

# 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></p>  <p>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	SS0807_F0
<i>Tipo di sistema</i>	INFRASTRUTTURE STRADALI - OPERE CIVILI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	SVINCOLO ANNUNZIATA	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	VIADOTTO RAMPA 1	
<i>Titolo del documento</i>	RELAZIONE GEOTECNICA	

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

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

INDICE .....	3
PREMESSA.....	4
1 RIFERIMENTI NORMATIVI .....	4
2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	6
3 CARATTERISTICHE MATERIALI.....	8
3.1 CALCESTRUZZI (Secondo UNI 11104 - 2004) .....	8
3.2 ACCIAIO PER ARMATURE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO (Secondo NTC 2008 – D.M. 14/01/2008).....	9
4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	10
4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA.....	10
4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO.....	13
4.2.1 Descrizione delle litologie .....	13
4.2.2 Parametri principali assunti.....	45
4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO .....	46
4.3.1 AZIONI SISMICHE .....	47
4.3.1.1 VITA NOMINALE .....	48
4.3.1.2 CLASSE D'USO.....	48
4.3.1.3 PERIODO DI RIFERIMENTO .....	48
4.3.1.4 STATO LIMITE CONSIDERATO .....	49
4.3.1.5 PARAMETRI E PUNTI DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ORIZZONTALE PER LO STATO LIMITE SLV .....	49
5 ANALISI DELLE FONDAZIONI .....	52
5.1 ANALISI DEL SISTEMA FONDAZIONALE DELLE SPALLE A E B .....	52
5.1.1 ANALISI DEI CARICHI .....	52
5.1.2 MODELLO DI CALCOLO.....	55
5.1.2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO (VERIFICHE SLU) .....	55
5.1.2.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO (VERIFICHE SLE) .....	63
5.1.3 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	65
6 TABULATI SOFTWARE DI CALCOLO .....	70

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## PREMESSA

La presente relazione di calcolo tratta la verifica delle strutture principali del viadotto Rampa 1 (Pk. Iniz. +163.63 - Pk. Fin. +190.13), facente parte dello svincolo di Annunziata terminale dell'intervento lato Sicilia del ponte sullo stretto di Messina.

### 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
- CNR-DT 207/2008 - Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni
- UNI EN1990:2002 - Basi della progettazione strutturale
- UNI EN1991-2:2003 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti
- UNI EN1992-1-1:2004 - Progettazione delle strutture in cls - Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN1993-1-1:2005: Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN1993-1-5:2006: Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 1.5: Elementi strutturali a lastra
- UNI EN1993-1-8:2005: Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 1.8: Progettazione dei collegamenti
- UNI EN1993-1-9:2005: Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 1.9: Fatica
- UNI EN1993-2:2006: Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 2: Ponti in acciaio
- UNI EN1994-1-1:2004: Progettazione delle strutture miste acciaio-cls - Parte 1.1: Regole

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

generali e regole per gli edifici

- UNI EN1994-1-2:2005: Progettazione delle strutture miste acciaio-clc - Parte 2: Ponti a struttura composta
- UNI EN1998-1-1:2004: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1.1: Regole generali

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_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> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

[13] Joseph E. Bowles. [1988] “Fondazioni – progetto e analisi”, McGraw-Hill.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

### 3 CARATTERISTICHE MATERIALI

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

##### Per sottofondazioni

classe di resistenza	C12/15
classe di esposizione	XC0

##### Fondazioni pile e spalle

classe di resistenza	C25/30
modulo elastico	$E_c = 31447 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$
resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = 32.90 \text{ N/mm}^2$
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 14.11 \text{ N/mm}^2$
resistenza a trazione ( valore medio )	$f_{ctm} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a trazione (frattile al 5%)	$f_{ctk,5\%} = 3.07 \text{ N/mm}^2$
resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} = 3.07 \text{ N/mm}^2$
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

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

### 3.2 ACCIAIO PER ARMATURE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO (Secondo NTC 2008 – D.M. 14/01/2008)

		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	$\epsilon_{uk}$	7.50	%
deformazione di progetto	$\epsilon_{ud}$	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> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

### 4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

Il viadotto oggetto della presente relazione è denominato viadotto Rampa 1 (Pk. Iniz. +163.63 - Pk. Fin. +190.13), ed è parte dello svincolo di Annunziata terminale dell'intervento lato Sicilia del ponte sullo stretto di Messina.

Il viadotto è composto da una singola campata la cui luce di calcolo è pari a circa 26.0 m, misurata tra gli assi di appoggio delle due spalle in cemento armato.

La larghezza della carreggiata stradale è pari rispettivamente a 10.504 m in campata in asse alla spalla B e 11.2 m in asse alla spalla A; sono previsti due cordoli laterali di larghezza pari a 0.8, sui quali sono impostati i montanti delle barriere di protezione. Il viadotto presenta un raggio di curvatura planimetrico pari a 65.0 m misurato lungo l'asse principale.

L'impalcato è realizzato in struttura mista acciaio – calcestruzzo ed è composto da 3 travi longitudinali poste a interasse 4.1 m collegate da diaframmi intermedi a traliccio e diaframmi di testata ad anima piena posti a interasse pari a circa 4.3 m misurato lungo l'asse principale. Le travi principali hanno sezione in profilo composto di altezza costante lungo lo sviluppo del viadotto pari a 1.8 m.

La collaborazione fra struttura metallica e soletta in c.a. è prevista per mezzo di connettori tipo Nelson saldati sull'estradosso delle piattabande superiori delle travi principali.

L'impalcato in c.a. è realizzato con getto in opera mediante l'impiego di predalles autoportanti di spessore 6 cm, munite di armature a traliccio e poggianti sulle ali superiori delle travi.

Una volta disposte le predalle si provvede alla posa dell'armatura longitudinale ed al completamento di quella trasversale e quindi, al getto della soletta fino agli spessori di progetto; la sezione trasversale della soletta presenta un'altezza costante pari a 30 cm (24 cm + 6 cm di predalles).

Complessivamente la struttura è stata suddivisa in 3 conci di lunghezza massima pari a 10.8 m, assemblati in cantiere con giunzioni saldate.

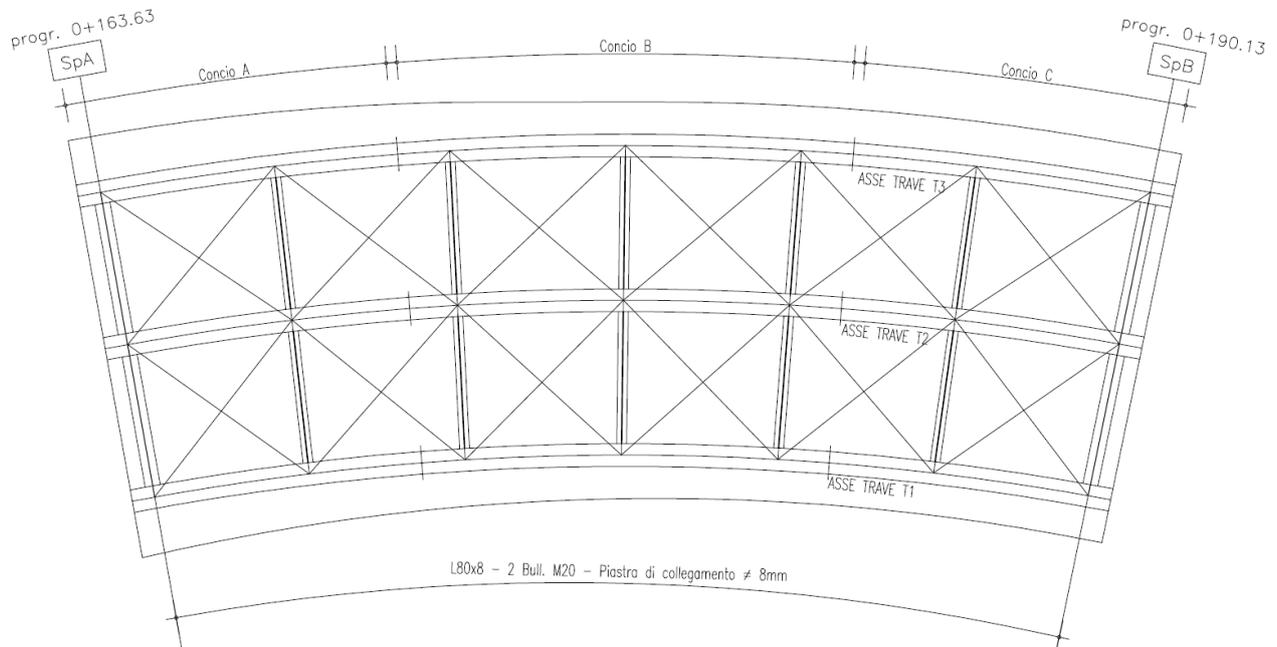


Figura 1 – Pianta

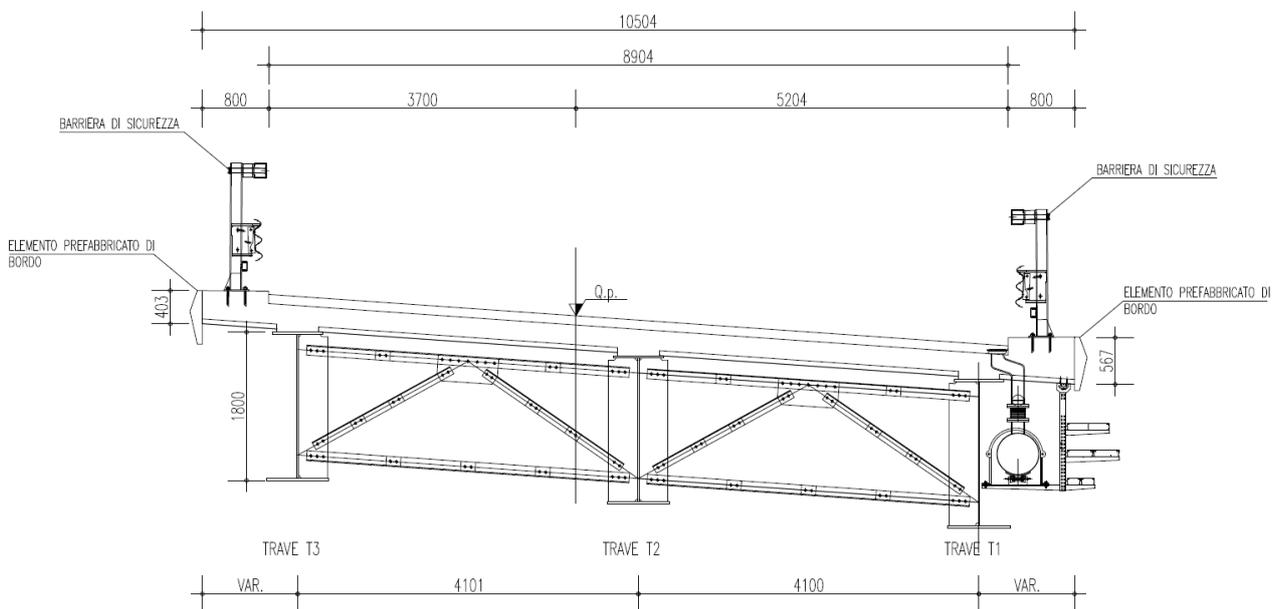


Figura 2 – Sezione trasversale tipica

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## **SOTTOSTRUTTURE E FONDAZIONI**

Le spalle A e B sono costituite da una ciabatta di fondazione a base rettangolare di dimensioni 7.50 x 16.50 m, di spessore 2.50 m.

L' intradosso delle solette di base si trova ad una profondità minima di circa 2.00 m al di sotto del locale piano campagna.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

Per i criteri e per gli aspetti generali di caratterizzazione si rimanda a quanto riportato nella relazione Elab. CG0800PRBDCSBC8G000000001A. Per la definizione delle categorie di suolo si rimanda al medesimo elaborato ed alla relazione sismica di riferimento. La stratigrafia media corrispondente all'area di di interesse è stata ricavata da quanto successivamente esposto e, più in particolare, dall'osservazione del sondaggio **S431**, eseguito in prossimità delle opere di progetto stesse.

### 4.2.1 Descrizione delle litologie

Le litologie prevalenti sono costituite dalla formazione dei Depositi alluvionali e del San Pier Niceto (sia argilloso che conglomeratico)

I Depositi alluvionali sono costituiti da ghiaie poligeniche ed eterometriche, giallastre o brune a clasti prevalentemente arrotondati di diametro da 2 a 30 cm, clasti sostenuti o a supporto di matrice argilloso-sabbiosa, alternate a rari sottili livelli di sabbie argillose rossastre; sabbie ciottolose a supporto di matrice argilloso-terrosa. L'età dei depositi alluvionali terrazzati è Pleistocene medio-superiore.

I depositi alluvionali recenti sono costituiti da limi e sabbie con livelli di ghiaie a supporto di matrice terroso-argillosa, talora terrazzati, localizzati in aree più elevate rispetto agli alvei fluviali attuali. La componente ruditica è rappresentata da ciottoli poligenici, prevalentemente cristallini, da spigolosi a subarrotondati di diametro tra 1 e 10 cm, mediamente di 4-5 cm. L'età dei depositi alluvionali recenti è l'Olocene.

La formazione del San Pier Niceto è costituita essenzialmente da due facies distinte, una basale conglomeratica ed arenacea e l'altra superiore di natura prevalentemente argillosa.

Alla base il conglomerato è costituito da grossi ciottoli poligenici arrotondati e ghiaie di colore marrone-avana in una matrice arenacea rossastra con sabbia sempre più fine man mano che ci si sposta verso l'alto. Nella parte superiore assume l'aspetto di un ammasso roccioso che affiora estesamente in banchi.

Superiormente la porzione arenacea lascia il posto a strati limo argillosi di potenza metrica.

La falda risulta presente a quota -8.25 m da piano campagna.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Indagini previste

Data l'esiguità delle prove localmente presenti (S431, S436, S437), si è scelto di tenere conto di tutti i sondaggi e le prove della tratta che va dal Km 10+000 al Km 10+400 circa.

I sondaggi di riferimento per la presente tratta sono quindi S430, S431, S432, S435, S436, S437, S441, I2, I3 (campagna del 2010), S07, S08 (campagna del 2002).

Non sono localmente presenti indagini per la determinazione della categoria sismica di suolo.

In base ad indagini più lontane (sismica a rifrazione SR15 e sondaggio S441) essa risulta pari a **C**.

### Depositi alluvionali

Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

- prove SPT (S437, S431, S441, S436)
- prove sismiche a rifrazione (S432-SR15)
- prove di laboratorio per la determinazione delle granulometrie e delle caratteristiche fisiche (S430, S431, S432, S436, S437)

### San Pier Niceto argilloso

Data l'esiguità dei sondaggi che caratterizzano la presente formazione nella tratta in esame, si fa riferimento alla caratterizzazione generale.

Le prove utilizzate nella caratterizzazione sono:

- prove pressiometriche (S432, S454)
- prove dilatometriche (S459bis, S453)
- prove sismiche a rifrazione (SR2, SR3, SR5)
- prove di laboratorio per la determinazione dei parametri di resistenza (S457, S465)
- prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici.

### San Pier Niceto Conglomeratico

Data l'esiguità dei sondaggi che caratterizzano la presente formazione nella tratta in esame, si fa riferimento alla caratterizzazione generale.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le prove utilizzate nella caratterizzazione sono:

- prova sismica a rifrazione ( PR18 SR)
- prova down hole (S464)
- prove dilatometriche (S464bis, S443, S456)
- prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche e della granulometria (S429bis, S434, S456,S464, S465)

### Depositi alluvionali

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche l'andamento del fuso (campioni dei sondaggi S432,S437,S431,S441,S436) evidenzia che i litotipi corrispondono a materiali a grana grossa (ghiaie 39%), materiali intermedi (sabbie 45%). Il contenuto di fino è mediamente del 14%.

Con riferimento al fuso medio:

Il valore di  $D_{50}$  è pari a 0.8mm

Il valore di  $D_{60}$  è pari a 2 mm

Il valore di  $D_{10}$  è pari a 0.01 mm

Il peso di volume dei grani medio  $\gamma_s$  è risultato pari a circa 26.5 kN/m<sup>3</sup>.

Per quanto concerne lo stato iniziale ed i parametri di resistenza dalle prove SPT si ha:

- **Dr:** I valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con il fattore correttivo  $C_{sg}=0.45$  corrispondente al  $d_{50}=3mm$ .
- **$e_o$ :** a partire dal  $d_{50}$  stimato si ottiene di  $e_{max}-e_{min}$  pari a 0.305 stimando per  $e_{max}$  un valore pari a 0.7: a partire dai valori di  $Dr$  è stato possibile determinare i valori di  $e_o$  in sito; il valore di  $e_o$  è mediamente pari a 0.4-0.6.
- **$\gamma_d$  :** si ottiene un pari a 17-19 KN/m<sup>3</sup>
- **$K_0$ :** si considera la relazione di Jaky.

<b>z(m)</b>	<b>Dr(%)</b>	<b><math>K_0</math></b>	<b><math>\phi'_p</math> (pf=0-272KPa) (°)</b>	<b><math>\phi'_{cv}</math> (°)</b>
<b>0-10</b>	<b>40-70</b>	<b>0.32-0.40</b>	<b>37-43</b>	<b>33-35</b>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

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

Per i parametri di deformabilità dalle sismiche a rifrazione (S432-SR15) si ottengono valori di  $V_s$  che vanno mediamente da 200 m/s a 300 m/s.

$G_0$  varia da 80 a 150 Mpa fino a 15m di profondità.

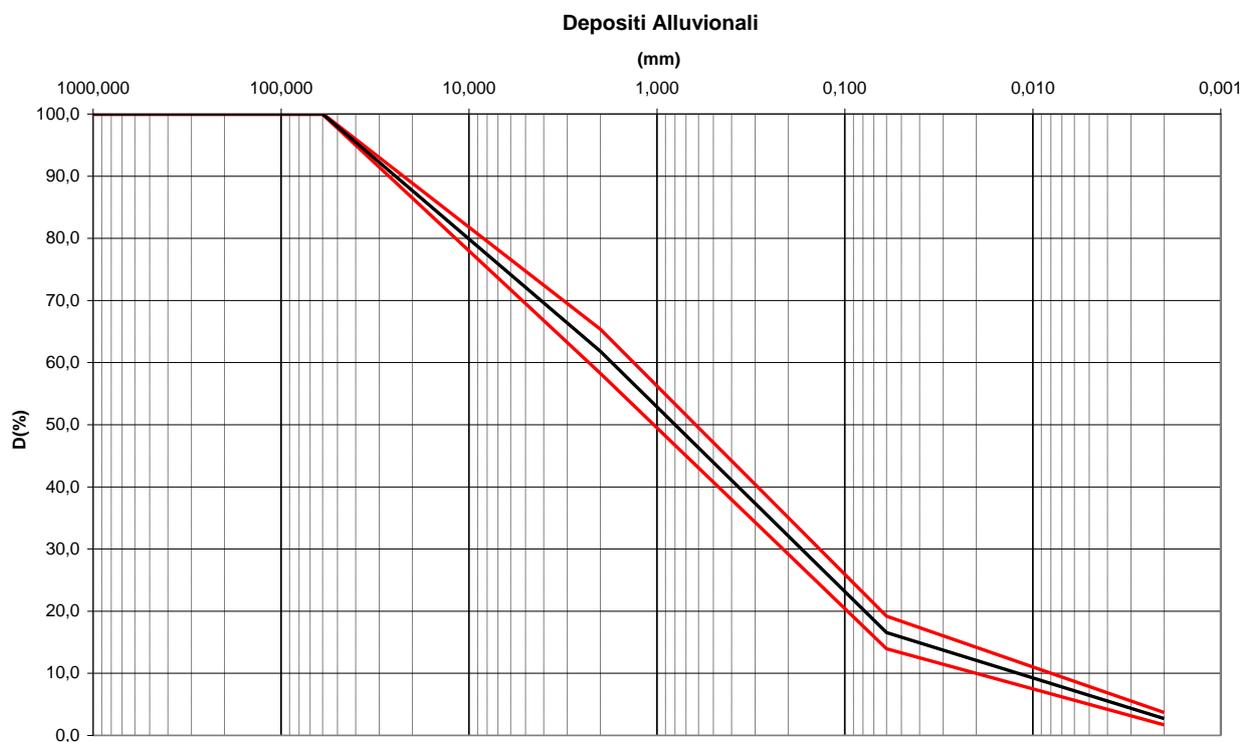
I valori di  $G_0$  da prove SPT hanno invece un andamento che, stimato graficamente con una linea di tendenza, risulta pari a:

$$G_o = 34 \cdot (z)^{0,65}$$

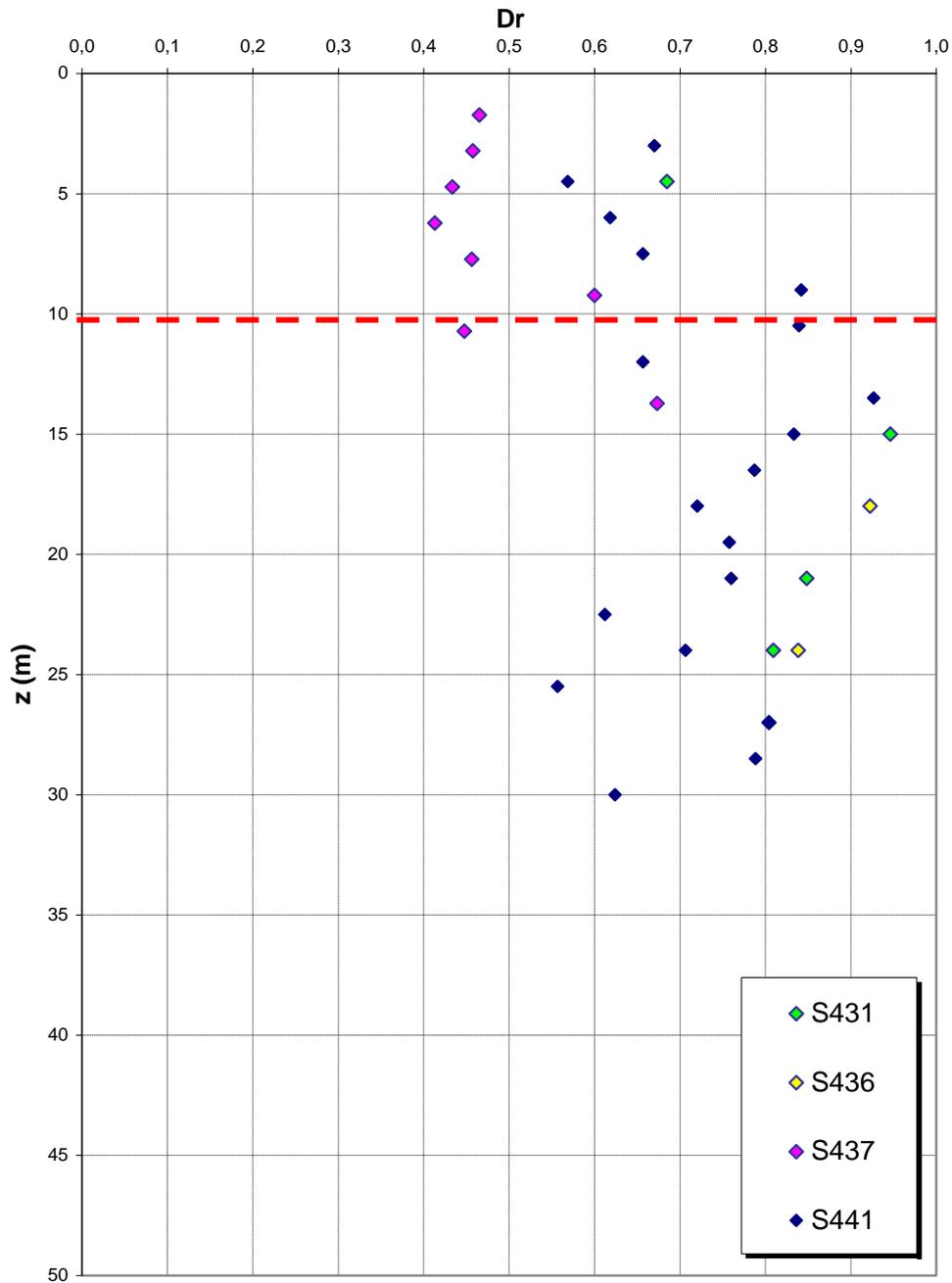
$$E_o = 80 \cdot (z)^{0,65}$$

$$E = (10 \div 25) \cdot (z)^{0,65}$$

pari rispettivamente a circa  $1/10 \div 1/5$  (medio - alte deformazioni) ed ad  $1/3$  di quelli iniziali (piccole deformazioni).

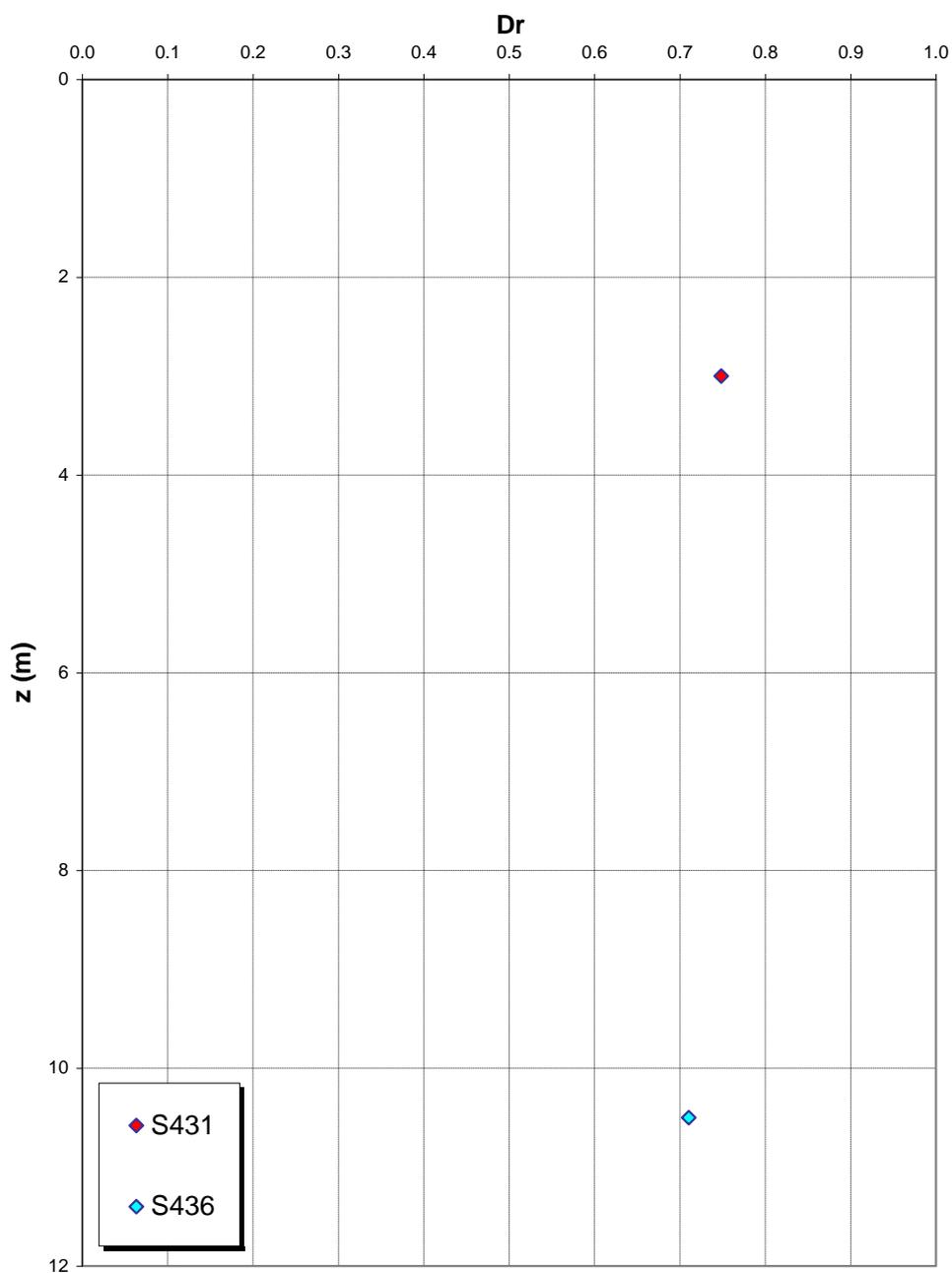


**Dr Skempton (1986)  
Componente sabbiosa prevalente  
DEPOSITI ALLUVIONALI**

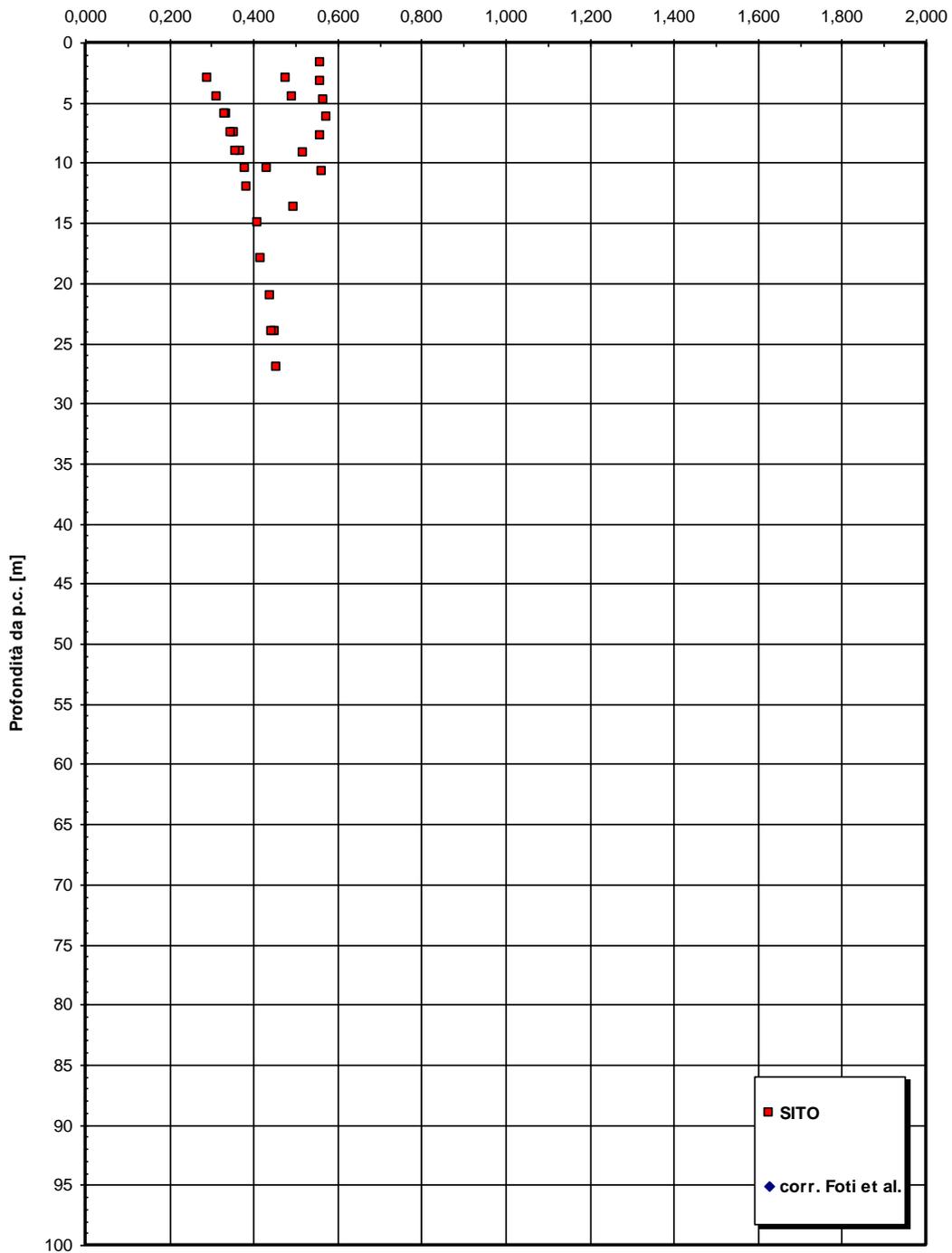


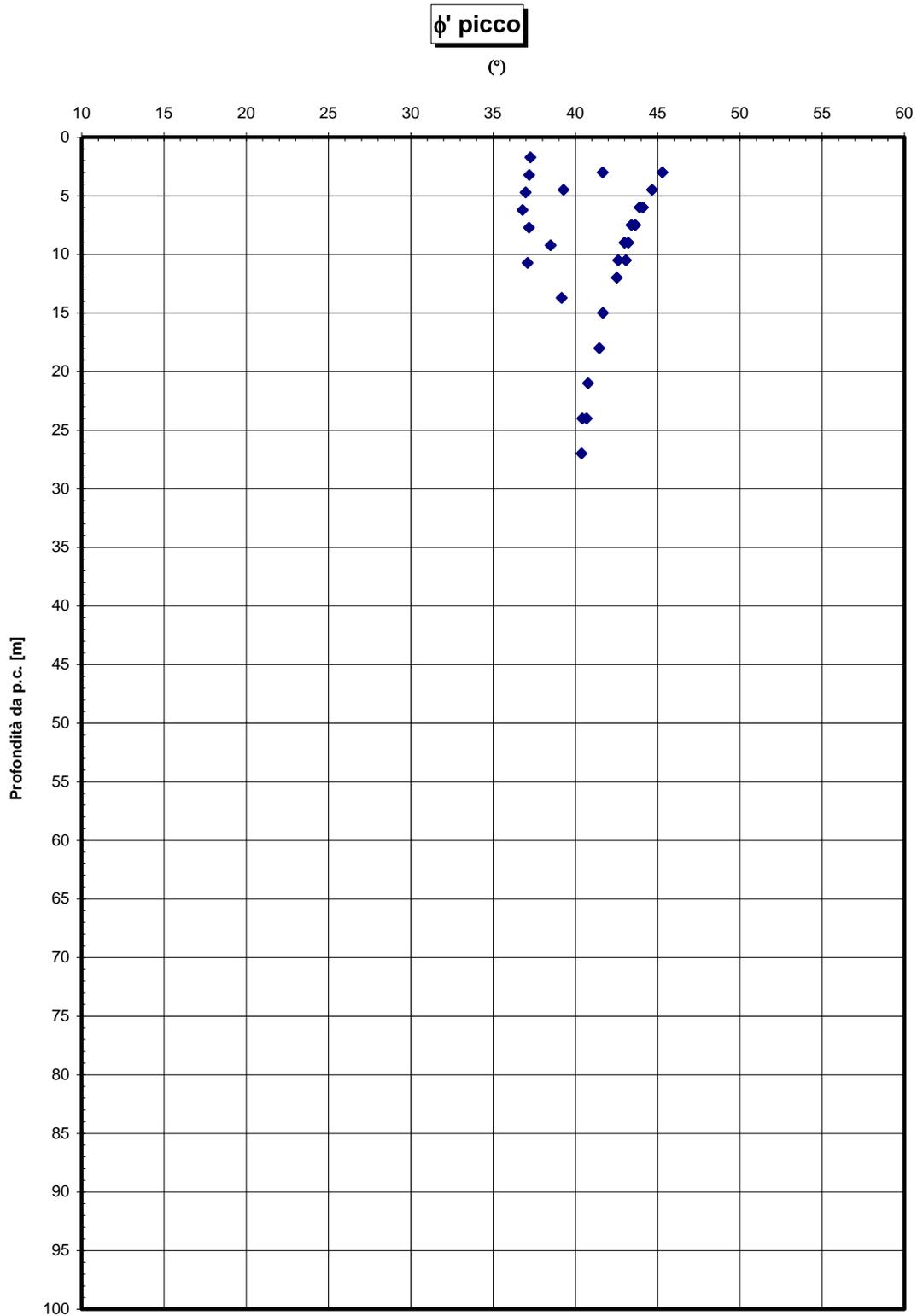
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </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						

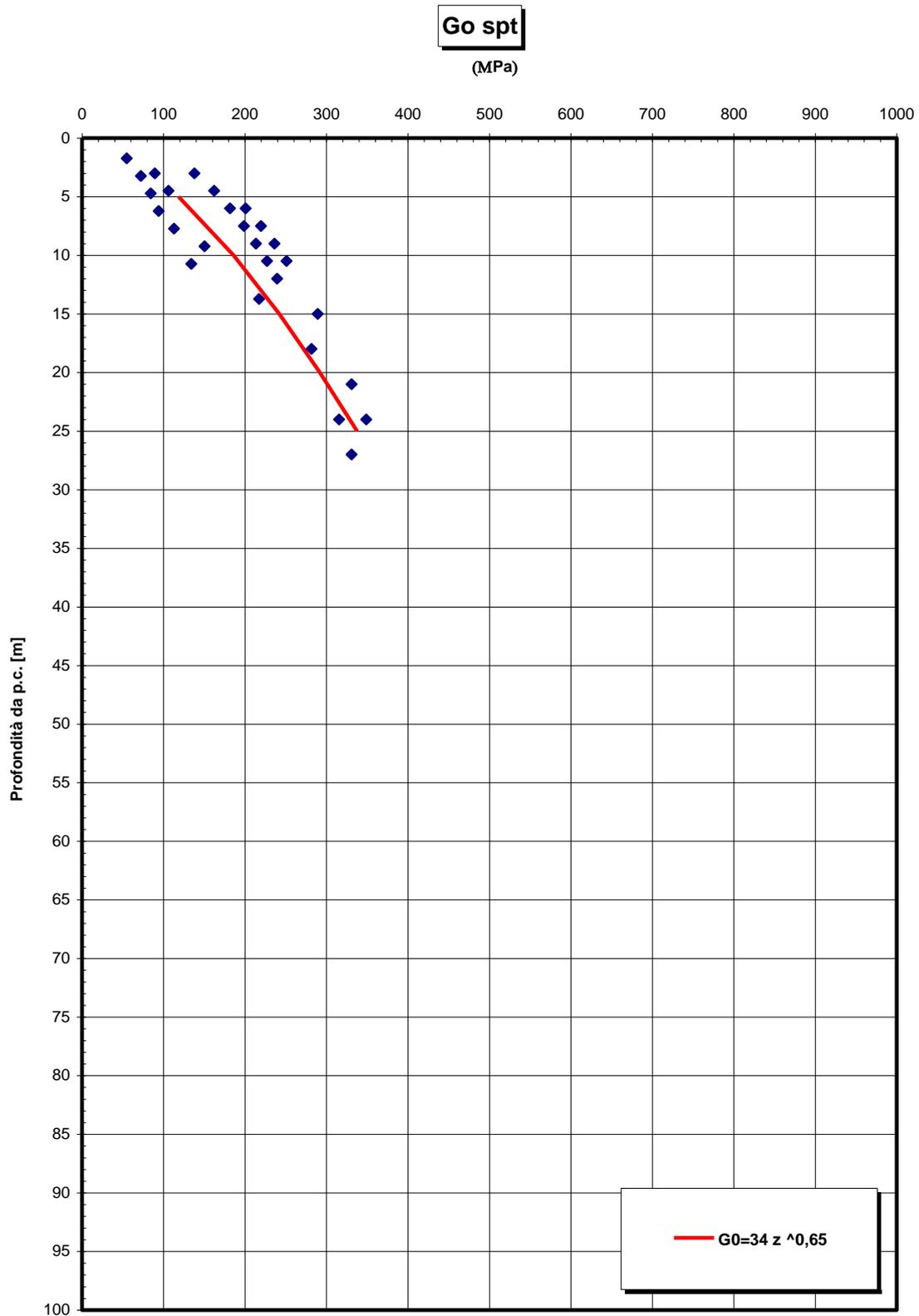
**Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)**  
**Componente ghiaiosa e sabbiosa**  
**DEPOSITI ALLUVIONALI**



eo







		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### San Pier Niceto argilloso

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche il fuso granulometrico mostra che le caratteristiche sono tipiche di materiali a grana medio fine con percentuale media di sabbia al 20%, limo al 62% ed argilla al 18%. Si ha che  $D_{50}=0.06$ ,  $D_{60}=0.15$  e  $D_{10}=0.001$  mm.

Per quanto riguarda i limiti di Atterberg si ha  $W_n=30\%$ ,  $W_l=50\%$ ,  $W_p=35\%$ ,  $IP=15\%$

Dalla carta di Casagrande la posizione corrisponderebbe a limi di medio alta plasticità.

Per il peso di volume  $\gamma$  si assume un valore medio di  $20\text{KN/m}^3$ .

Per quanto concerne le caratteristiche di resistenza non si hanno a disposizione localmente delle prove per cui si fa riferimento alle 6 prove di laboratorio (4TD e 2 CID) su campioni prelevati fra 6m e 35m in altri sondaggi (S457, S465) .

Dalle prove di taglio diretto (campioni sondaggio S457) si ottengono i seguenti range di valori di resistenza di picco:

$$c'_{\text{picco}} = 0,050-0,080 \text{ MPa}$$

$$\phi'_{\text{picco}} = 27^\circ \div 20^\circ$$

Per i valori di resistenza in condizioni di stato critico si ottiene:

$$c'_{\text{cv}} = 0 \text{ MPa}$$

$$\phi'_{\text{cv}} = 25^\circ - 20^\circ$$

Nelle prove triassiali (campioni sondaggio S465) si ottengono i seguenti range di valori di resistenza di picco:

$$c'_{\text{picco}} = 0,016-0,020 \text{ MPa}$$

$$\phi'_{\text{picco}} = 21^\circ \div 22^\circ$$

Per i valori di resistenza in condizioni di stato critico si ottiene:

$$c'_{\text{cv}} = 0 \text{ MPa}$$

$$\phi'_{\text{cv}} = 21^\circ$$

Dalle correlazioni con i valori di  $N_{\text{spt}}$  si ottiene un valore di  $C_u$  mediamente pari a 370 KPa.

Per i parametri di deformabilità, dalle prove dilatometriche (S459bis, S453) effettuate sulla componente argillosa si evince un range del modulo pari a 55-75 Mpa.

Un valore singolo (S459bis a 54m) raggiunge invece 1000 MPa ma sembrerebbe essere stato effettuato su un livello conglomeratico che si alterna a quello argilloso.

Dalle prove di sismica a rifrazione (S454-SR3 e SR5 e S434-SR2) si ottengono valori medi di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

velocità  $V_s$  ascrivibili all'intero pacchetto del San Pier Niceto argilloso molto elevate e pari a 800 e 1500 m/s fra 20 e 50m di profondità.

A tali valori corrisponderebbe un range di moduli  $G_0$  pari a 1100 e a 4600 MPa, e quindi di  $E_0$  pari a 2640 e a 11000 MPa con  $E' = 264-1100$  MPa e  $1100-3670$  MPa (rispettivamente pari a  $1/10 E_0$  ed  $1/3 E_0$ ).

Tale discrepanza con i valori ottenuti dalle pressiometriche possono ascrivere

alla difficoltà, nell'interpretazione delle sismiche a rifrazione, nell'individuare il sismostrato esattamente riferibile alla formazione in esame che rende eventualmente affetta da errore l'individuazione dell'esatto valore di  $V_s$ ,

alla presenza, all'interno del pacchetto del San Pier Niceto argilloso, di strati arenacei cementati che condizionano la risposta elastica globale.

all'eventuale disturbo del foro in cui sono state effettuate le prove pressiometriche

al fatto che quasi tutte le dilatometriche (tranne S459bis) forniscono valori di primo carico.

Si ritiene cautelativo assumere, per la sola facies prettamente argillosa, un modulo operativo pari a:

$E' = 70 \div 120$  MPa

compatibili rispettivamente con:

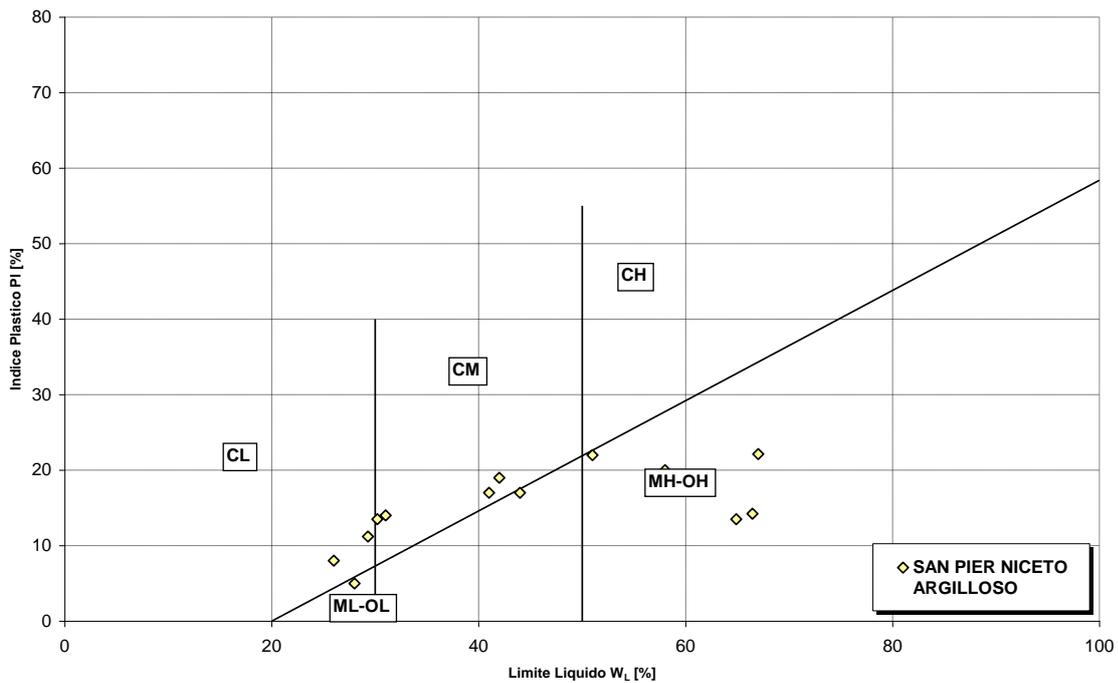
$E' = 200$  Cu (valore minimo)

$E' = 400$  Cu (valore massimo)

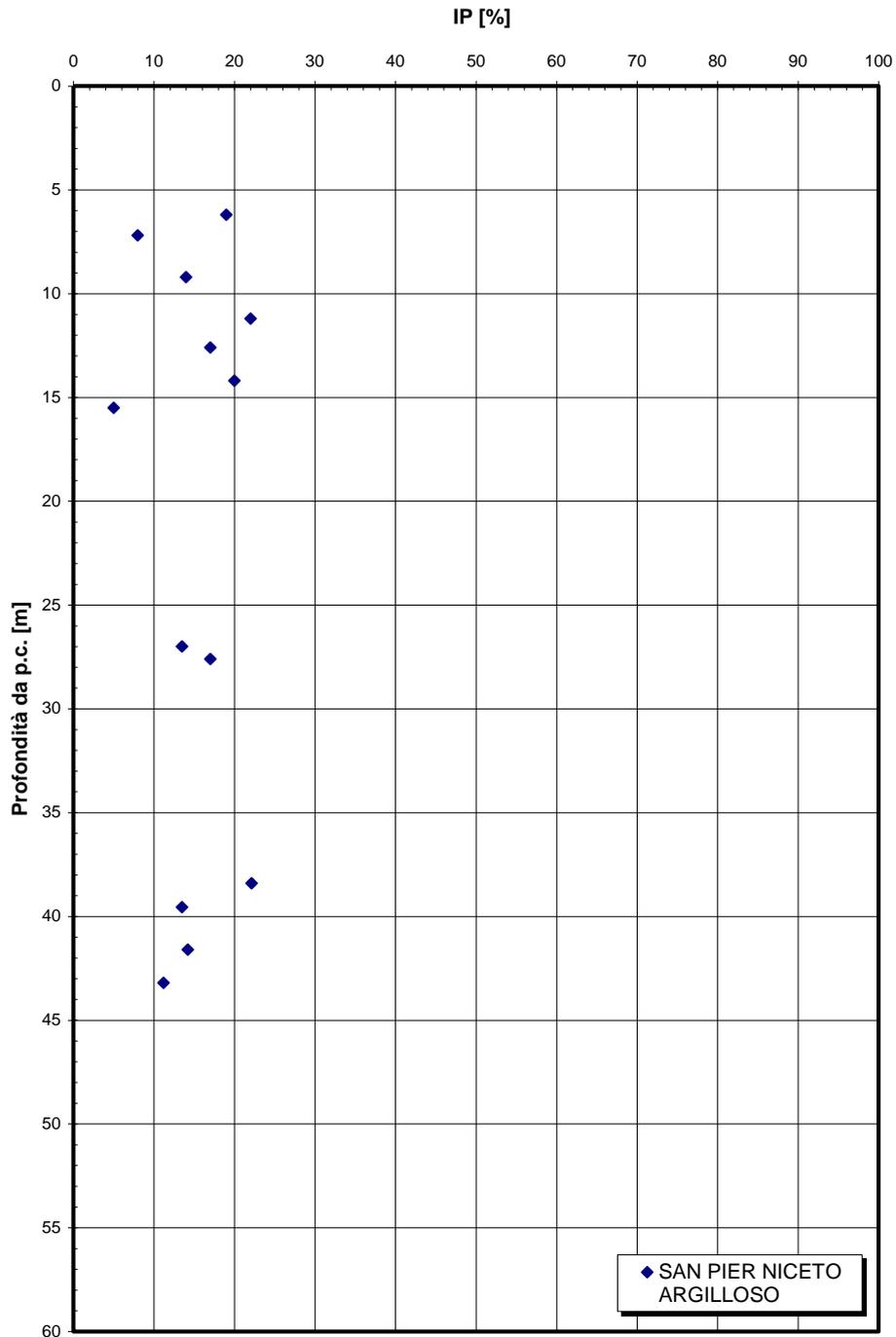
avendo posto un valore cautelativo di  $Cu = 300$  Kpa



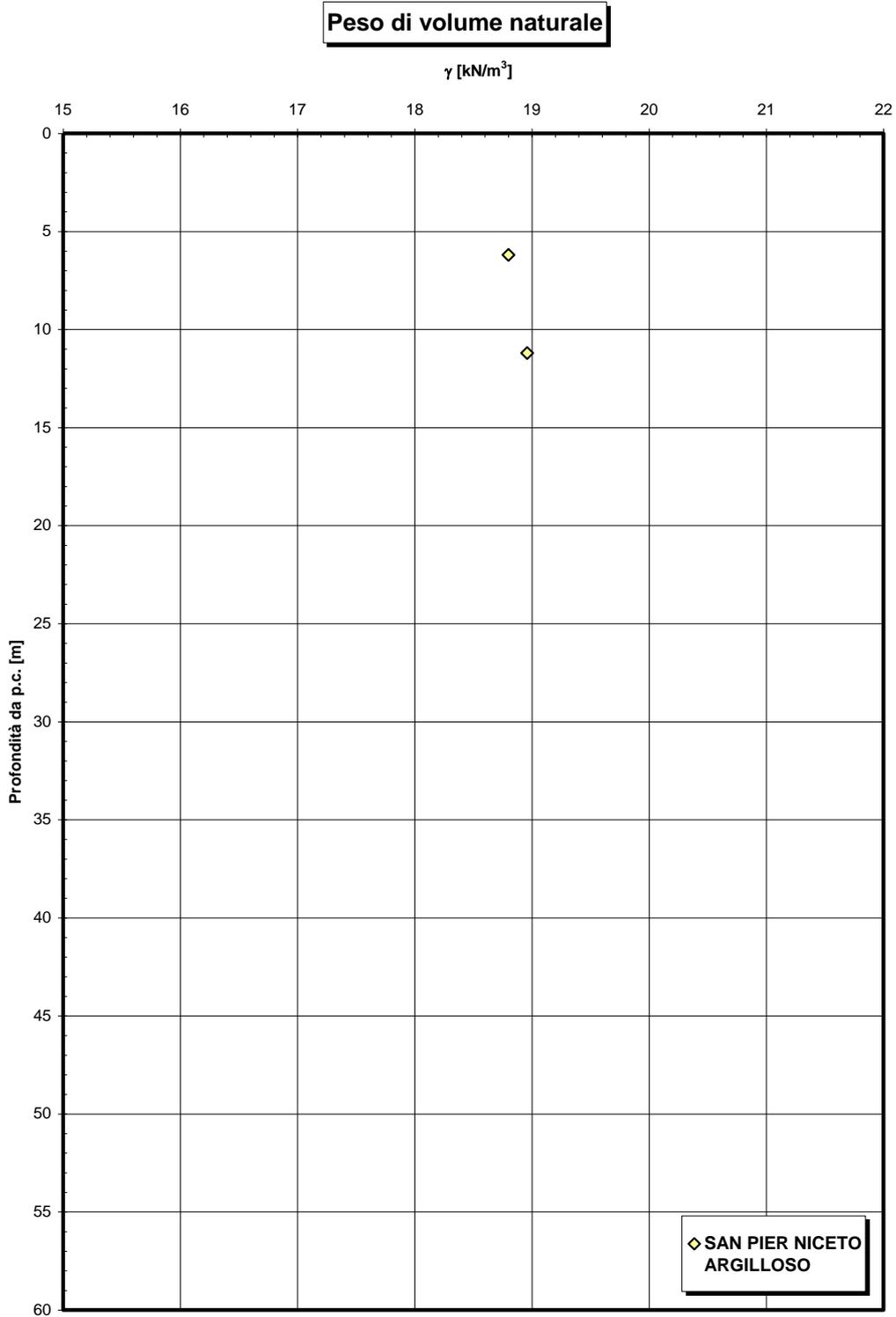
Carta di Plasticità di Casagrande



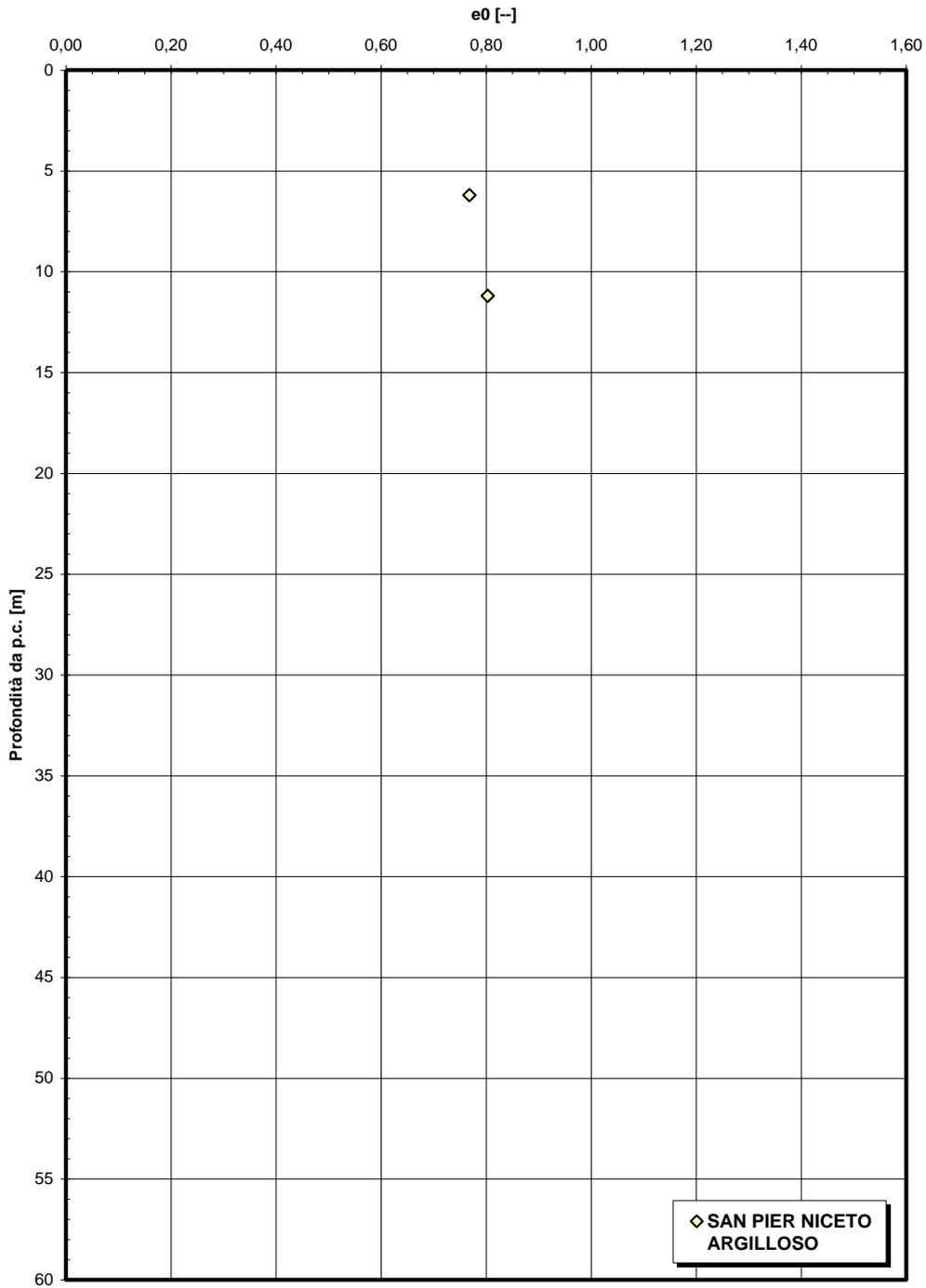
**Indice di plasticità**



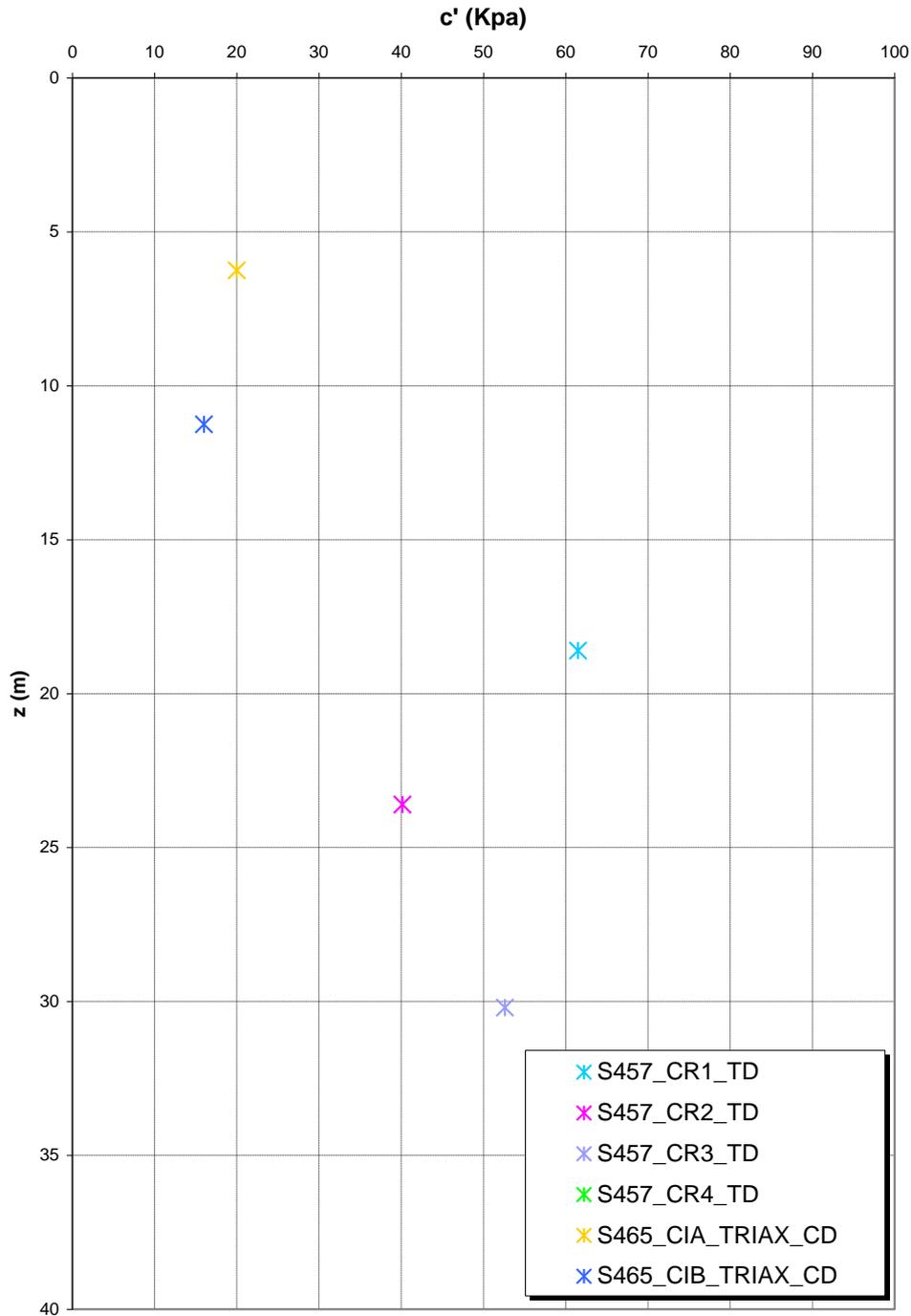
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </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						



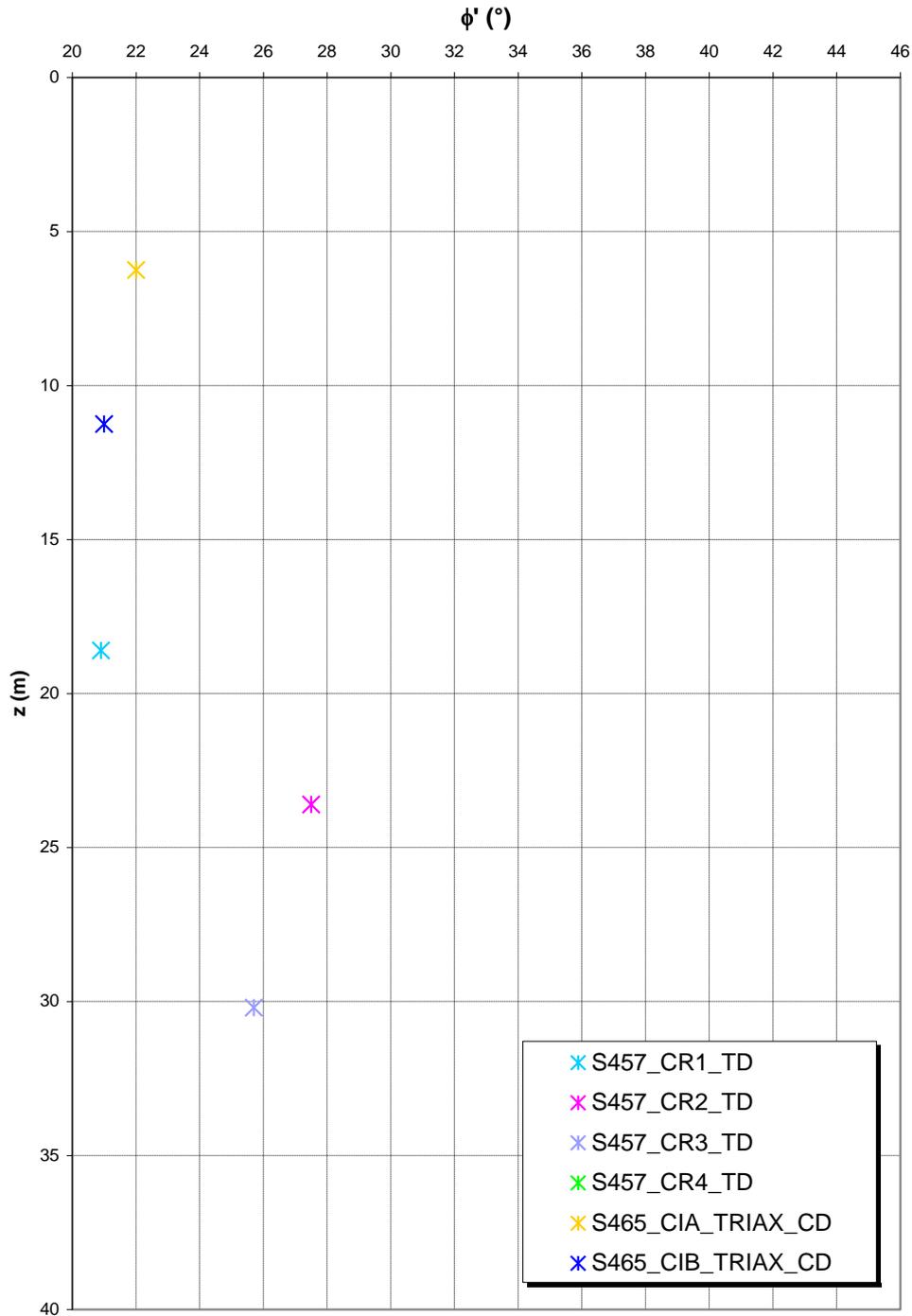
**Indice dei vuoti iniziale**



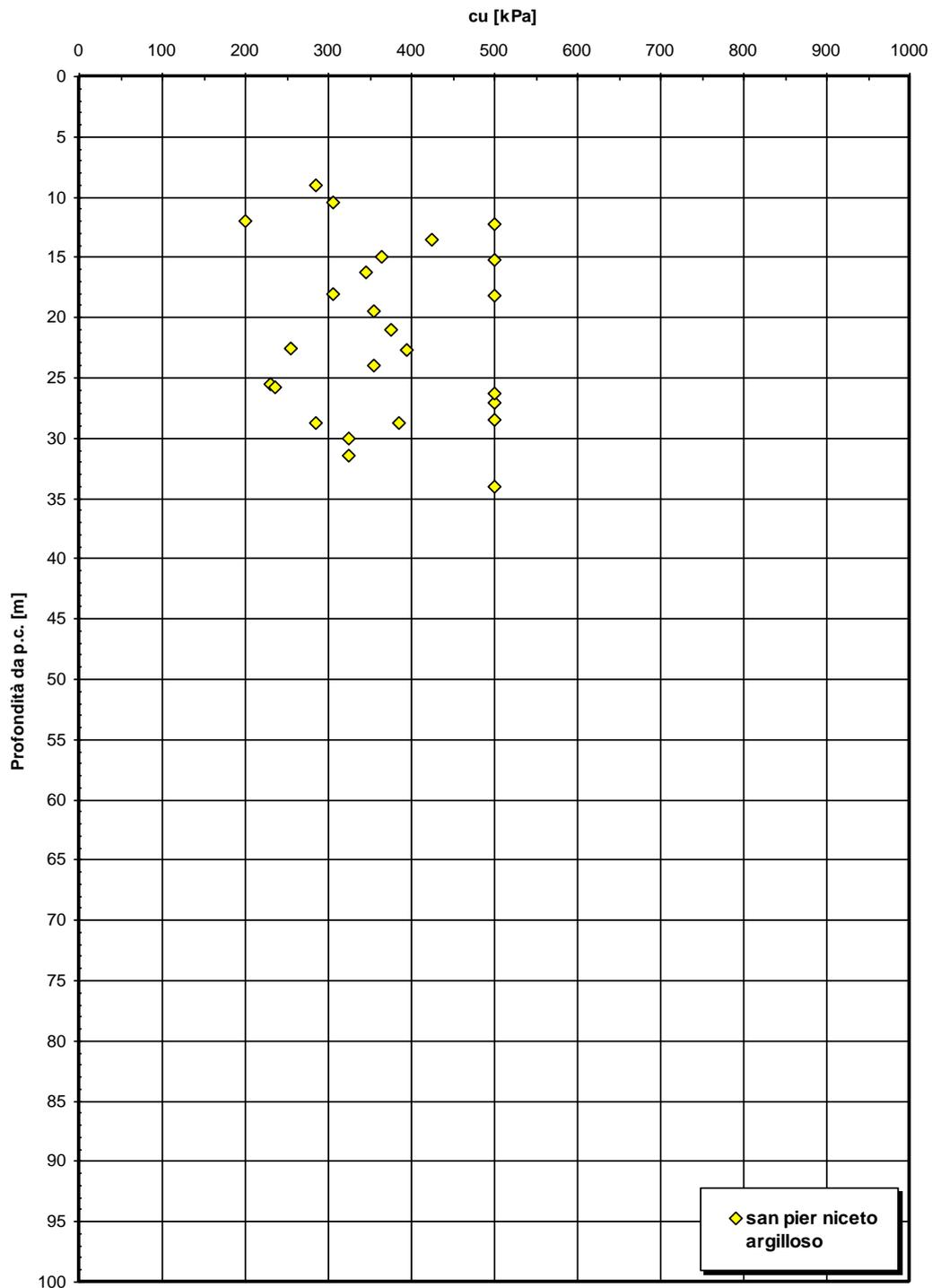
**Coesione  
SAN PIER NICETO ARGILLOSO**

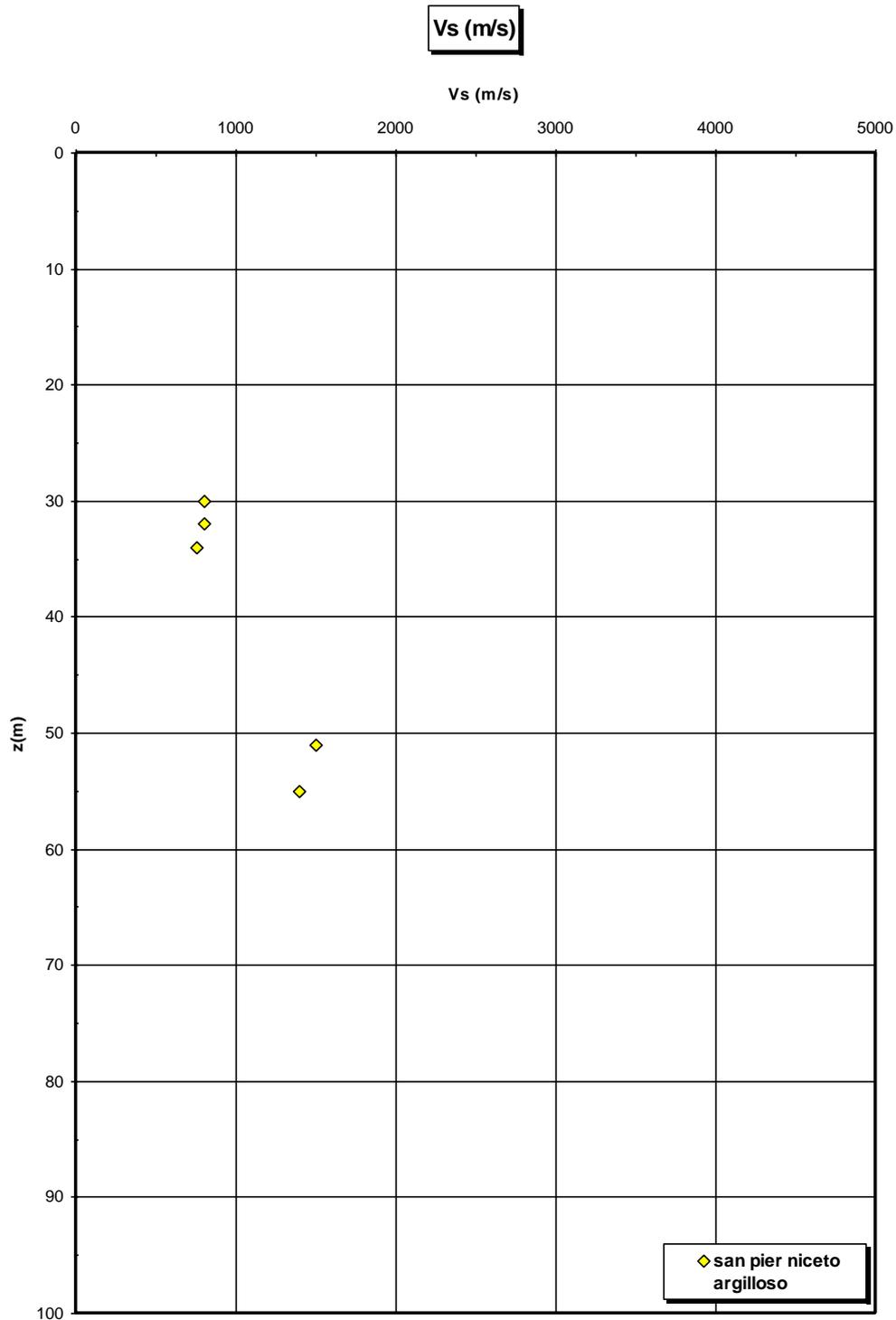


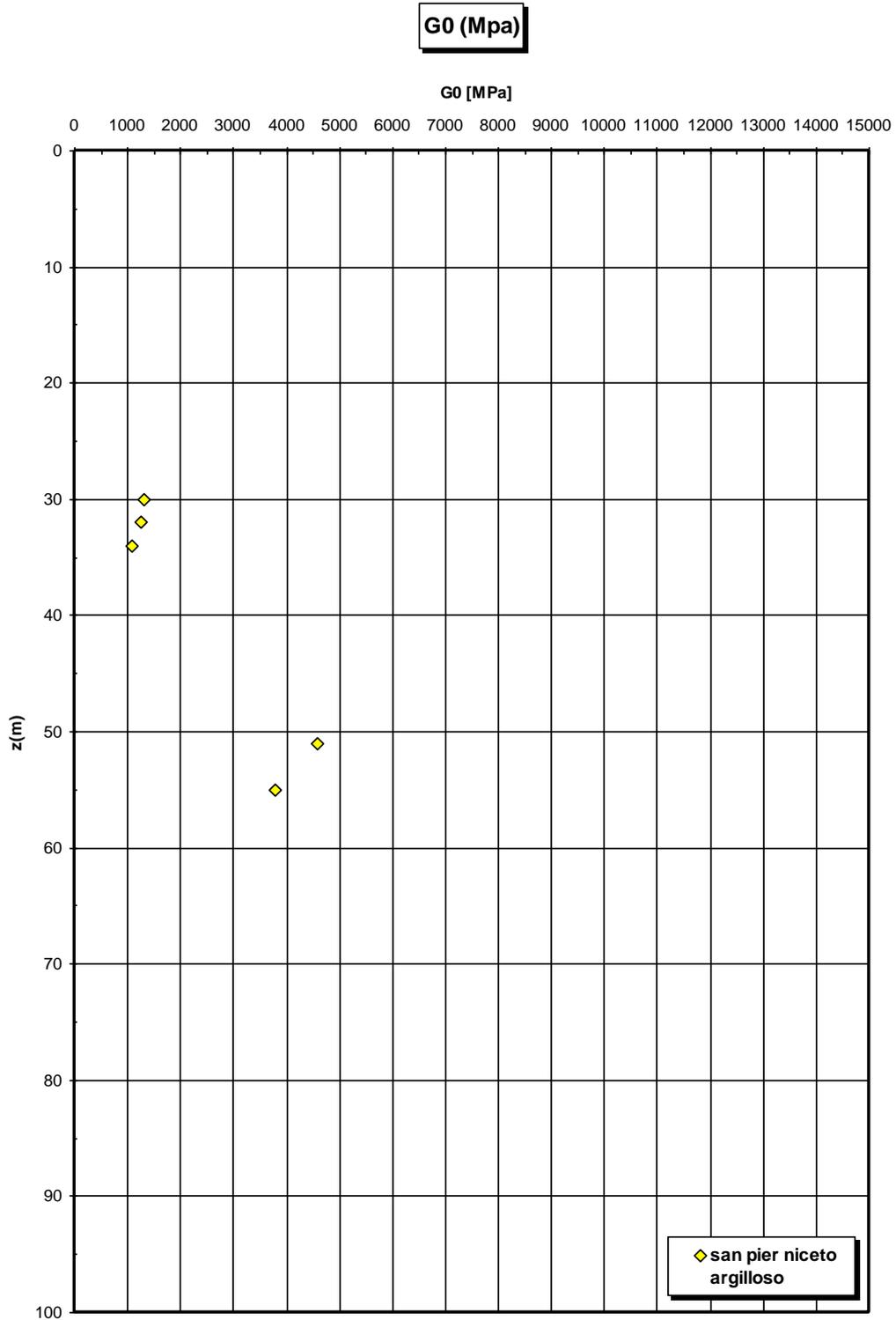
**Angolo di attrito  
SAN PIER NICETO ARGILLOSO**



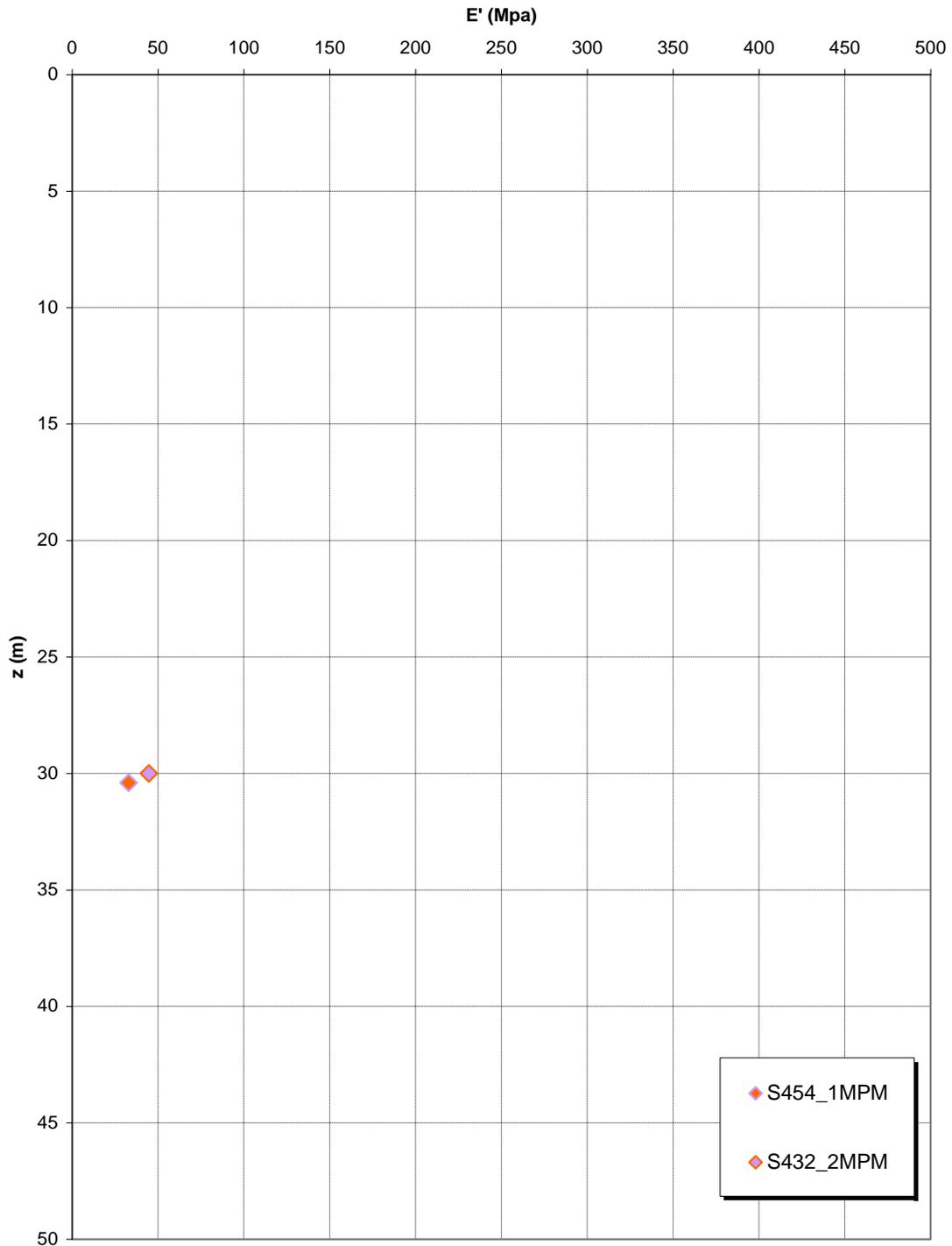
**Coesione non drenata da prove SPT**







**Prove pressiometriche  
SAN PIER NICETO ARGILLOSO**





		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### San Pier Niceto Conglomeratico

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche del materiale, l'andamento del fuso conferma che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche sia di materiali a grana grossa (ghiaie 23%) che di materiali intermedi (sabbie 48%). Il contenuto di fino è mediamente del 25%. Sia per la porzione conglomeratica che per quella sabbiosa risulta infatti che:

Il valore di  $D_{50}$  è pari a 0.3mm

Il valore di  $D_{60}$  è pari a 0.6 mm

Il valore di  $D_{10}$  è pari a 0.04 mm

Il peso di volume naturale medio  $\gamma_s$  è risultato pari a circa 26.5 kN/m<sup>3</sup>.

Per quanto concerne lo stato iniziale si ha:

**Dr:** la densità relativa media è del 80%. I valori risultano non numerosi e molto dispersi e si riferiscono ai primi 30m dove si è riscontrata preponderante la componente sabbiosa. Non è stato possibile tenere in conto l'effetto della cementazione;

**$\gamma_d$ :** si può stimare un valore medio di  $\gamma_d$  che risulta uguale a circa 21 KN/m<sup>3</sup>;

**$K_0$ :** si considera la relazione di Mesri.

Per le caratteristiche di resistenza si parte dalla stima del parametro  $RMR_{89}$  che è stato valutato sulla base di un rilievo effettuato in corrispondenza dell'imbocco est della galleria stradale Serrazzo.

Il parametro  $RMR_{89}$  è risultato pari a 51. Il parametro GSI è quindi pari a 46.

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

del valore GSI di cui in precedenza;

dei valori della resistenza alla compressione semplice  $\sigma_c$  stimata (15MPa) e del parametro  $m_i$  della roccia intatta pari a 19.

I risultati che si ottengono per  $GSI = 46$  sono riportati nella tabella, sia per le condizioni di resistenza di picco ("undisturbed rock mass") che per le condizioni di resistenza residua ("disturbed rock mass") per tensioni normali corrispondenti a profondità massime di circa 20m.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	Picco		Residuo	
$\sigma_n$ (Mpa)	$c'$ (Mpa)	$\phi'$ (°)	$c'$ (Mpa)	$\phi'$ (°)
0.21	0.14	55	0.09	45
0.42	0.21	50	0.15	38

Tenuto conto però che tali parametri sono stati determinati facendo riferimento ad un solo rilievo determinato su un fronte di roccia di altezza di circa 10-20m ed in base ad  $m_i$  stimato in letteratura, si ritiene prudente adottare valori più cautelativi sia per la coesione che per l'angolo d'attrito.

Inoltre si ritiene anche prudente assumere che tali parametri siano rappresentativi di tutto l'ammasso, non essendo a conoscenza delle caratteristiche presenti in profondità.

Si pone quindi:

$c'=0 \div 0.050$  MPa (valore minimo per la porzione sciolta sabbiosa)

$\phi'=38^\circ-40^\circ$

Per le caratteristiche di deformabilità dalle prove sismiche in foro (S464) e dalla sismica a rifrazione PR18 si ottengono valori di  $V_s$  elevati (da 500 a 2000 m/s) già a partire da 15m fino a 70m di profondità.

Il numero di dati a disposizione è molto esiguo;

Ai valori delle velocità di taglio  $V_s$  corrisponderebbero moduli di taglio iniziali  $G_0$  che mostrano tale correlazione:

$G_0=100 z$  (Mpa)

Per la componente sabbiosa caratterizzabile da prove SPT l'andamento di  $G_0$ , stimato fino a 30m di profondità con una correlazione pari a:

$$G_0 = 38 \cdot (z)^{0.7}$$

Le correlazioni ottenute mostrano un differente andamento: le prove sismiche risultano essere in numero troppo esiguo per ritenersi rappresentative della deformabilità dell'ammasso.

Per i moduli di Young "operativi" a medie e piccole deformazioni si dà quindi il seguente andamento cautelativo:

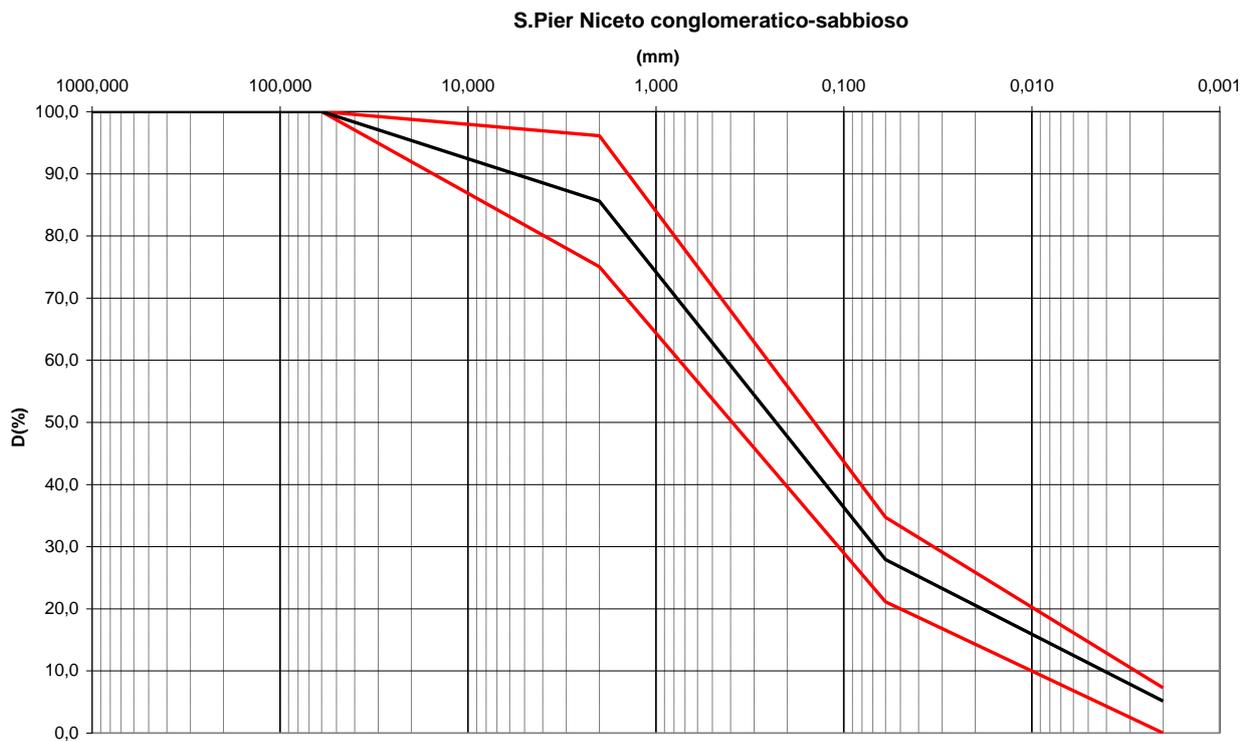
$$E_0 = 90 \cdot (z)^{0.7}$$

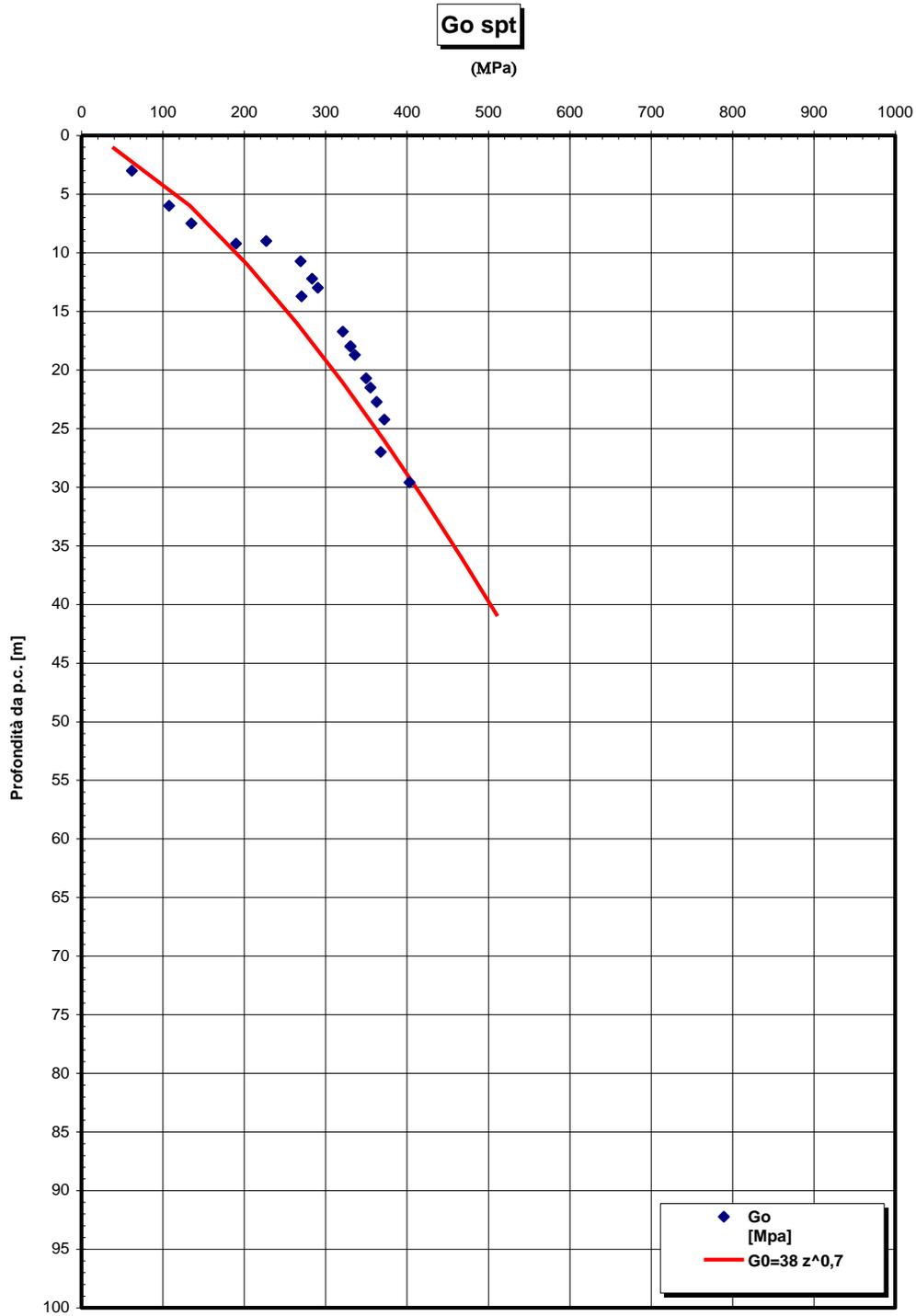
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

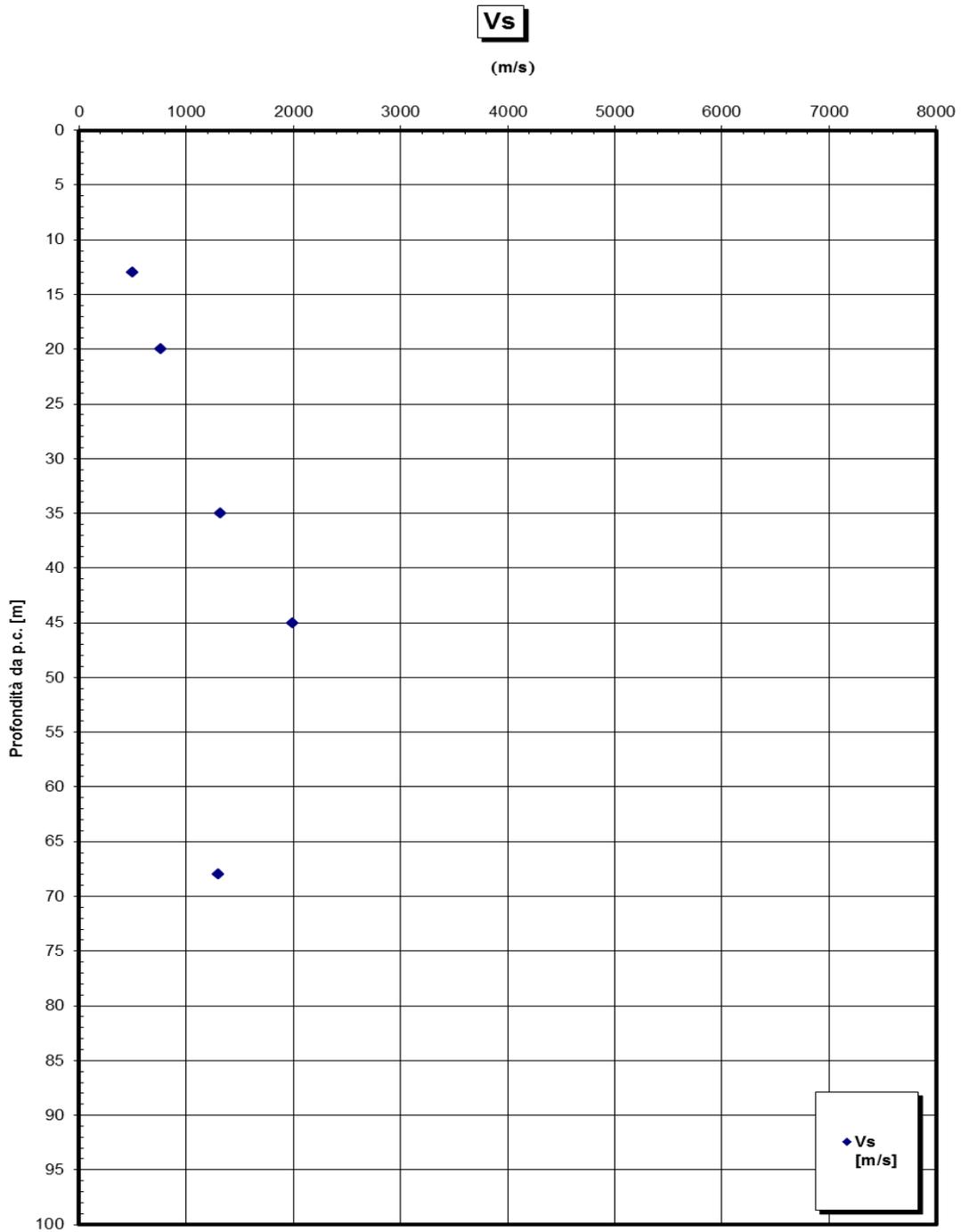
$$E = (20 \div 30) \cdot (z)^{0.7}$$

pari rispettivamente a circa 1/5 ÷ 1/3 di quelli iniziali.

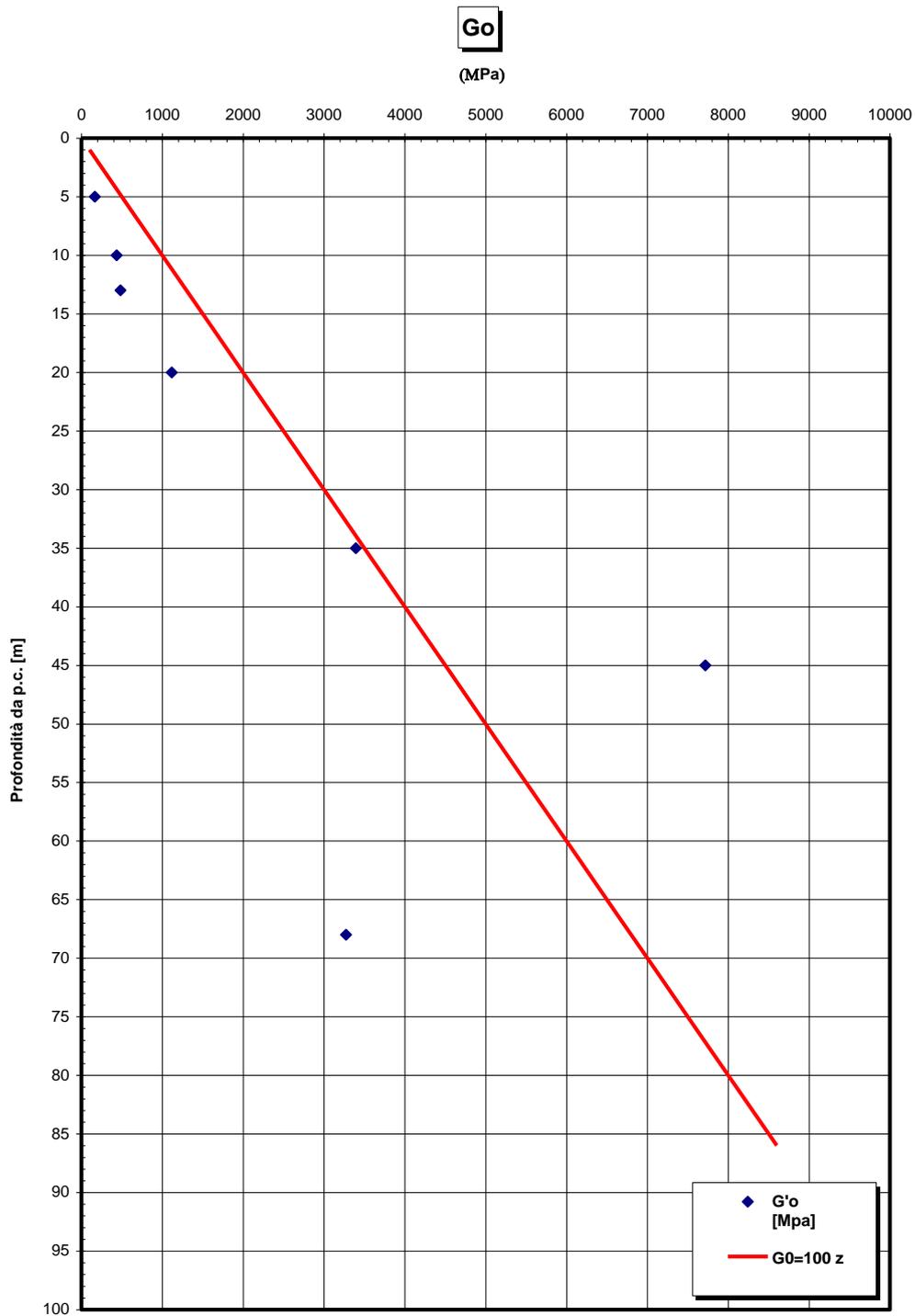
Dalle prove dilatometriche (S464bis, S443, S456) effettuate nella nuova campagna di indagine 2010 i valori di E' (ciclo scarico – ricarica) risultano pari a 200 e 745 MPa a elevate profondità (55m e 60m).



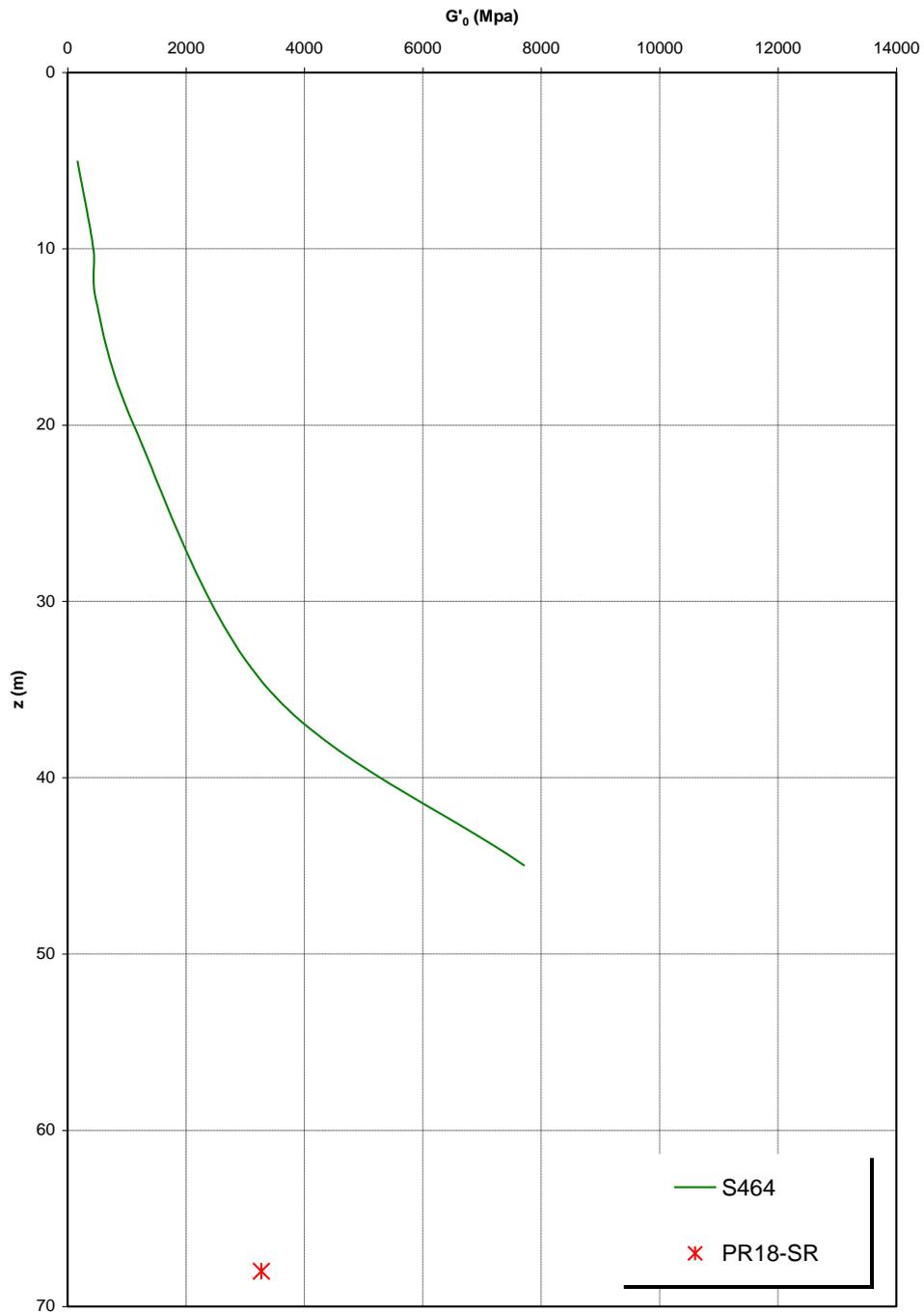


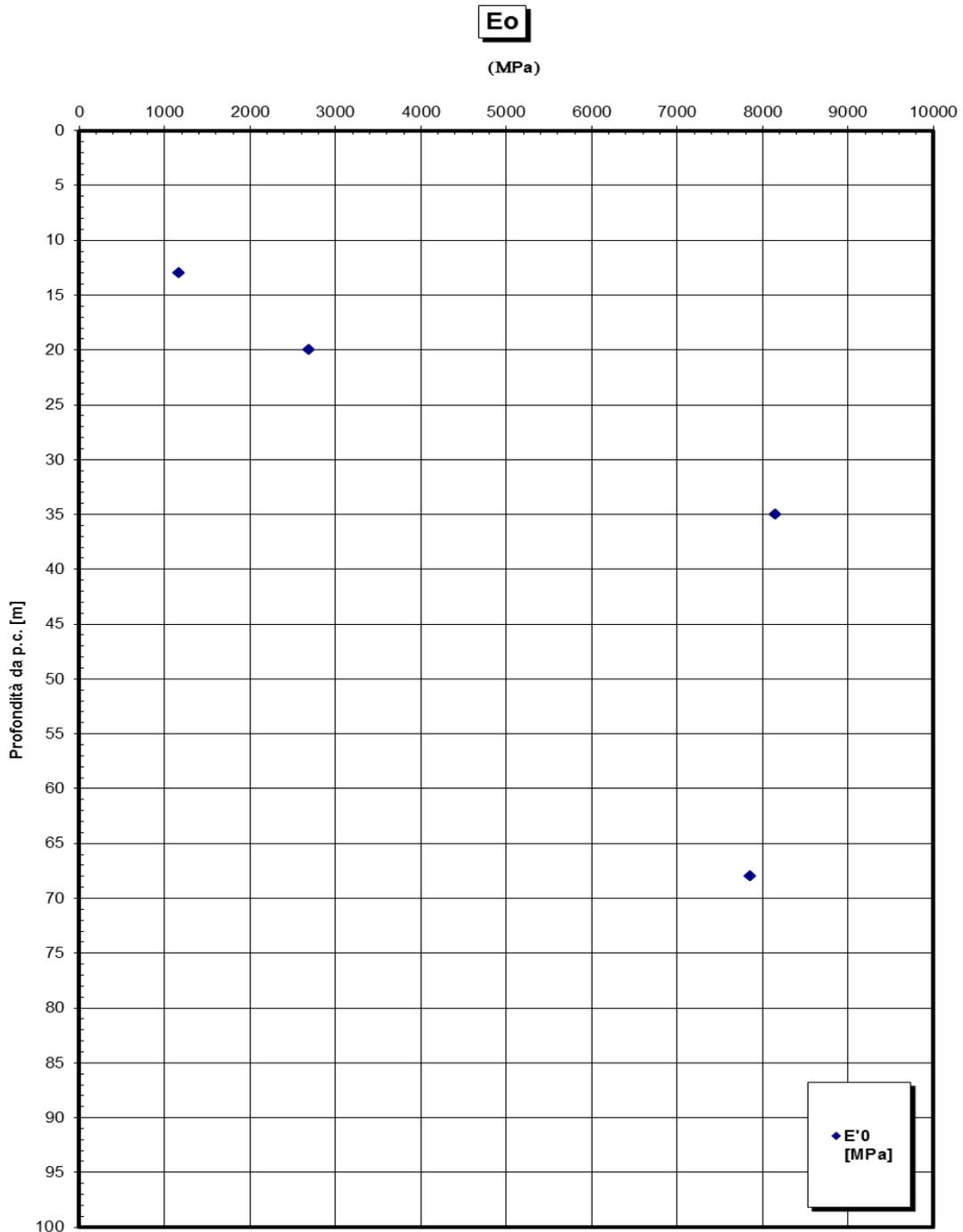


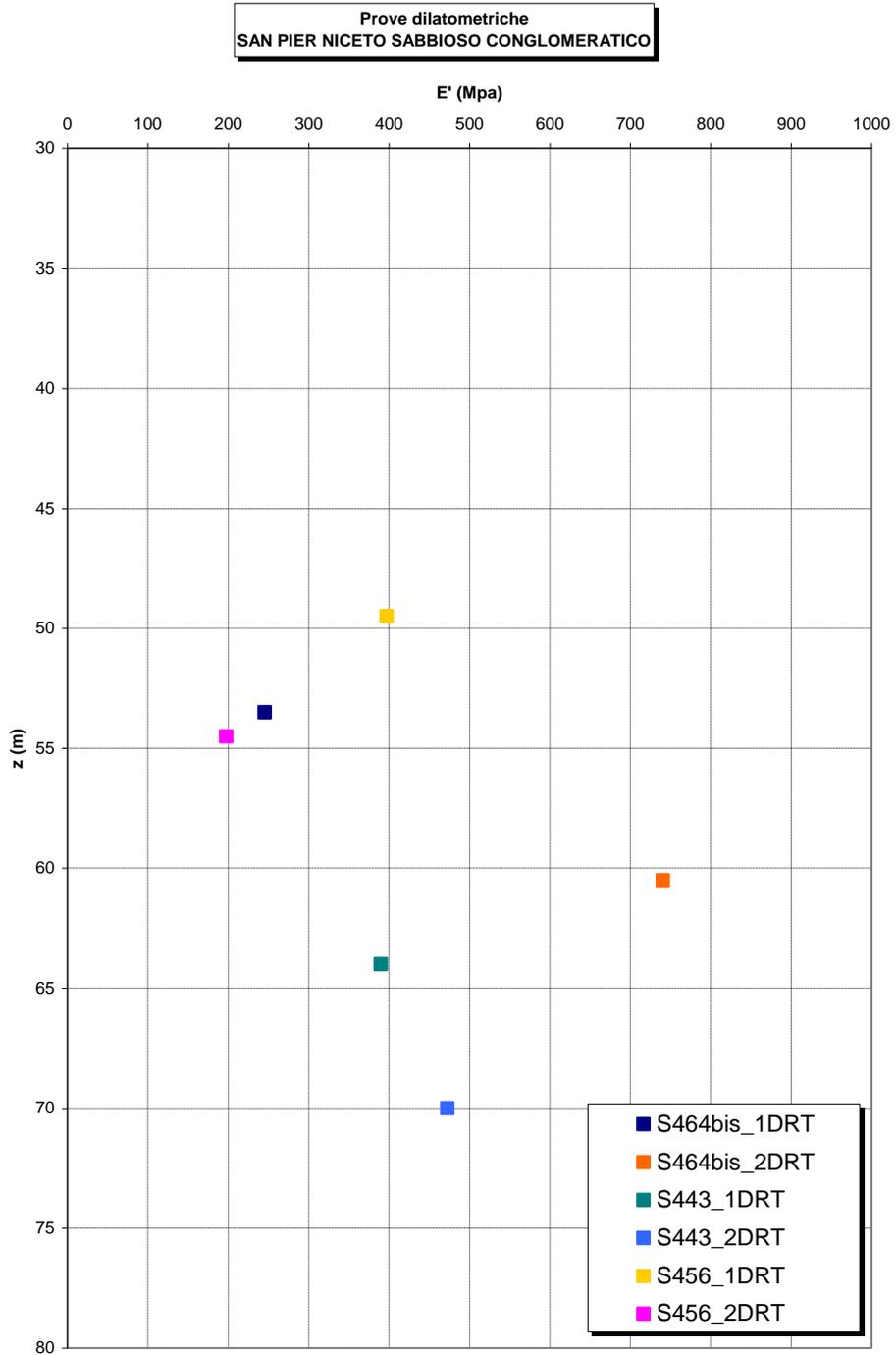




**Prove sismiche  
SAN PIER NICETO SABBIOSO CONGLOMERATICO**







		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.2.2 Parametri principali assunti

In base a quanto precedentemente discusso ed in base alla stratigrafia riscontrata dal sondaggio **S431**, posto in corrispondenza delle opere da realizzarsi, le fondazioni dell'opera in esame appaiono intercettare in particolare le formazioni di seguito riportate.

Nella stratigrafia media rappresentata si sono riportati i parametri geotecnici di maggiore interesse per i calcoli e le verifiche successivamente eseguite.

Litologia	Da (m da p.c.)	A (m da p.c.)	Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	$C_u$ (kPa)	$E^{***}$ [MPa]
Depositi alluvionali	0.0	5.0	19	38*	-	$E = (10 \div 25) \cdot (z)^{0.65}$
San Pier Niceto Conglomeratico	5.0	-	21	38*	-	$E = (20 \div 30) \cdot (z)^{0.7}$

Tabella 1 – Parametri geotecnici utilizzati

\*valore cautelativo

\*\* modulo di Young “operativo” - si considerano valori nel range per fronti di scavo sostenuti, opere di sostegno tirantate o puntonate; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

La falda risulta presente a quota di circa -8.25 m da piano campagna.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO

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 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  $P_{VR}$  associate agli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

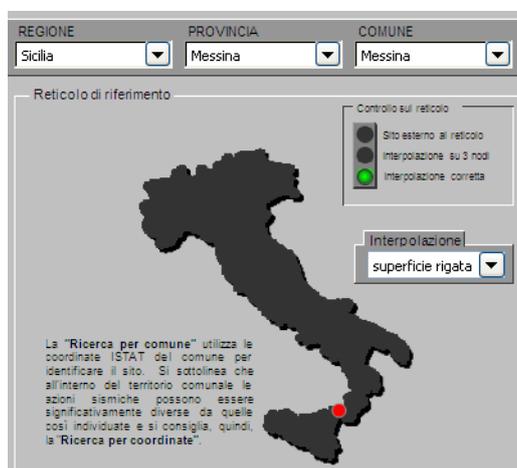
A tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$ , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento  $V_R$ , i due parametri  $T_R$  e  $P_{VR}$  sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro,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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

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

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.

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



$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.061	2.364	0.277
50	0.081	2.318	0.294
72	0.099	2.305	0.312
101	0.118	2.319	0.319
140	0.139	2.343	0.326
201	0.166	2.361	0.334
475	0.247	2.411	0.359
975	0.336	2.446	0.384
2475	0.482	2.491	0.432

#### 4.3.1 AZIONI SISMICHE

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ .

Nel presente progetto è stata verificata la combinazione di carico sismica con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV): a seguito del terremoto la struttura subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; mentre conserva invece una parte della esistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

#### 4.3.1.1 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**.

#### 4.3.1.2 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**.

#### 4.3.1.3 PERIODO DI RIFERIMENTO

Le azioni sismiche sulla costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ottenuto moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ .

Considerando il manufatto in classe d'uso IV (secondo 2.4.2 D.M. 14/01/2008 e par. 5.2 Relazione Sismica), si ottiene:

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

dove:  $V_N = 100$  anni vita nominale (Tab. 2.3.I D.M. 14/01/2008)

$C_U = 2$  coefficiente d'uso per classe d'uso IV (Tab. 2.3.II D.M. 14/01/2008)

#### 4.3.1.4 STATO LIMITE CONSIDERATO

Ai fini del progetto e della verifica delle strutture per gli stati limite ultimi lo spettro di progetto da utilizzare è lo spettro di progetto per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV (riferito alla probabilità di superamento  $P_{VR}$  pari al 10% nel periodo di riferimento  $V_R$ ).

#### 4.3.1.5 PARAMETRI E PUNTI DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ORIZZONTALE PER LO STATO LIMITE SLV

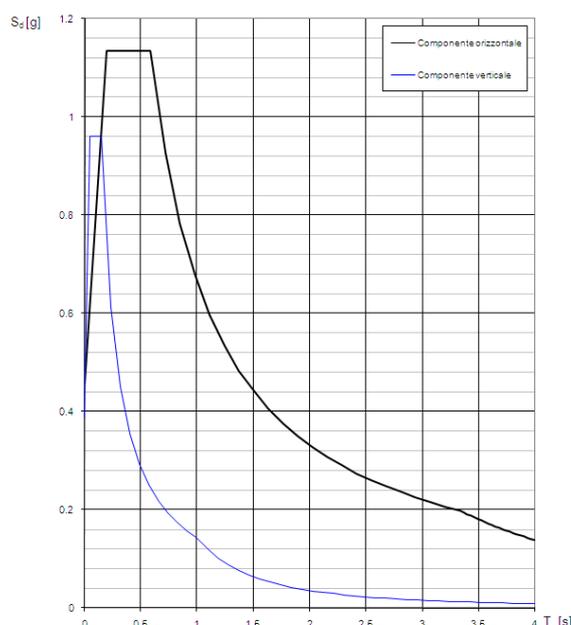
La forma spettrale è definita in funzione dei seguenti parametri:

Categoria suolo C  
 Categoria topografica:  $T_1$

	SLV
accelerazione orizzontale =	$a_q [g] = 0.435$
fattore di amplificazione =	$F_0 = 2.478$
periodo di inizio =	$T_{c^*} = 0.418$
fattore di amplificazione =	$F_V = 2.207$
periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	$T_C = 0.585$
periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante	$T_B = 0.195$
periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro	$T_D = 3.340$
coefficiente dipendente dalla categoria del suolo	$C_C = 1.401$
coefficiente dipendente dalla categoria del suolo	$S_S = 1.053$
coefficiente topografico	$S_T = 1.000$
	$S = 1.053$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

### Grafici degli spettri di risposta



Lo studio sismico è stato effettuato tramite un'analisi dinamica con l'impiego di accelerogrammi come indicato dalla normativa italiana DM2008 (§ 3.2.3.6).

Si utilizzano accelerogrammi artificiali compatibili con lo spettro elastico di risposta adottato; in particolare l'analisi è condotta con più di 7 serie temporali e si sono assunti i valori medi ottenuti dal modello come azioni di progetto, inoltre per descrivere il moto sismico si è tenuto in conto di non utilizzare lo stesso accelerogramma simultaneamente lungo le due direzioni orizzontali.

Per ricavare gli accelerogrammi spettro compatibili si è utilizzato il programma **REXEL 2.5 beta**, redatto:

Iervolino, I., Galasso, C., Cosenza, E. (2009).

**REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis.**

Bulletin of Earthquake Engineering. DOI 10.1007/s10518-009-9146-1

Di seguito si riportano gli spettri estratti:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE GEOTECNICA	<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

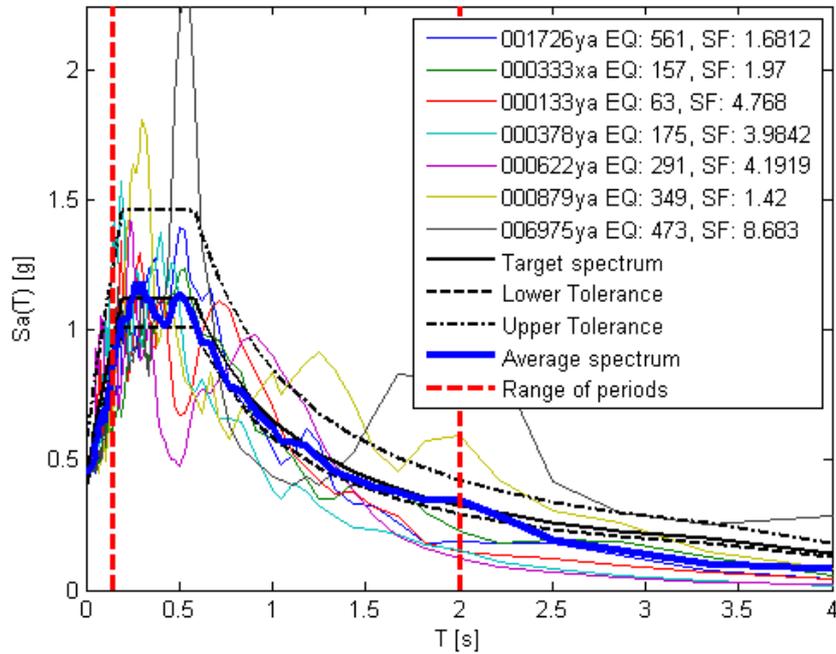


Figura 3 – Spettri orizzontali

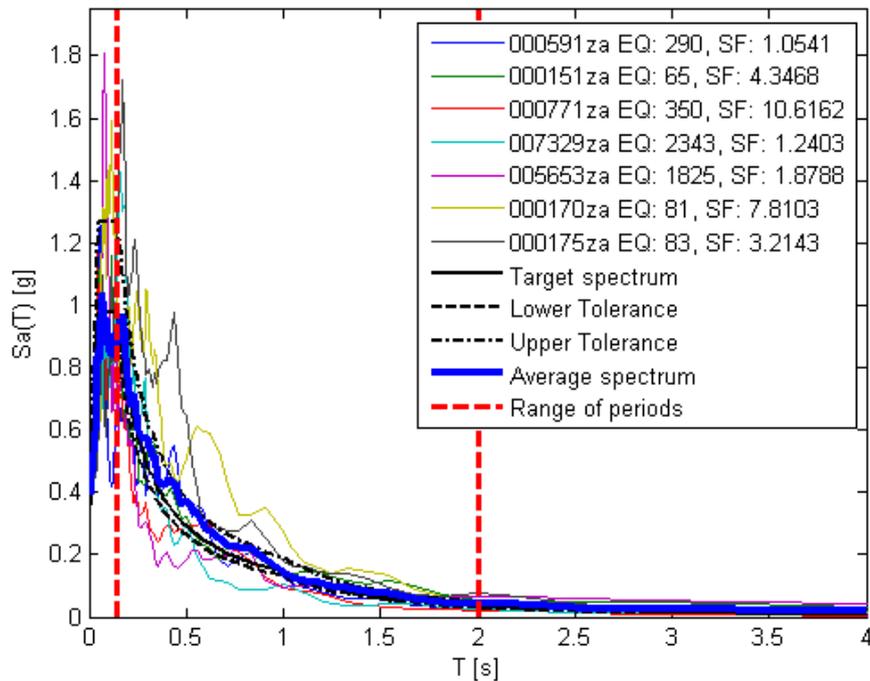


Figura 4 – Spettri verticali

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## **5 ANALISI DELLE FONDAZIONI**

### **5.1 ANALISI DEL SISTEMA FONDAZIONALE DELLE SPALLE A E B**

Le spalle A e B sono costituite da una ciabatta di fondazione a base rettangolare di dimensioni 7.50 x 16.50 m, di spessore 2.50 m.

L' intradosso delle solette di base si trova ad una profondità minima di circa 2.00 m al di sotto del locale piano campagna.

#### **5.1.1 ANALISI DEI CARICHI**

Si riportano nel seguito i valori delle azioni agenti alla base della fondazione per le varie combinazioni di carico analizzate per gli stati limite ultimi e di esercizio.

Si sono evidenziate le combinazioni utilizzate nei calcoli eseguiti successivamente.

	COMBIN.	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
COMBINAZIONI SLU - A1-M1	1	180.00	4551.76	-22001.24	17281.10	3265.14
	2	180.00	4551.76	-22001.24	17281.10	3265.14
	3	180.00	4551.76	-21461.24	16444.10	4480.14
	4	180.00	4551.76	-21461.24	16444.10	4480.14
	5	180.00	4634.36	-21272.24	16752.24	2117.64
	6	180.00	4634.36	-21272.24	16752.24	2117.64
	7	180.00	4634.36	-20867.24	16124.49	3028.89
	8	180.00	4634.36	-20867.24	16124.49	3028.89
	9	342.00	4296.86	-21326.24	15317.19	1388.64
	10	342.00	4296.86	-21326.24	15317.19	1388.64
	11	342.00	4296.86	-20921.24	14689.44	2299.89
	12	342.00	4296.86	-20921.24	14689.44	2299.89
COMBINAZIONI SLU - A2-M1	13	156.00	3490.64	-17105.57	13038.44	2826.63
	14	156.00	3490.64	-17105.57	13038.44	2826.63
	15	156.00	3490.64	-16645.57	12325.44	3861.63
	16	156.00	3490.64	-16645.57	12325.44	3861.63
	17	156.00	3476.02	-16484.57	12282.04	1849.13
	18	156.00	3476.02	-16484.57	12282.04	1849.13
	19	156.00	3476.02	-16139.57	11747.29	2625.38
	20	156.00	3476.02	-16139.57	11747.29	2625.38
	21	294.00	3188.52	-16530.57	11059.59	1228.13
	22	294.00	3188.52	-16530.57	11059.59	1228.13
	23	294.00	3188.52	-16185.57	10524.84	2004.38
	24	294.00	3188.52	-16185.57	10524.84	2004.38
COMBINAZIONI SLU - A2-M2	25	156.00	4177.55	-17105.57	14894.46	2826.63
	26	156.00	4177.55	-17105.57	14894.46	2826.63
	27	156.00	4177.55	-16645.57	14181.46	3861.63
	28	156.00	4177.55	-16645.57	14181.46	3861.63
	29	156.00	4102.81	-16484.57	13921.61	1849.13
	30	156.00	4102.81	-16484.57	13921.61	1849.13
	31	156.00	4102.81	-16139.57	13386.86	2625.38
	32	156.00	4102.81	-16139.57	13386.86	2625.38
	33	294.00	3815.31	-16530.57	12699.16	1228.13
	34	294.00	3815.31	-16530.57	12699.16	1228.13
	35	294.00	3815.31	-16185.57	12164.41	2004.38
	36	294.00	3815.31	-16185.57	12164.41	2004.38
COMBINAZIONI SLU - SISMICHE	37	1918.46	4282.12	-13557.43	25019.34	-5612.58
	38	-1718.46	4222.12	-13557.43	24749.34	3973.84
	39	-1718.46	4222.12	-14925.89	23912.13	3949.83
	40	1918.46	4282.12	-14925.89	24182.13	-5636.59
	41	1848.46	39.04	-11960.89	14811.93	-5269.58
	42	-1788.46	-20.96	-11960.89	14541.93	4316.84
	43	1848.46	39.04	-16522.43	12021.22	-5349.59
	44	-1788.46	-20.96	-16522.43	11751.22	4236.83
	45	6091.55	109.04	-13557.43	14150.18	-16481.74
	46	6091.55	109.04	-14925.89	13312.97	-16505.74
	47	-6031.55	-90.96	-13557.43	13250.18	15472.99
	48	-6031.55	-90.96	-14925.89	12412.97	15448.99

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<b>SLE-RARE</b>	1	120.00	3368.34	-16241.66	12699.71	2478.63
	2	120.00	3368.34	-16241.66	12699.71	2478.63
	3	120.00	3368.34	-15841.66	12079.71	3378.63
	4	120.00	3368.34	-15841.66	12079.71	3378.63
	5	120.00	3429.52	-15701.66	12307.95	1628.63
	6	120.00	3429.52	-15701.66	12307.95	1628.63
	7	120.00	3429.52	-15401.66	11842.95	2303.63
	8	120.00	3429.52	-15401.66	11842.95	2303.63
	9	240.00	3179.52	-15741.66	11244.95	1088.63
	10	240.00	3179.52	-15741.66	11244.95	1088.63
	11	240.00	3179.52	-15441.66	10779.95	1763.63
	12	240.00	3179.52	-15441.66	10779.95	1763.63
	13	120.00	3179.52	-15741.66	11244.95	1628.63
	14	120.00	3179.52	-15441.66	10779.95	2303.63
	15	120.00	3179.52	-15741.66	11244.95	1628.63
	16	120.00	3179.52	-15441.66	10779.95	2303.63
	17	200.00	3199.52	-15741.66	11334.95	1268.63
	18	200.00	3199.52	-15741.66	11334.95	1268.63
	19	200.00	3199.52	-15441.66	10869.95	1943.63
	20	200.00	3199.52	-15441.66	10869.95	1943.63
<b>SLE-FREQUENTI</b>	21	0.00	3149.52	-15741.66	11109.95	2168.63
	22	0.00	3149.52	-15741.66	11109.95	2168.63
	23	0.00	3149.52	-15441.66	10644.95	2843.63
	24	0.00	3149.52	-15441.66	10644.95	2843.63
	25	0.00	2583.06	-14241.66	6745.69	-381.38
	26	0.00	2583.06	-14241.66	6745.69	-381.38
	27	0.00	2583.06	-14241.66	6745.69	-381.38
	28	0.00	2583.06	-14241.66	6745.69	-381.38
	29	40.00	2593.06	-14241.66	6790.69	-561.38
	30	40.00	2593.06	-14241.66	6790.69	-561.38
<b>SLE-Q.PE RM.</b>	31	0.00	2583.06	-14241.66	6745.69	-381.38
	32	0.00	2583.06	-14241.66	6745.69	-381.38

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 5.1.2 MODELLO DI CALCOLO

Per il calcolo della capacità portante delle fondazioni profonde si utilizza il software di calcolo LoadCap-Geostru versione 2010.7 Rev. 356 – carico limite e cedimenti.

Le verifiche geotecniche di seguito riportate sono state condotte secondo metodi e formulazioni note dell'ingegneria geotecnica. In ciascun paragrafo verranno brevemente descritti i metodi via via utilizzati per il calcolo della capacità portante (SLU) e dei cedimenti (SLE).

### 5.1.2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO (VERIFICHE SLU)

#### VERIFICHE DI STABILITA' - scorrimento

La verifica a scorrimento sul piano di posa è soddisfatta quando:

$$C.S. = \frac{F_z \cdot \text{tg}(\phi')}{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}} \geq \gamma_R$$

dove

$\phi' = 32.9^\circ$       angolo di attrito interno del terreno di base in condizione di calcolo M2

$\gamma_R = 1.1$       Tabella 6.4.I – DM2008 (combinazione 2: A2+M2+R2)

Nel caso in esame per le combinazioni sismiche si ha:

	COMBIN.	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	C.S.
COMBINAZIONI SLU - SISMICHE	37	1918.46	4282.12	-13557.43	1.619
	38	-1718.46	4222.12	-13557.43	1.666
	39	-1718.46	4222.12	-14925.89	1.834
	40	1918.46	4282.12	-14925.89	1.782
	41	1848.46	39.04	-11960.89	3.624
	42	-1788.46	-20.96	-11960.89	3.746
	43	1848.46	39.04	-16522.43	5.006
	44	-1788.46	-20.96	-16522.43	5.175
	45	6091.55	109.04	-13557.43	1.247
	46	6091.55	109.04	-14925.89	1.372
	47	-6031.55	-90.96	-13557.43	1.259
	48	-6031.55	-90.96	-14925.89	1.386

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### VERIFICHE DI STABILITA' - ribaltamento

La verifica a ribaltamento è trattata come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU) utilizzando i coefficienti parziali del gruppo M2 per il calcolo delle spinte. La verifica è soddisfatta quando:

$$C.R. = \frac{Fz \cdot L_{tot,y} / 2}{M_x} \geq \gamma_R$$

dove

$L_{tot,y} = 19$  m    lunghezza fondazione

$Fz \cdot L_{tot,y} / 2$     momento stabilizzante

$M_x$                     momento ribaltante

$\gamma_R = 1.0$

Nel caso in esame per le combinazioni sismiche si ha:

	COMBIN.	Fz [kN]	Fz · L <sub>tot,y</sub> / 2 [kN]	Mx [kN]	C.R.
<b>COMBINAZIONI SLU - SISMICHE</b>	37	-12201.69	45756.3188	25019.34	1.829
	38	-12201.69	45756.3188	24749.34	1.849
	39	-13433.30	50374.8862	23912.13	2.107
	40	-13433.30	50374.8862	24182.13	2.083
	41	-10764.80	40367.9902	14811.93	2.725
	42	-10764.80	40367.9902	14541.93	2.776
	43	-14870.19	55763.2149	12021.22	4.639
	44	-14870.19	55763.2149	11751.22	4.745
	45	-12201.69	45756.3188	14150.18	3.234
	46	-13433.30	50374.8862	13312.97	3.784
	47	-12201.69	45756.3188	13250.18	3.453
48	-13433.30	50374.8862	12412.97	4.058	

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## VERIFICHE DI CARICO LIMITE

### Approccio NTC 2008 – Condizioni Statiche

Secondo quanto riportato al punto 6.4.2.1 delle NTC 2008 le verifiche per il calcolo limite dell'insieme fondazione terreno vanno effettuate tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle successive tabelle, seguendo almeno uno dei due approcci successivamente indicati.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 2 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Tabella 3 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

In particolare si è deciso di seguire l'**Approccio 1**, secondo le due combinazioni

*Combinazione 1:*

- **(A1+M1+R1)**

*Combinazione 2:*

- **(A2+M2+R2).**

dovrà risultare che:

$$E_d \leq Q_d$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dove:

$E_d$ : valore di progetto delle azioni;

$Q_d$ : valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

I coefficienti R1, R2 utilizzati sono quelli relativi a fondazioni superficiali (**R1=1.00, R2=1.80**) riportati nella tabella 6.4.I delle NTC2008.

I parametri geotecnici utilizzati sono riassunti nella successiva tabella.

Litologia	Da (m da p.c.)	A (m da p.c.)	Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	$C_u$ (kPa)	$\phi'$ (°)	$C_u$ (kPa)	$E^{**}$ (MPa)
				<b>M1</b>		<b>M2</b>		
Depositi alluvionali	0.0	5.0	19	38	-	32	-	$E = (10 \div 25) \cdot (z)^{0.65}$
San Pier Niceto Conglomeratico	5.0	-	21	38	-	32		$E = (20 \div 30) \cdot (z)^{0.7}$

Tabella 4 – Parametri geotecnici utilizzati

Il calcolo della capacità portante è stato eseguito secondo il metodo di Brinch-Hansen (1970), di seguito descritto, in condizioni drenate.

Data la presenza della falda ad una profondità di 8.25 m da p.c. è stato considerato un peso di volume medio pesato pari a:

$$\gamma_{medio, pesato} = \gamma' + (\gamma - \gamma') \cdot \frac{d}{B}$$

dove:

$\gamma'$ : peso volume immerso (9 kN/m<sup>3</sup>)

$\gamma$ : peso di volume (19 kN/m<sup>3</sup>)

d: profondità falda rispetto al piano di posa (=8.25-2=6.25 m)

B: larghezza fondazione (=7.5 m).

In tal caso si ottiene un peso di volume medio pesato di 17.3 kN/m<sup>3</sup>. Tale valore è stato utilizzato nelle successive verifiche di capacità portante.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

## Approccio NTC 2008 – Condizioni Sismiche

Per le combinazioni di carico sismiche, è stata condotta un'analisi pseudo-statica della capacità portante, secondo il metodo proposto da Paolucci e Pecker (1995), di seguito brevemente descritto.

È stato utilizzato l'Approccio 1 - combinazione 2 (SISMA+M2+R2)

## METODO DI BRINCH-HANSEN (1970) - (Condizioni Statiche)

Il calcolo della capacità portante limite in condizioni statiche viene eseguito tramite la relazione proposta da Brinch-Hansen (1970), che costituisce un'estensione dell'equazione di Buisman (1935) e Terzaghi (1935), ottenuta dalla sovrapposizione di soluzioni relative a casi particolari:

$$Q_{LIM} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot r_{\gamma} \cdot g_{\gamma} + c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q$$

Nel caso di fondazioni su terreni coesivi, in condizioni non drenate conduce alla:

$$Q_{LIM} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot g_q$$

dove:

$N_c$ :  $(2+\pi)$

$N_q$ : 1

$c_u$ : coesione non drenata;

Nel caso di fondazioni su terreni incoerenti, si ha:

$$Q_{LIM} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot r_{\gamma} \cdot g_{\gamma} + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q$$

dove:

$$N_q: e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_{\gamma}: 1.5(N_q - 1) \cdot \tan \phi$$

I rimanenti parametri assumono le espressioni di seguito riportate:

$\gamma'$ : peso di volume del terreno al di sotto del piano di fondazione;

$q$ : sovraccarico dovuto alla profondità del piano di posa della fondazione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

$$r_{\gamma} = 1 - 0.25 \log\left(\frac{B}{2}\right).$$

### Fattori di forma

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L}\right) \text{sen} \varphi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_q = 1 + \text{sen} \varphi' \quad \text{per forma quadrata o circolare}$$

$$s_{\gamma} = 1 - 0.3 \left(\frac{B'}{L}\right) \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_{\gamma} = 0.7 \quad \text{per forma quadrata o circolare}$$

$$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare}$$

### Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio)

$$g_c' = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_{\gamma} = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$$

### Fattori di inclinazione del carico

$$i_q = i_{\gamma} = 1 - H / (V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi')$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

$$i_q = \left[ 1 - 0.7H / (V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi') \right]^3$$

$$i_y = \left[ 1 - H / (V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi') \right]^3$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$$

### Fattori di profondità

$$d'_c = 0.4k$$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi) k$$

$$d_y = 1 \quad \text{per qualsiasi } j$$

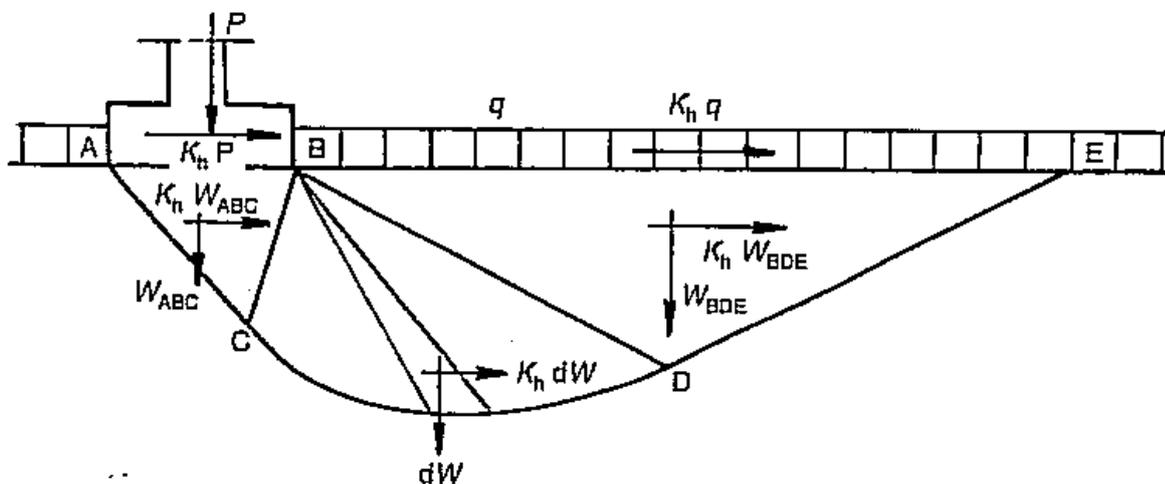
$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \tan^{-1} \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} > 1$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

### METODO DI PAOLUCCI E PECKER (1997) - (Condizioni Sismiche)

Il metodo modifica la formula trinomia generale di capacità portante tenendo conto degli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione della capacità portante con l'introduzione dei fattori correttivi di seguito esposti.



$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} z_{\gamma} + c N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q$$

$$z_c = 1 - 0,32k_h$$

$$z_q = z_{\gamma} = \left( 1 - \frac{k_h}{\text{tg}\varphi} \right)^{0,35}$$

I valori dei coefficienti di spinta orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  sono stati ricavati da un modulo interno al codice di calcolo (assimilandoli, come espresso nelle NTC 2008 ai valori utilizzati per la stabilità dei pendii (cfr. punto 7.11.3.5.2).

Classe d'uso: IV

Categoria suolo: C

Categoria topografica: T1

si è ottenuto:

$a_{max}$ : 0.458

$k_h$ : 0.128

$k_v$ : 0.064.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 5.1.2.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO (VERIFICHE SLE)

La pressione massima e minima applicata sul terreno è stata determinata in base al metodo del trapezio delle tensioni (formula di Navier):

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{BL} \cdot \left( 1 + \frac{6e}{L} \right)$$

$$\sigma_{\min} = \frac{N}{BL} \cdot \left( 1 - \frac{6e}{L} \right)$$

dove:

- N: forza verticale applicata
- B,L: dimensioni in pianta della fondazione
- e: eccentricità del carico.

La verifica del cedimento è stata eseguita per la combinazione SLE che fornisce il valore di pressione applicata maggiore.

Nel calcolo dei cedimenti il software tiene in conto lo schema di fondazione compensata, andando ad applicare sul piano di posa il carico netto.

E' stata considerata una profondità massima di riferimento per il calcolo dei cedimenti pari a quella per cui l'incremento di tensione risulta di circa il 10% di quella applicata.

I cedimenti sono stati valutati secondo i metodi descritti brevemente di seguito. In particolare, i cedimenti sono stati valutati secondo il metodo edometrico per i terreni coesivi e secondo il metodo di Schmertmann (1970) per quelli incoerenti.

#### Metodo edometrico (terreni coesivi)

L' espressione del cedimento edometrico è dato da:

$$w_{ed} = \sum_i \frac{\Delta\sigma'_{v,i}}{E_{ed,i}} \cdot \Delta Z_i ,$$

dove:

- $\Delta\sigma'_{v,i}$ : incremento della tensione dovuta al sovraccarico (netto) in corrispondenza della mezzeria dello strato argilloso i-esimo considerato;
- $E_{ed,i}$ : modulo edometrico dello strato argilloso i-esimo considerato;
- $\Delta Z_i$ : spessore dello strato argilloso i-esimo considerato.

L'incremento della tensione dovuta al sovraccarico netto per aree rettangolari soggette a carico

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

uniformemente distribuito è stata valutata secondo la teoria di Boussinesq.

### Metodo di Schmertmann (terreni granulari)

Il cedimento si esprime attraverso la seguente espressione:

$$w = C_1 \cdot C_2 \cdot \Delta q \cdot \sum \frac{I_z \cdot \Delta z}{E}$$

nella quale:

$\Delta q$ : rappresenta il carico netto applicato alla fondazione;

$I_z$ : è un fattore di deformazione il cui valore è nullo a profondità di 2B, per fondazione circolare o quadrata, e a profondità 4B, per fondazione nastriforme.

Il valore massimo di  $I_z$  si verifica a una profondità rispettivamente pari a:

- B/2 per fondazione circolare o quadrata
- B per fondazioni nastriformi

e vale:

$$I_{z \max} = 0.5 + 0.1 \cdot \left( \frac{\Delta q}{\sigma'_{vi}} \right)^{0.5}$$

dove  $\sigma'_{vi}$  rappresenta la tensione verticale efficace a profondità B/2 per fondazioni quadrate o circolari, e a profondità B per fondazioni nastriformi.

$E_i$ : rappresenta il modulo di deformabilità del terreno in corrispondenza dello strato i-esimo considerato nel calcolo;

$\Delta z_i$ : rappresenta lo spessore dello strato i-esimo;

$C_1$  e  $C_2$ : sono due coefficienti correttivi.

Le espressioni dei due coefficienti  $C_1$  e  $C_2$  sono:

$$C_1 = 1 - 0.5 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{\Delta q} > 0.5$$

che tiene conto della profondità del piano di posa.

$$C_2 = 1 + 0.2 \cdot \log \frac{t}{0.1}$$

che tiene conto delle deformazioni differite nel tempo per effetto secondario.

Nell'espressione  $t$  rappresenta il tempo, espresso in anni dopo il termine della costruzione, in corrispondenza del quale si calcola il cedimento.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 5.1.3 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

#### VERIFICHE SLU – CARICO LIMITE (condizioni statiche)

##### APPROCCIO 1 – COMBINAZIONE 1

Si riportano nella tabella successiva i risultati ottenuti.

Comb.	Verifica	Carico limite ultimo	Resistenza di progetto	Tensione	Fattore sicurezza	Condizione di verifica
		Qd	Rd	Ed		Ed<Rd
		[kPa]	[kPa]	[kPa]		
1	A1+M1+R1	2322.91	2322.91	299.10	7.77	Verificata
2	A1+M1+R1	2322.91	2322.91	299.10	7.77	Verificata
3	A1+M1+R1	2288.95	2288.95	292.89	7.81	Verificata
4	A1+M1+R1	2288.95	2288.95	292.89	7.81	Verificata
5	A1+M1+R1	2234.06	2234.06	286.42	7.80	Verificata
6	A1+M1+R1	2234.06	2234.06	286.42	7.80	Verificata
7	A1+M1+R1	2206.92	2206.92	281.76	7.83	Verificata
8	A1+M1+R1	2206.92	2206.92	281.76	7.83	Verificata
9	A1+M1+R1	2397.01	2397.01	275.43	8.70	Verificata
10	A1+M1+R1	2397.01	2397.01	275.43	8.70	Verificata
11	A1+M1+R1	2371.44	2371.44	270.78	8.76	Verificata
12	A1+M1+R1	2371.44	2371.44	270.78	8.76	Verificata

##### APPROCCIO 1 – COMBINAZIONE 2

Si riportano nella tabella successiva i risultati ottenuti.

Comb.	Verifica	Carico limite ultimo	Resistenza di progetto	Tensione	Fattore sicurezza	Condizione di verifica
		Qd	Rd	Ed		Ed<Rd
		[kPa]	[kPa]	[kPa]		
25	A2+M2+R2	1261.17	700.65	242.82	5.19	Verificata
26	A2+M2+R2	1261.17	700.65	242.82	5.19	Verificata
27	A2+M2+R2	1232.38	684.65	237.54	5.19	Verificata
28	A2+M2+R2	1232.38	684.65	237.54	5.19	Verificata
29	A2+M2+R2	1241.21	689.56	228.64	5.43	Verificata

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0

30	A2+M2+R2	1241.21	689.56	228.64	5.43	Verificata
31	A2+M2+R2	1218.72	677.07	224.68	5.42	Verificata
32	A2+M2+R2	1218.72	677.07	224.68	5.42	Verificata
33	A2+M2+R2	1319.82	733.23	219.28	6.02	Verificata
34	A2+M2+R2	1319.82	733.23	219.28	6.02	Verificata
35	A2+M2+R2	1298.10	721.17	215.32	6.03	Verificata
36	A2+M2+R2	1298.10	721.17	215.32	6.03	Verificata

### VERIFICHE SLU – CARICO LIMITE (condizioni sismiche)

#### APPROCCIO 1 – COMBINAZIONE 2

Si riportano nella tabella successiva i risultati ottenuti.

Comb.	Verifica	Carico limite ultimo	Resistenza di progetto	Tensione	Fattore sicurezza	Condizione di verifica
		Qd	Rd	Ed		Ed<Rd
		[kPa]	[kPa]	[kPa]		
37	SISMA+M2+R2	903.02	501.68	227.10	3.98	Verificata
38	SISMA+M2+R2	917.82	509.90	221.34	4.15	Verificata
39	SISMA+M2+R2	1017.43	565.24	217.55	4.68	Verificata
40	SISMA+M2+R2	1002.97	557.20	222.55	4.51	Verificata
41	SISMA+M2+R2	2420.46	1344.70	207.89	11.64	Verificata
42	SISMA+M2+R2	2450.65	1361.47	203.35	12.05	Verificata
43	SISMA+M2+R2	2426.39	1347.99	226.95	10.69	Verificata
44	SISMA+M2+R2	2448.25	1360.14	221.93	11.03	Verificata
45	SISMA+M2+R2	2389.20	1327.33	249.46	9.58	Verificata
46	SISMA+M2+R2	2394.00	1330.00	255.18	9.38	Verificata
47	SISMA+M2+R2	2475.35	1375.20	240.68	10.28	Verificata
48	SISMA+M2+R2	2472.28	1373.49	246.26	10.04	Verificata

### VERIFICHE SLE (cedimenti)

Si riportano nella tabella successiva i valori di pressione massima e minima calcolati secondo la formula di Navier per le combinazioni SLE.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	COMBIN.	$\sigma_{x,max}$	$\sigma_{x,min}$	$\sigma_{y,max}$	$\sigma_{y,min}$
		[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
<b>SLE-RARE</b>	1	138.53	123.96	213.34	49.15
	2	138.53	123.96	213.34	49.15
	3	137.94	118.09	206.10	49.92
	4	137.94	118.09	206.10	49.92
	5	131.67	122.10	206.45	47.32
	6	131.67	122.10	206.45	47.32
	7	131.23	117.69	201.02	47.90
	8	131.23	117.69	201.02	47.90
	9	130.40	124.01	199.90	54.51
	10	130.40	124.01	199.90	54.51
	11	129.96	119.60	194.47	55.09
	12	129.96	119.60	194.47	55.09
	13	131.99	122.42	199.90	54.51
	14	131.55	118.01	194.47	55.09
	15	131.99	122.42	199.90	54.51
	16	131.55	118.01	194.47	55.09
	17	130.93	123.48	200.48	53.93
	18	130.93	123.48	200.48	53.93
	19	130.49	119.07	195.05	54.51
	20	130.49	119.07	195.05	54.51
<b>SLE-FREQUENTI</b>	21	133.58	120.83	199.03	55.38
	22	133.58	120.83	199.03	55.38
	23	133.14	116.43	193.60	55.97
	24	133.14	116.43	193.60	55.97
	25	113.96	116.20	158.69	71.48
	26	113.96	116.20	158.69	71.48
	27	113.96	116.20	158.69	71.48
	28	113.96	116.20	158.69	71.48
	29	113.43	116.73	158.98	71.18
	30	113.43	116.73	158.98	71.18
<b>SLE-Q.PE RM.</b>	31	113.96	116.20	158.69	71.48
	32	113.96	116.20	158.69	71.48

Il valore massimo risulta essere di 213.34 kPa (Comb. 1 e 2 – SLE).

I cedimenti ottenuti sono di seguito riportati.

Al fine di schematizzare correttamente i cedimenti nel software di calcolo, è stata operata una suddivisione degli strati in unità litologiche di 2 m di spessore. I valori del modulo elastico derivano dalle espressioni precedentemente riportate (si sono utilizzati i valori minimi del range).

Si riassumono i risultati ottenuti nelle tabelle successivamente riportate.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

Strato	Z (m)	Metodo	Wt (cm)
2	3	Schmertmann	0.42
3	4.5	Schmertmann	0.28
4	6	Schmertmann	0.16
5	8	Schmertmann	0.21
6	10	Schmertmann	0.23
7	12	Schmertmann	0.15
8	14	Schmertmann	0.14
9	16	Schmertmann	0.12
10	18	Schmertmann	0.08
11	20	Schmertmann	0.07
12	22	Schmertmann	0.06
13	24	Schmertmann	0.05
14	26	Schmertmann	0.04
15	28	Schmertmann	0.02
16	30	Schmertmann	0.01
17	32	Schmertmann	-
18	34	Schmertmann	-
19	36	Schmertmann	-
			<b>2.04</b>

Tabella 5 – Valutazione cedimenti – Pressione applicata = max SLE

dove:

z: profondità media dello strato rispetto al piano campagna;

W<sub>t</sub>: cedimento.

 <b>Stretto di Messina</b>		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE GEOTECNICA	<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

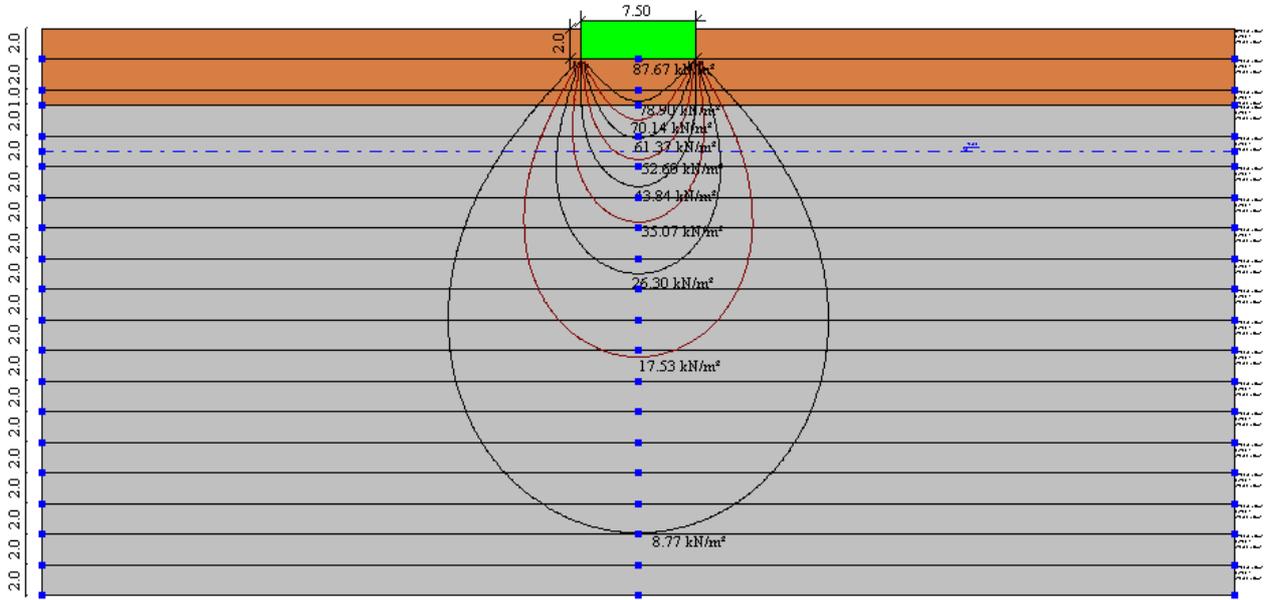


Figura 5 – Bulbi di pressione

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6 TABULATI SOFTWARE DI CALCOLO

### CALCOLO PORTANZA E CEDIMENTI DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

#### DATI GENERALI

=====	
Larghezza fondazione	7.5 m
Lunghezza fondazione	16.5 m
Profondità piano di posa	2.0 m
Altezza di incastro	2.0 m
Profondità falda	8.0
=====	

#### SISMA

=====	
Accelerazione massima (ag/g)	0.458
Coefficiente sismico orizzontale	0.128
Coefficiente sismico verticale	0.064
=====	

#### Coefficienti sismici [N.T.C.]

##### Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	38.19
Longitudine:	15.56
Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	200.0 [anni]

##### Parametri sismici su sito di riferimento

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

## STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH (m)	Gam (kN/m <sup>3</sup> )	Gams (kN/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m <sup>2</sup> )	c Corr. (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Ey (kN/m <sup>2</sup> )	Ed (kN/m <sup>2</sup> )	Cv (cmq/s)	Cs
2.0	17.3	17.3	38.0	38	0.0	0.0	0.0	20000.0	0.0	0.0	0.0
2.0	17.3	17.3	38.0	38	0.0	0.0	0.0	20000.0	0.0	0.0	0.0
1.0	17.3	17.3	38.0	38	0.0	0.0	0.0	20000.0	0.0	0.0	0.0
2.0	21.0	21.0	38.0	38	0.0	0.0	0.0	85000.0	0.0	0.0	0.0
2.0	21.0	21.0	38.0	38	0.0	0.0	0.0	85000.0	0.0	0.006	0.002
2.0	21.0	21.0	38.0	38	0.0	0.0	0.0	85000.0	0.0	0.0	0.0
2.0	21.0	21.0	38.0	38	0.0	0.0	0.0	120000.0	0.0	0.0	0.0
2.0	21.0	21.0	38.0	38	0.0	0.0	0.0	120000.0	0.0	0.0	0.0
2.0	21.0	21.0	38.0	38	0.0	0.0	0.0	120000.0	0.0	0.0	0.0
2.0	21.0	21.0	38.0	38	0.0	0.0	0.0	150000.0	0.0	0.0	0.0
2.0	21.0	21.0	38.0	38	0.0	0.0	0.0	150000.0	0.0	0.0	0.0
2.0	21.0	21.0	38.0	38	0.0	0.0	0.0	150000.0	0.0	0.0	0.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0

2.0	21.0	21.0	38.0	38	0.0	0.0	0.0	150000.0	0.0	0.0	0.0
2.0	21.0	21.0	38.0	38	0.0	0.0	0.0	150000.0	0.0	0.0	0.0
2.0	21.0	21.0	38.0	38	0.0	0.0	0.0	150000.0	0.0	0.0	0.0
2.0	21.0	21.0	38.0	38	0.0	0.0	0.0	150000.0	0.0	0.0	0.0
2.0	21.0	21.0	38.0	38	0.0	0.0	0.0	150000.0	0.0	0.0	0.0
2.0	21.0	21.0	38.0	38	0.0	0.0	0.0	150000.0	0.0	0.0	0.0
2.0	21.0	21.0	38.0	38	0.0	0.0	0.0	150000.0	0.0	0.0	0.0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazioni	Pressione normale di progetto (kN/m <sup>2</sup> )	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN)·m	Hx (kN)	Hy (kN)	Tipo
1	A1+M1+R1	0.00	22001.24	3265.14	17281.10	4551.76	180.00	Progetto
2	A1+M1+R1	0.00	22001.24	3265.14	17281.10	4551.76	180.00	Progetto
3	A1+M1+R1	0.00	21461.24	4480.14	16444.10	4551.76	180.00	Progetto
4	A1+M1+R1	0.00	21461.24	4480.14	16444.10	4551.76	180.00	Progetto
5	A1+M1+R1	0.00	21272.24	2117.64	16752.24	4634.36	180.00	Progetto
6	A1+M1+R1	0.00	21272.24	2117.64	16752.24	4634.36	180.00	Progetto
7	A1+M1+R1	0.00	20867.24	3028.89	16124.49	4634.36	180.00	Progetto
8	A1+M1+R1	0.00	20867.24	3028.89	16124.49	4634.36	180.00	Progetto
9	A1+M1+R1	0.00	21326.24	1388.64	15317.19	4296.86	342.00	Progetto
10	A1+M1+R1	0.00	21326.24	1388.64	15317.19	4296.86	342.00	Progetto
11	A1+M1+R1	0.00	20921.24	2299.89	14689.44	4296.86	342.00	Progetto

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0

12	A1+M1+R1	0.00	20921.24	2299.89	14689.44	4296.86	342.00	Progetto
----	----------	------	----------	---------	----------	---------	--------	----------

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	1	1.1
2	No	1	1	1	1	1	1	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1.1
4	No	1	1	1	1	1	1	1.1
5	No	1	1	1	1	1	1	1.1
6	No	1	1	1	1	1	1	1.1
7	No	1	1	1	1	1	1	1.1
8	No	1	1	1	1	1	1	1.1
9	No	1	1	1	1	1	1	1.1
10	No	1	1	1	1	1	1	1.1
11	No	1	1	1	1	1	1	1.1
12	No	1	1	1	1	1	1	1.1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R1

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite 2206.92 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto[Rd] 2206.92 kN/m<sup>2</sup>  
Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 88276.61 kN/m<sup>3</sup>

**A1+M1+R1**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

=====

Fattore [Nq]	48.93
Fattore [Nc]	61.35
Fattore [Ng]	56.17
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.57
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.58
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.46
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	2322.91 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	2322.91 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**A1+M1+R1**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

=====

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

Fattore [Nq]	48.93
Fattore [Nc]	61.35
Fattore [Ng]	56.17
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.57
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.58
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.46
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	2322.91 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	2322.91 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**A1+M1+R1**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	48.93
--------------	-------

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fattore [Nc]	61.35
Fattore [Ng]	56.17
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.56
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.57
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.45
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	2288.95 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	2288.95 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**A1+M1+R1**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	48.93
Fattore [Nc]	61.35

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fattore [Ng]	56.17
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.56
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.57
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.45
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	2288.95 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	2288.95 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**A1+M1+R1**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	48.93
Fattore [Nc]	61.35
Fattore [Ng]	56.17

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.55
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.56
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.44
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	2234.06 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	2234.06 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**A1+M1+R1**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	48.93
Fattore [Nc]	61.35
Fattore [Ng]	56.17
Fattore forma [Sc]	1.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.55
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.56
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.44
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	2234.06 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	2234.06 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**A1+M1+R1**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	48.93
Fattore [Nc]	61.35
Fattore [Ng]	56.17
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.55
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.56
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ilg]	0.43
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	2206.92 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	2206.92 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**A1+M1+R1**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	48.93
Fattore [Nc]	61.35
Fattore [Ng]	56.17
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.55

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.56
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.43
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	2206.92 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	2206.92 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**A1+M1+R1**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	48.93
Fattore [Nc]	61.35
Fattore [Ng]	56.17
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.58
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.59
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.47
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	2397.01 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	2397.01 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**A1+M1+R1**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	48.93
Fattore [Nc]	61.35
Fattore [Ng]	56.17
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.58
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.59
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.47
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	2397.01 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	2397.01 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**A1+M1+R1**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	48.93
Fattore [Nc]	61.35
Fattore [Ng]	56.17
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.57
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

Fattore profondità [Dq]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.58
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.46
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	2371.44 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	2371.44 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**A1+M1+R1**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	48.93
Fattore [Nc]	61.35
Fattore [Ng]	56.17
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.57
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.06

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.58
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ilg]	0.46
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	2371.44 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	2371.44 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

## STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH	Gam	Gams	Fi	Fi Corr.	c	c Corr.	cu	Ey	Ed	Cv	Cs
(m)	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	(°)	(°)	(kN/m <sup>2</sup> )	(cmq/s)					
2.0	17.3	17.3	32.0	32	0.0	0.0	0.0	20000.0	0.0	0.0	0.0
2.0	17.3	17.3	32.0	32	0.0	0.0	0.0	20000.0	0.0	0.0	0.0



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0

	combinazioni	normale di progetto (kN/m <sup>2</sup> )	(kN)	(kN·m)	(kN)·m	(kN)	(kN)	
1	A2+M2+R2	0.00	17105.57	2826.63	14894.46	4177.55	156.00	Progetto
2	A2+M2+R2	0.00	17105.57	2826.63	14894.46	4177.55	156.00	Progetto
3	A2+M2+R2	0.00	16645.57	3861.63	14181.46	4177.55	156.00	Progetto
4	A2+M2+R2	0.00	16645.57	3861.63	14181.46	4177.55	156.00	Progetto
5	A2+M2+R2	0.00	16484.57	1849.13	13921.61	4102.81	156.00	Progetto
6	A2+M2+R2	0.00	16484.57	1849.13	13921.61	4102.81	156.00	Progetto
7	A2+M2+R2	0.00	16139.57	2625.38	13386.86	4102.81	156.00	Progetto
8	A2+M2+R2	0.00	16139.57	2625.38	13386.86	4102.81	156.00	Progetto
9	A2+M2+R2	0.00	16530.57	1228.13	12699.16	3815.31	294.00	Progetto
10	A2+M2+R2	0.00	16530.57	1228.13	12699.16	3815.31	294.00	Progetto
11	A2+M2+R2	0.00	16185.57	2004.38	12164.41	3815.31	294.00	Progetto
12	A2+M2+R2	0.00	16185.57	2004.38	12164.41	3815.31	294.00	Progetto

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	1.8	1.1
2	No	1	1	1	1	1	1.8	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1.8	1.1
4	No	1	1	1	1	1	1.8	1.1
5	No	1	1	1	1	1	1.8	1.1
6	No	1	1	1	1	1	1.8	1.1
7	No	1	1	1	1	1	1.8	1.1
8	No	1	1	1	1	1	1.8	1.1
9	No	1	1	1	1	1	1.8	1.1
10	No	1	1	1	1	1	1.8	1.1
11	No	1	1	1	1	1	1.8	1.1
12	No	1	1	1	1	1	1.8	1.1

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A2+M2+R2

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite	1218.72 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto[Rd]	677.07 kN/m <sup>2</sup>
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler	48748.95 kN/m <sup>3</sup>
---------------------	----------------------------

**A2+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.55
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.57
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.43
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

Fattore correzione sismico inerziale [zq]                      1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg]                      1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc]                      1.0

=====

Carico limite    1261.17 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto    700.65 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                                  Verificata

=====

**A2+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]    23.18

Fattore [Nc]    35.49

Fattore [Ng]    27.72

Fattore forma [Sc]    1.0

Fattore profondità [Dc]    1.11

Fattore inclinazione carichi [Ic]                                    0.55

Fattore inclinazione pendio [Gc]                                    1.0

Fattore inclinazione base [Bc]                                      1.0

Fattore forma [Sq]    1.0

Fattore profondità [Dq]    1.07

Fattore inclinazione carichi [Iq]                                    0.57

Fattore inclinazione pendio [Gq]                                    1.0

Fattore inclinazione base [Bq]                                      1.0

Fattore forma [Sg]    1.0

Fattore profondità [Dg]    1.0

Fattore inclinazione carichi [Ig]                                    0.43

Fattore inclinazione pendio [Gg]                                    1.0

Fattore inclinazione base [Bg]                                      1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq]                      1.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fattore correzione sismico inerziale [zg]                      1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc]                      1.0

=====

Carico limite    1261.17 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto    700.65 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                                      Verificata

=====

**A2+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]    23.18

Fattore [Nc]    35.49

Fattore [Ng]    27.72

Fattore forma [Sc]    1.0

Fattore profondità [Dc]    1.11

Fattore inclinazione carichi [Ic]    0.54

Fattore inclinazione pendio [Gc]    1.0

Fattore inclinazione base [Bc]    1.0

Fattore forma [Sq]    1.0

Fattore profondità [Dq]    1.07

Fattore inclinazione carichi [Iq]    0.56

Fattore inclinazione pendio [Gq]    1.0

Fattore inclinazione base [Bq]    1.0

Fattore forma [Sg]    1.0

Fattore profondità [Dg]    1.0

Fattore inclinazione carichi [Ig]    0.42

Fattore inclinazione pendio [Gg]    1.0

Fattore inclinazione base [Bg]    1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq]    1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg]    1.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fattore correzione sismico inerziale [zc]                      1.0

=====

Carico limite    1232.38 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto    684.65 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                                Verificata

=====

**A2+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]    23.18

Fattore [Nc]    35.49

Fattore [Ng]    27.72

Fattore forma [Sc]    1.0

Fattore profondità [Dc]    1.11

Fattore inclinazione carichi [Ic]                                    0.54

Fattore inclinazione pendio [Gc]                                    1.0

Fattore inclinazione base [Bc]                                      1.0

Fattore forma [Sq]    1.0

Fattore profondità [Dq]    1.07

Fattore inclinazione carichi [Iq]                                    0.56

Fattore inclinazione pendio [Gq]                                    1.0

Fattore inclinazione base [Bq]                                      1.0

Fattore forma [Sg]    1.0

Fattore profondità [Dg]    1.0

Fattore inclinazione carichi [Ig]                                    0.42

Fattore inclinazione pendio [Gg]                                    1.0

Fattore inclinazione base [Bg]                                      1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq]                        1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg]                        1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc]                        1.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

=====

Carico limite 1232.38 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 684.65 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

**A2+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq] 23.18

Fattore [Nc] 35.49

Fattore [Ng] 27.72

Fattore forma [Sc] 1.0

Fattore profondità [Dc] 1.11

Fattore inclinazione carichi [Ic] 0.54

Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0

Fattore inclinazione base [Bc] 1.0

Fattore forma [Sq] 1.0

Fattore profondità [Dq] 1.07

Fattore inclinazione carichi [Iq] 0.56

Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0

Fattore inclinazione base [Bq] 1.0

Fattore forma [Sg] 1.0

Fattore profondità [Dg] 1.0

Fattore inclinazione carichi [Ig] 0.42

Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0

Fattore inclinazione base [Bg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

=====

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

Carico limite 1241.21 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 689.56 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

**A2+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.54
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.56
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.42
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite 1241.21 kN/m<sup>2</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

Resistenza di progetto 689.56 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

**A2+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.54
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.56
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.41
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite 1218.72 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 677.07 kN/m<sup>2</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**A2+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.54
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.56
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.41
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	1218.72 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	677.07 kN/m <sup>2</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**A2+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.57
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.59
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.46
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	1319.82 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	733.23 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

=====

**A2+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.57
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.59
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.46
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	1319.82 kN/m <sup>2</sup>
---------------	---------------------------

Resistenza di progetto	733.23 kN/m <sup>2</sup>
------------------------	--------------------------

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

=====

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

**A2+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.56
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.58
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.45
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	1298.1 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	721.17 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**A2+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.56
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.58
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.45
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	1298.1 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	721.17 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazioni	Pressione normale di progetto (kN/m <sup>2</sup> )	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN)·m	Hx (kN)	Hy (kN)	Tipo
1	SISMA+M2+ R2	0.00	13557.43	-5612.58	25019.34	4282.12	1918.46	Progetto
2	SISMA+M2+ R2	0.00	13557.43	3973.84	24749.34	4222.12	-1718.46	Progetto
3	SISMA+M2+ R2	0.00	14925.89	3949.83	23912.13	4222.12	-1718.46	Progetto
4	SISMA+M2+ R2	0.00	14925.89	-5636.59	24182.13	4282.12	1918.46	Progetto
5	SISMA+M2+ R2	0.00	11960.89	-5269.58	14811.93	39.04	1848.46	Progetto
6	SISMA+M2+ R2	0.00	11960.89	4316.84	14541.93	-20.96	-1788.46	Progetto
7	SISMA+M2+ R2	0.00	16522.43	-5349.59	12021.22	39.04	1848.46	Progetto
8	SISMA+M2+ R2	0.00	16522.43	4236.83	11751.22	-20.96	-1788.46	Progetto
9	SISMA+M2+ R2	0.00	13557.43	-16481.74	14150.18	109.04	6091.55	Progetto
10	SISMA+M2+ R2	0.00	14925.89	-16505.74	13312.97	109.04	6091.55	Progetto
11	SISMA+M2+ R2	0.00	13557.43	15472.99	13250.18	-90.96	-6031.55	Progetto
12	SISMA+M2+ R2	0.00	14925.89	15448.99	12412.97	-90.96	-6031.55	Progetto

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Ca pacità portante orizzontale
1	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
3	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
4	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
5	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
6	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
7	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
8	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
9	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
10	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
11	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
12	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1

#### CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...SISMA+M2+R2

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite 903.02 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto[Rd] 501.68 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

#### COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 36120.79 kN/m<sup>3</sup>

#### SISMA+M2+R2

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq] 23.18

Fattore [Nc] 35.49

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.45
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.47
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.32
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

=====

Carico limite	903.02 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	501.68 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**SISMA+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.45
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.48
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.33
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

=====

Carico limite	917.82 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	509.9 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**SISMA+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.49
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.52
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.37
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

=====

Carico limite	1017.43 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	565.24 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**SISMA+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.49
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.51
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.36
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

=====

Carico limite	1002.97 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	557.2 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**SISMA+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.99

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.99
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.99
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

=====

Carico limite	2420.46 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	1344.7 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**SISMA+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.01
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

=====

Carico limite	2450.65 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	1361.47 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**SISMA+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.99
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0.99
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

=====

Carico limite	2426.39 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	1347.99 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**SISMA+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

=====

Carico limite	2448.25 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	1360.14 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**SISMA+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.98
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.98
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ilg]	0.98
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

=====

Carico limite	2389.2 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	1327.33 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**SISMA+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0.98
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0.98

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_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						

Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [lg]	0.98
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

=====

Carico limite	2394.0 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	1330.0 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**SISMA+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [lc]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [lq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [lg]	1.02
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

=====

Carico limite	2475.35 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	1375.2 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

**SISMA+M2+R2**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	27.72
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [lc]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [lq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [lg]	1.02
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

=====

Carico limite	2472.28 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	1373.49 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]                      Verificata

=====

#### CEDIMENTI PER OGNI STRATO

**\*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi**

Pressione normale di progetto	213.34 kN/m <sup>2</sup>
Cedimento totale	2.04 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento di consolidazione; Ws: Cedimento secondario (deformazioni viscosi); Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m <sup>2</sup> )	Dp (kN/m <sup>2</sup> )	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	3	0	0	Schmertmann	0.42	--	0.42
3	4.5	0	0	Schmertmann	0.28	--	0.28

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0807_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4	6	0	0	Schmertmann	0.16	--	0.16
5	8	0	0	Schmertmann	0.21	--	0.21
6	10	0	0	Schmertmann	0.23	--	0.23
7	12	0	0	Schmertmann	0.15	--	0.15
8	14	0	0	Schmertmann	0.14	--	0.14
9	16	0	0	Schmertmann	0.12	--	0.12
10	18	0	0	Schmertmann	0.08	--	0.08
11	20	0	0	Schmertmann	0.07	--	0.07
12	22	0	0	Schmertmann	0.06	--	0.06
13	24	0	0	Schmertmann	0.05	--	0.05
14	26	0	0	Schmertmann	0.04	--	0.04
15	28	0	0	Schmertmann	0.02	--	0.02
16	30	0	0	Schmertmann	0.01	--	0.01
17	32	0	0	Schmertmann	0	--	0
18	34	0	0	Schmertmann	0	--	0
19	36	0	0	Schmertmann	0	--	0