in [cm]  
Ue spostamento in esercizio espresso in [cm]  
Pe pressione in esercizio espressa in [N/cm<sup>2</sup>]

#### Combinazione n° 1

<b>Nr.</b>	<b>Y</b>	<b>Ue</b>	<b>Pe</b>
1	0,00	0,0277	0,00
2	0,12	0,0276	2,71
3	0,24	0,0275	2,69
4	0,36	0,0272	2,67
5	0,48	0,0269	2,64
6	0,60	0,0266	2,60
7	0,72	0,0261	2,56
8	0,84	0,0256	2,51
9	0,96	0,0251	2,46
10	1,08	0,0245	2,40
11	1,20	0,0239	2,34
12	1,32	0,0232	2,28
13	1,44	0,0225	2,21
14	1,56	0,0218	2,14
15	1,68	0,0211	2,07
16	1,80	0,0204	2,00
17	1,92	0,0196	1,92
18	2,04	0,0189	1,85

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: center;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

19	2,16	0,0181	1,78
20	2,28	0,0173	1,70
21	2,40	0,0166	1,63
22	2,52	0,0158	1,55
23	2,64	0,0151	1,48
24	2,76	0,0143	1,41
25	2,88	0,0136	1,33
26	3,00	0,0129	1,26
27	3,12	0,0122	1,19
28	3,24	0,0115	1,13
29	3,36	0,0108	1,06
30	3,48	0,0102	1,00
31	3,60	0,0095	0,93
32	3,72	0,0089	0,87
33	3,84	0,0083	0,81
34	3,96	0,0077	0,76
35	4,08	0,0072	0,70
36	4,20	0,0066	0,65
37	4,32	0,0061	0,60
38	4,44	0,0056	0,55
39	4,56	0,0051	0,50
40	4,68	0,0047	0,46
41	4,80	0,0042	0,42
42	4,92	0,0038	0,38
43	5,04	0,0034	0,34
44	5,16	0,0031	0,30
45	5,28	0,0027	0,27
46	5,40	0,0024	0,23
47	5,52	0,0021	0,20
48	5,64	0,0018	0,17
49	5,76	0,0015	0,15
50	5,88	0,0012	0,12
51	6,00	0,0010	0,10

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

52	6,12	0,0007	0,07
53	6,24	0,0005	0,05
54	6,36	0,0003	0,03
55	6,48	0,0002	0,02
56	6,60	0,0000	0,00
57	6,72	-0,0002	-0,02
58	6,84	-0,0003	-0,03
59	6,96	-0,0004	-0,04
60	7,08	-0,0006	-0,05
61	7,20	-0,0007	-0,06
62	7,32	-0,0008	-0,07
63	7,44	-0,0008	-0,08
64	7,56	-0,0009	-0,09
65	7,68	-0,0010	-0,10
66	7,80	-0,0010	-0,10
67	7,92	-0,0011	-0,11
68	8,04	-0,0011	-0,11
69	8,16	-0,0012	-0,12
70	8,28	-0,0012	-0,12
71	8,40	-0,0012	-0,12
72	8,52	-0,0012	-0,12
73	8,64	-0,0013	-0,12
74	8,76	-0,0013	-0,12
75	8,88	-0,0013	-0,12
76	9,00	-0,0013	-0,12
77	9,12	-0,0013	-0,12
78	9,24	-0,0013	-0,12
79	9,36	-0,0012	-0,12
80	9,48	-0,0012	-0,12
81	9,60	-0,0012	-0,12
82	9,72	-0,0012	-0,12
83	9,84	-0,0012	-0,12
84	9,96	-0,0012	-0,11



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><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						

85	10,08	-0,0011	-0,11
86	10,20	-0,0011	-0,11
87	10,32	-0,0011	-0,11
88	10,44	-0,0010	-0,10
89	10,56	-0,0010	-0,10
90	10,68	-0,0010	-0,10
91	10,80	-0,0010	-0,09
92	10,92	-0,0009	-0,09
93	11,04	-0,0009	-0,09
94	11,16	-0,0009	-0,08
95	11,28	-0,0008	-0,08
96	11,40	-0,0008	-0,08
97	11,52	-0,0008	-0,08
98	11,64	-0,0007	-0,07
99	11,76	-0,0007	-0,07
100	11,88	-0,0007	-0,07
101	12,00	-0,0006	-0,06

Combinazione n° 2

<b>Nr.</b>	<b>Y</b>	<b>Ue</b>	<b>Pe</b>
1	0,00	0,0505	0,00
2	0,12	0,0504	2,88
3	0,24	0,0502	4,92
4	0,36	0,0497	4,88
5	0,48	0,0492	4,82
6	0,60	0,0485	4,76
7	0,72	0,0477	4,68
8	0,84	0,0468	4,59
9	0,96	0,0458	4,49
10	1,08	0,0448	4,39
11	1,20	0,0436	4,28
12	1,32	0,0424	4,16
13	1,44	0,0412	4,04

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><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						

14	1,56	0,0399	3,91
15	1,68	0,0386	3,78
16	1,80	0,0372	3,65
17	1,92	0,0358	3,51
18	2,04	0,0345	3,38
19	2,16	0,0331	3,24
20	2,28	0,0317	3,11
21	2,40	0,0303	2,97
22	2,52	0,0289	2,83
23	2,64	0,0275	2,70
24	2,76	0,0262	2,57
25	2,88	0,0248	2,44
26	3,00	0,0235	2,31
27	3,12	0,0222	2,18
28	3,24	0,0210	2,06
29	3,36	0,0197	1,94
30	3,48	0,0185	1,82
31	3,60	0,0174	1,70
32	3,72	0,0163	1,59
33	3,84	0,0152	1,49
34	3,96	0,0141	1,38
35	4,08	0,0131	1,28
36	4,20	0,0121	1,19
37	4,32	0,0111	1,09
38	4,44	0,0102	1,00
39	4,56	0,0094	0,92
40	4,68	0,0085	0,84
41	4,80	0,0077	0,76
42	4,92	0,0070	0,69
43	5,04	0,0063	0,62
44	5,16	0,0056	0,55
45	5,28	0,0049	0,49
46	5,40	0,0043	0,43

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

47	5,52	0,0038	0,37
48	5,64	0,0032	0,32
49	5,76	0,0027	0,27
50	5,88	0,0022	0,22
51	6,00	0,0018	0,18
52	6,12	0,0014	0,13
53	6,24	0,0010	0,10
54	6,36	0,0006	0,06
55	6,48	0,0003	0,03
56	6,60	0,0000	0,00
57	6,72	-0,0003	-0,03
58	6,84	-0,0006	-0,05
59	6,96	-0,0008	-0,08
60	7,08	-0,0010	-0,10
61	7,20	-0,0012	-0,12
62	7,32	-0,0014	-0,14
63	7,44	-0,0015	-0,15
64	7,56	-0,0017	-0,16
65	7,68	-0,0018	-0,18
66	7,80	-0,0019	-0,19
67	7,92	-0,0020	-0,20
68	8,04	-0,0021	-0,20
69	8,16	-0,0021	-0,21
70	8,28	-0,0022	-0,22
71	8,40	-0,0022	-0,22
72	8,52	-0,0023	-0,22
73	8,64	-0,0023	-0,23
74	8,76	-0,0023	-0,23
75	8,88	-0,0023	-0,23
76	9,00	-0,0023	-0,23
77	9,12	-0,0023	-0,23
78	9,24	-0,0023	-0,22
79	9,36	-0,0023	-0,22

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><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						

80	9,48	-0,0022	-0,22
81	9,60	-0,0022	-0,22
82	9,72	-0,0022	-0,21
83	9,84	-0,0021	-0,21
84	9,96	-0,0021	-0,21
85	10,08	-0,0021	-0,20
86	10,20	-0,0020	-0,20
87	10,32	-0,0020	-0,19
88	10,44	-0,0019	-0,19
89	10,56	-0,0019	-0,18
90	10,68	-0,0018	-0,18
91	10,80	-0,0018	-0,17
92	10,92	-0,0017	-0,17
93	11,04	-0,0016	-0,16
94	11,16	-0,0016	-0,16
95	11,28	-0,0015	-0,15
96	11,40	-0,0015	-0,14
97	11,52	-0,0014	-0,14
98	11,64	-0,0013	-0,13
99	11,76	-0,0013	-0,13
100	11,88	-0,0012	-0,12
101	12,00	-0,0012	-0,12



### Spostamenti e pressioni limiti

#### *Simbologia adottata*

Nr.	Identificativo sezione palo
Y	ordinata palo espressa in [cm]
Ur	spostamento limite espresso in [cm]
Pr	pressione limite espressa in [N/cm <sup>2</sup> ]

#### Combinazione n° 1

<b>Nr.</b>	<b>Y</b>	<b>Ur</b>	<b>Pr</b>
------------	----------	-----------	-----------

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><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						

1	0,00	0,3111	0,00
2	0,12	0,3106	2,88
3	0,24	0,3090	5,75
4	0,36	0,3065	8,63
5	0,48	0,3032	11,50
6	0,60	0,2991	14,38
7	0,72	0,2943	17,25
8	0,84	0,2888	20,13
9	0,96	0,2828	23,00
10	1,08	0,2763	25,88
11	1,20	0,2693	26,41
12	1,32	0,2620	25,69
13	1,44	0,2544	24,95
14	1,56	0,2465	24,17
15	1,68	0,2383	23,37
16	1,80	0,2300	22,56
17	1,92	0,2216	21,73
18	2,04	0,2131	20,90
19	2,16	0,2046	20,06
20	2,28	0,1960	19,22
21	2,40	0,1874	18,38
22	2,52	0,1789	17,54
23	2,64	0,1705	16,72
24	2,76	0,1621	15,90
25	2,88	0,1539	15,09
26	3,00	0,1458	14,30
27	3,12	0,1378	13,52
28	3,24	0,1301	12,75
29	3,36	0,1225	12,01
30	3,48	0,1151	11,28
31	3,60	0,1079	10,58
32	3,72	0,1009	9,89
33	3,84	0,0941	9,23

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

34	3,96	0,0876	8,59
35	4,08	0,0812	7,97
36	4,20	0,0752	7,37
37	4,32	0,0693	6,80
38	4,44	0,0637	6,25
39	4,56	0,0583	5,72
40	4,68	0,0532	5,22
41	4,80	0,0483	4,73
42	4,92	0,0436	4,28
43	5,04	0,0392	3,84
44	5,16	0,0349	3,43
45	5,28	0,0309	3,03
46	5,40	0,0271	2,66
47	5,52	0,0236	2,31
48	5,64	0,0202	1,98
49	5,76	0,0171	1,67
50	5,88	0,0141	1,38
51	6,00	0,0113	1,11
52	6,12	0,0087	0,86
53	6,24	0,0063	0,62
54	6,36	0,0041	0,40
55	6,48	0,0020	0,20
56	6,60	0,0001	0,01
57	6,72	-0,0016	-0,16
58	6,84	-0,0032	-0,32
59	6,96	-0,0047	-0,46
60	7,08	-0,0061	-0,59
61	7,20	-0,0073	-0,71
62	7,32	-0,0084	-0,82
63	7,44	-0,0093	-0,92
64	7,56	-0,0102	-1,00
65	7,68	-0,0110	-1,08
66	7,80	-0,0117	-1,14

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><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						

67	7,92	-0,0122	-1,20
68	8,04	-0,0127	-1,25
69	8,16	-0,0132	-1,29
70	8,28	-0,0135	-1,32
71	8,40	-0,0138	-1,35
72	8,52	-0,0140	-1,37
73	8,64	-0,0141	-1,39
74	8,76	-0,0142	-1,40
75	8,88	-0,0143	-1,40
76	9,00	-0,0143	-1,40
77	9,12	-0,0142	-1,39
78	9,24	-0,0141	-1,39
79	9,36	-0,0140	-1,38
80	9,48	-0,0139	-1,36
81	9,60	-0,0137	-1,34
82	9,72	-0,0135	-1,32
83	9,84	-0,0133	-1,30
84	9,96	-0,0130	-1,28
85	10,08	-0,0127	-1,25
86	10,20	-0,0125	-1,22
87	10,32	-0,0122	-1,19
88	10,44	-0,0118	-1,16
89	10,56	-0,0115	-1,13
90	10,68	-0,0112	-1,10
91	10,80	-0,0109	-1,07
92	10,92	-0,0105	-1,03
93	11,04	-0,0102	-1,00
94	11,16	-0,0098	-0,96
95	11,28	-0,0095	-0,93
96	11,40	-0,0091	-0,89
97	11,52	-0,0088	-0,86
98	11,64	-0,0084	-0,82
99	11,76	-0,0081	-0,79

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><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						

100	11,88	-0,0077	-0,76
101	12,00	-0,0073	-0,72

Combinazione n° 2

<b>Nr.</b>	<b>Y</b>	<b>Ur</b>	<b>Pr</b>
1	0,00	0,3111	0,00
2	0,12	0,3106	2,88
3	0,24	0,3090	5,75
4	0,36	0,3065	8,63
5	0,48	0,3032	11,50
6	0,60	0,2991	14,38
7	0,72	0,2943	17,25
8	0,84	0,2888	20,13
9	0,96	0,2828	23,00
10	1,08	0,2763	25,88
11	1,20	0,2693	26,41
12	1,32	0,2620	25,69
13	1,44	0,2544	24,95
14	1,56	0,2465	24,17
15	1,68	0,2383	23,37
16	1,80	0,2300	22,56
17	1,92	0,2216	21,73
18	2,04	0,2131	20,90
19	2,16	0,2046	20,06
20	2,28	0,1960	19,22
21	2,40	0,1874	18,38
22	2,52	0,1789	17,54
23	2,64	0,1705	16,72
24	2,76	0,1621	15,90
25	2,88	0,1539	15,09
26	3,00	0,1458	14,30
27	3,12	0,1378	13,52
28	3,24	0,1301	12,75



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><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						

29	3,36	0,1225	12,01
30	3,48	0,1151	11,28
31	3,60	0,1079	10,58
32	3,72	0,1009	9,89
33	3,84	0,0941	9,23
34	3,96	0,0876	8,59
35	4,08	0,0812	7,97
36	4,20	0,0752	7,37
37	4,32	0,0693	6,80
38	4,44	0,0637	6,25
39	4,56	0,0583	5,72
40	4,68	0,0532	5,22
41	4,80	0,0483	4,73
42	4,92	0,0436	4,28
43	5,04	0,0392	3,84
44	5,16	0,0349	3,43
45	5,28	0,0309	3,03
46	5,40	0,0271	2,66
47	5,52	0,0236	2,31
48	5,64	0,0202	1,98
49	5,76	0,0171	1,67
50	5,88	0,0141	1,38
51	6,00	0,0113	1,11
52	6,12	0,0087	0,86
53	6,24	0,0063	0,62
54	6,36	0,0041	0,40
55	6,48	0,0020	0,20
56	6,60	0,0001	0,01
57	6,72	-0,0016	-0,16
58	6,84	-0,0032	-0,32
59	6,96	-0,0047	-0,46
60	7,08	-0,0061	-0,59
61	7,20	-0,0073	-0,71

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%; text-align: center;"><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						

62	7,32	-0,0084	-0,82
63	7,44	-0,0093	-0,92
64	7,56	-0,0102	-1,00
65	7,68	-0,0110	-1,08
66	7,80	-0,0117	-1,14
67	7,92	-0,0122	-1,20
68	8,04	-0,0127	-1,25
69	8,16	-0,0132	-1,29
70	8,28	-0,0135	-1,32
71	8,40	-0,0138	-1,35
72	8,52	-0,0140	-1,37
73	8,64	-0,0141	-1,39
74	8,76	-0,0142	-1,40
75	8,88	-0,0143	-1,40
76	9,00	-0,0143	-1,40
77	9,12	-0,0142	-1,39
78	9,24	-0,0141	-1,39
79	9,36	-0,0140	-1,38
80	9,48	-0,0139	-1,36
81	9,60	-0,0137	-1,34
82	9,72	-0,0135	-1,32
83	9,84	-0,0133	-1,30
84	9,96	-0,0130	-1,28
85	10,08	-0,0127	-1,25
86	10,20	-0,0125	-1,22
87	10,32	-0,0122	-1,19
88	10,44	-0,0118	-1,16
89	10,56	-0,0115	-1,13
90	10,68	-0,0112	-1,10
91	10,80	-0,0109	-1,07
92	10,92	-0,0105	-1,03
93	11,04	-0,0102	-1,00
94	11,16	-0,0098	-0,96

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><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						

95	11,28	-0,0095	-0,93
96	11,40	-0,0091	-0,89
97	11,52	-0,0088	-0,86
98	11,64	-0,0084	-0,82
99	11,76	-0,0081	-0,79
100	11,88	-0,0077	-0,76
101	12,00	-0,0073	-0,72

### Diagramma Carico-Cedimento verticale

*Simbologia adottata*

- N Carico sul palo espressa in [kN]  
w Cedimento del palo espresso in [cm]

#### Combinazione n° 1

<b>N</b>	<b>w</b>
717,72	0,109
1767,99	0,270
3343,34	0,510
5125,96	0,871
6751,34	1,253
7019,30	1,317
7019,30	1,317

#### Combinazione n° 2

<b>N</b>	<b>w</b>
717,72	0,109
1767,99	0,270
3343,34	0,510
5125,96	0,871
6751,34	1,253
7019,30	1,317
7019,30	1,317

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><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						

## Diagramma Carico-Cedimento orizzontale

### *Simbologia adottata*

N Carico sul palo espressa in [kN]

u Cedimento del palo espresso in [cm]

### Combinazione n° 1

N	u
113,91	0,043
387,79	0,159
414,48	0,171
427,83	0,178
529,50	0,228
541,56	0,234
547,60	0,238
595,43	0,263
601,90	0,266
605,14	0,268
631,01	0,282
634,53	0,284
636,28	0,285
650,34	0,293
652,31	0,294
653,30	0,295
661,05	0,299
662,16	0,300
662,72	0,300
667,18	0,302
667,89	0,303
668,25	0,303
671,08	0,305
671,56	0,305

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: center;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

671,79	0,305
673,70	0,306
674,04	0,306
674,21	0,307
675,57	0,307
675,82	0,307
675,94	0,308
676,94	0,308
677,13	0,308
677,22	0,308
677,98	0,309
678,13	0,309
678,20	0,309
678,78	0,309
678,90	0,309
678,96	0,309
679,41	0,310
679,50	0,310
679,55	0,310
679,90	0,310
679,97	0,310
680,01	0,310
680,29	0,310
680,35	0,310
680,38	0,310
680,60	0,310
680,65	0,310
680,67	0,310
680,85	0,310
680,88	0,310
680,90	0,310
681,04	0,311
681,07	0,311

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

681,08	0,311
681,19	0,311
681,21	0,311
681,23	0,311
681,32	0,311
681,88	0,311

Combinazione n° 2

<b>N</b>	<b>u</b>
113,91	0,043
387,79	0,159
414,48	0,171
427,83	0,178
529,50	0,228
541,56	0,234
547,60	0,238
595,43	0,263
601,90	0,266
605,14	0,268
631,01	0,282
634,53	0,284
636,28	0,285
650,34	0,293
652,31	0,294
653,30	0,295
661,05	0,299
662,16	0,300
662,72	0,300
667,18	0,302
667,89	0,303
668,25	0,303
671,08	0,305
671,56	0,305

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

671,79	0,305
673,70	0,306
674,04	0,306
674,21	0,307
675,57	0,307
675,82	0,307
675,94	0,308
676,94	0,308
677,13	0,308
677,22	0,308
677,98	0,309
678,13	0,309
678,20	0,309
678,78	0,309
678,90	0,309
678,96	0,309
679,41	0,310
679,50	0,310
679,55	0,310
679,90	0,310
679,97	0,310
680,01	0,310
680,29	0,310
680,35	0,310
680,38	0,310
680,60	0,310
680,65	0,310
680,67	0,310
680,85	0,310
680,88	0,310
680,90	0,310
681,04	0,311
681,07	0,311

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0559_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

681,08	0,311
681,19	0,311
681,21	0,311
681,23	0,311
681,32	0,311
681,88	0,311

#### 6.4.1.3 VALUTAZIONE DEI RISULTATI

I cedimenti massimi si attestano attorno al valore di 0,10 cm, valore molto contenuto in linea con le previsioni e con la destinazione d'uso della struttura in questione; in effetti i pali del sottopasso hanno il principale scopo di costituire la berlinese di sostegno in fase di scavo, avendo poi carichi assiali in esercizio piuttosto contenuti.