



# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

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

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

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

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI SICILIA	SS0728_F0
<i>Tipo di sistema</i>	INFRASTRUTTURE STRADALI - OPERE CIVILI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	SVINCOLO CURCURACI	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	PONTE - RAMPA 5	
<i>Titolo del documento</i>	RELAZIONE GEOTECNICA	

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	R	B	D	S	S	C	C	5	V	I	R	5	0	0	0	0	0	1	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

INDICE .....	3
PREMESSA.....	5
1 RIFERIMENTI NORMATIVI .....	5
2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	6
3 CARATTERISTICHE MATERIALI.....	7
3.1 Calcestruzzi (Secondo UNI 11104 - 2004).....	7
3.2 Acciaio per armature di conglomerato cementizio armato (Secondo NTC 2008 – D.M. 14/01/2008) .....	8
4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	9
4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA.....	9
4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO.....	11
4.2.1 Descrizione delle litologie .....	11
4.2.2 Indagini previste .....	11
4.2.3 Caratterizzazione geotecnica.....	12
4.2.4 Parametri principali assunti.....	34
4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO .....	35
4.3.1 Vita nominale.....	35
4.3.2 Classe d'uso .....	35
4.3.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica.....	35
4.3.4 Parametri di progetto .....	36
4.3.5 Classificazione sismica del terreno .....	37
4.3.6 Spettro di risposta elastico in accelerazione .....	38
4.3.7 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali.....	38
4.3.8 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali.....	40
4.3.9 Spettro di progetto .....	41
5 ANALISI DELLE FONDAZIONI .....	42
5.1 ANALISI DEL SISTEMA FONDAZIONALE DELLE SPALLE .....	42
5.1.1 ANALISI DEI CARICHI .....	42
5.1.2 MODELLO DI CALCOLO.....	48
5.1.2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO .....	48
5.1.2.2 VERIFICHE APPROCCIO 1 – COMBINAZIONE 1 .....	59

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.1.2.3	VERIFICHE APPROCCIO 1 – COMBINAZIONE 2 .....	75
5.1.2.4	VERIFICHE SLE - CEDIMENTI .....	93
5.1.2.5	VALUTAZIONE DEI RISULTATI .....	109

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## PREMESSA

La presente relazione tratta il ponte rampa 5 facente parte dello svincolo denominato Curcuraci definito nel comprensorio dei collegamenti lato Sicilia del ponte sullo stretto di Messina ed inteso intrinsecamente come opera di scavalco dell'omonima fiumara

### 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
- Norma UNI EN 206-1 : 2006 "Calcestruzzo. Parte 1 : specificazione, prestazione, produzione e conformità"
- Norma UNI EN 206-1 : 2006 "Calcestruzzo. Parte 1 : specificazione, prestazione, produzione e conformità"

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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.
- [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> SS0728_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						

### 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	$E_c = 31.476 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2$
resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = 33,00 \text{ N/mm}^2$
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$
resistenza a trazione ( valore medio )	$f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 1,79 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a trazione per flessione	$f_{ctk} = 2,15 \text{ N/mm}^2$
tensione a SLE – combinazione rara	$\sigma_C = 14,94 \text{ N/mm}^2$
tensione a SLE – combinazione quasi permanente	$\sigma_C = 11,20 \text{ N/mm}^2$
copriferro	$C = 40 \text{ mm}$
classe di esposizione	XC2
classe di consistenza slump	S4
max dimensione aggregati	$D_{max} = 32 \text{ mm}$
rapporto A/C massimo	0,50

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> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

### 4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

La presente relazione di calcolo tratta le sottostrutture costituenti il ponte rampa 5 facente parte dello svincolo Curcuraci ed inteso intrinsecamente come opera di scavalco dell'omonima fiumara. Da un inquadramento infrastrutturale dell'opera è possibile desumerne la strutturazione fondamentale utilizzata nel corso delle analisi.

L'impalcato è caratterizzato da un asse non rettilineo, con sviluppo longitudinale tra gli appoggi pari a 24,65 m, e da una larghezza trasversale totale variabile da circa 14,25 a 14,90 m. Nel particolare l'estensione trasversale del suddetto impalcato, può essere ripartita in circa 10,50 m di superficie bitumata, 0,80 m di cordolo sinistro ed un cordolo destro variabile tra gli 0,80 e i 3,59 m. Trasversalmente la carreggiata presenta una pendenza variabile con un massimo di circa il 7%.

Da un punto di vista prettamente strutturale, l'impalcato del ponte oggetto di studio, è realizzato attraverso travi accostate in c.a.p.

Nell'ambito dell'esecuzione delle analisi strutturali, atte a fornire le sollecitazioni di progetto agenti sulle sottostrutture, viene utilizzato uno schema statico di trave semplicemente appoggiata, dotata di un'opportuna obliquità tra l'asse stradale e quello della spalle.

Le spalle afferenti a tale opera ed oggetto di studio del seguente elaborato, sono caratterizzate dalla presenza su entrambe di appoggi realizzati attraverso opportuni isolatori elastomerici. Esse nel particolare risultano realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera. Geometricamente presentano ambedue un muro frontale di spessore pari a 3,00 m. In sommità al muro frontale è situato il muro paraghiaia di spessore costante pari a 0,50 m largo quanto il muro stesso e di altezza pari a circa 1,20 m, collegato ai due muretti laterali di larghezza pari a 0,80 m. Entrambe le spalle presentano una platea di fondazione con base a parallelogramma, di dimensioni pari a 12,35 x 21,28 m e spessore 2,50 m, corrispondenti a fondazioni di tipo diretto.

Ai lati delle spalle classiche sono presenti muri andatori posti in prosecuzione del muro frontale aventi lo scopo di sostenere il terreno del rilevato in protezione della fiumara esistente.

Nel seguito si riporta la pianta dell'opera.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE GEOTECNICA	<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

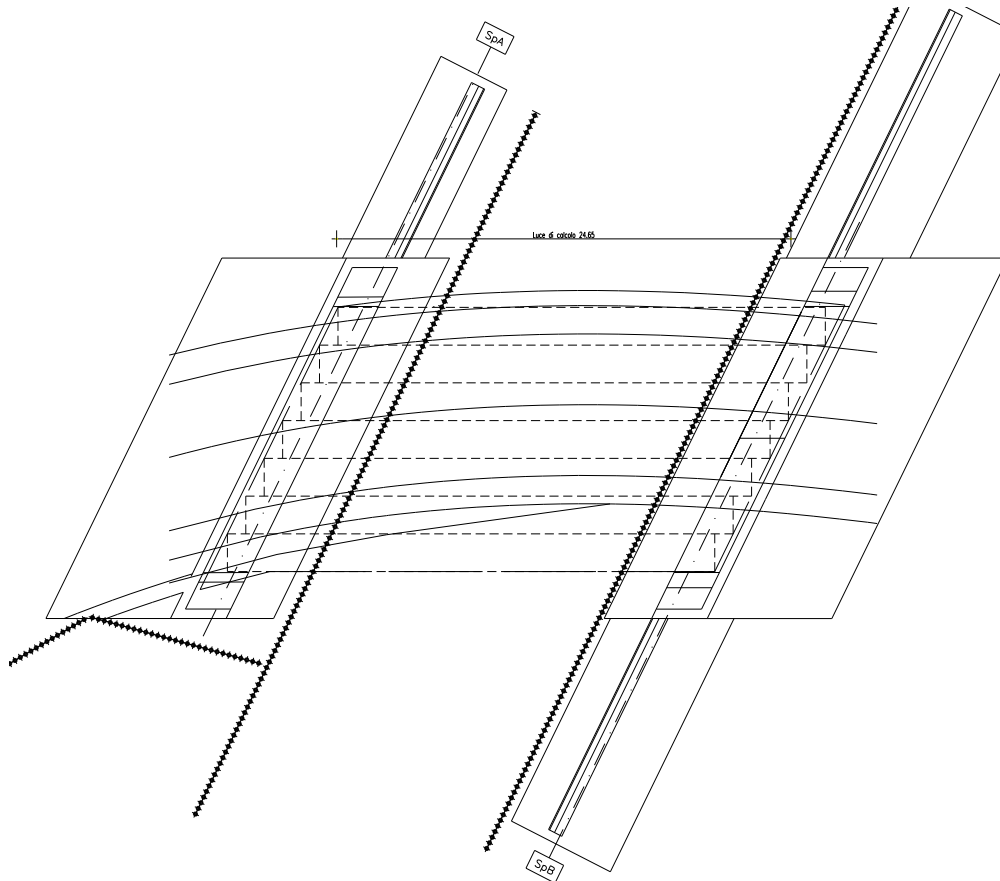


Figura 4.1 – Planimetria ponte rampa 5.

L'impalcato ha le seguenti caratteristiche geometriche:

- |                                    |         |
|------------------------------------|---------|
| • Luce di calcolo                  | 24,65 m |
| • Numero travi                     | 7       |
| • Lunghezza totale                 | 25,65 m |
| • Larghezza impalcato (media)      | 14,50 m |
| • Larghezza carreggiata (media)    | 10,50 m |
| • Larghezza cordolo sinistro       | 0,80 m  |
| • Larghezza cordolo destro (medio) | 2,50 m  |

Figura 4.1 – Planimetria ponte rampa 5.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

### 4.2.1 Descrizione delle litologie

Le litologie presenti sono Sabbie e Ghiaie di Messina e Depositi alluvionali.

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

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

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

I Depositi 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 falda non risulta interferente con le opere.

### 4.2.2 Indagini previste

Data l'esiguità delle prove localmente presenti (S417, S418, SPPS03), si è scelto di tenere conto anche dei sondaggi della tratta che va dal Km 5+400 al Km 5+900 circa.

I sondaggi di riferimento per la presente tratta sono SPPS02 e SPPS03 (campagna del 2002), S415, S416, S417 e S418 (campagna del 2010).

La categoria di suolo sismico, secondo N.T.C: 2008, risulta pari a **B** (sondaggio S417, S418).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

- Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche (sondaggio S417)
- Prove granulometriche (sondaggi S417, SPPS02 e SPPS03)
- Prove SPT (sondaggi S417, S418, SPPS02, SPPS03)
- 1 prova Cross Hole (sondaggio S418)
- 1 prova Down hole (sondaggio SPPS02)
- 5 prove pressiometriche (sondaggi S417, S418)
- 4 prove Le Franc (sondaggi S417 e S418)

#### 4.2.3 Caratterizzazione geotecnica

Per i criteri e per gli aspetti generali di caratterizzazione si rimanda a quanto riportato nella relazione Elab. CG0800PRBDSSBC8G00000001B. Per la definizione delle categorie di suolo si rimanda al medesimo elaborato ed alla relazione sismica di riferimento.

<b>Stratigrafia media</b>	<b>prof. (m)</b>	<b><math>\gamma</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b><math>\phi'</math> (°)</b>	<b><math>c'</math> (Kpa)</b>	<b><math>E'^*</math> (MPa)</b>	<b>K (m/s)</b>
Depositi alluvionali recenti	0 – 6	17-20	38-40	0	30 ÷ 70 / 40 ÷ 100 (0-10m)	10 <sup>-4</sup>
Sabbie e Ghiaie di Messina	>6	18-19	38-40	0	$E' = (15-36) z^{0.62}$	10 <sup>-4</sup> -10 <sup>-6</sup>
<b>Falda</b>	ASSENTE					

\*  $E'$  = 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.

#### Sabbie e Ghiaie di Messina

Con riferimento al fuso medio (19 prove granulometriche) si ha che:  $d_{50}=0.8\text{mm}$ ,  $d_{60}=2\text{mm}$  e  $d_{10}=0.015\text{mm}$ . le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo sono rispettivamente di 38%, 47%, 12%.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- **Dr:** I valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con il fattore correttivo  $C_{sg}=0.75$  corrispondente al  $d50=0.8mm$ ;
- **$e_o$ :** a partire dal  $d50$  stimato si ottiene di  $e_{max}-e_{min}$  pari a 0.305, non dissimile dai valori reperibili in letteratura ( $0.17 < e_{max}-e_{min} < 0.29$ ). Stimando per  $e_{max}$  un valore pari a 0.8 a partire dai valori di  $Dr$  è stato possibile determinare i valori di  $e_o$  in sito;
- $\gamma_d$  : in base a tali valori di  $e_o$  e da  $\gamma_s$  si può stimare  $\gamma_d = 18-19KN/m^3$ ;
- **$K_0$ :** si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di “aging”.

I primi 15 m sembrerebbero maggiormente addensati soprattutto nella porzione sabbio-ghiaiosa.

**Per i parametri di resistenza si ha:**

z(m)	Dr(%) Sabbie e ghiaie	$\phi'_p$ (pff=0-272KPa) (°)	$\phi'_{cv}$ (°)	$K_0$
<b>5-15</b>	<b>60-80</b>	<b>41-42</b>	<b>33-35</b>	<b>0.4-0.45</b>
<b>&gt;15</b>	<b>50-60</b>	<b>39-40</b>	<b>33-35</b>	<b>0.45</b>

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

Per i parametri di deformabilità si ha localmente a disposizione la prova sismica S418 in cui si evidenzia una buona correlazione fra le velocità misurate e quelle calcolate con le correlazioni da prove SPT.



L'espressione ottenuta in base alle correlazioni dalle prove SPT della tratta per il modulo  $G_0$  :

$$G_0 = 45 z^{0.62}$$

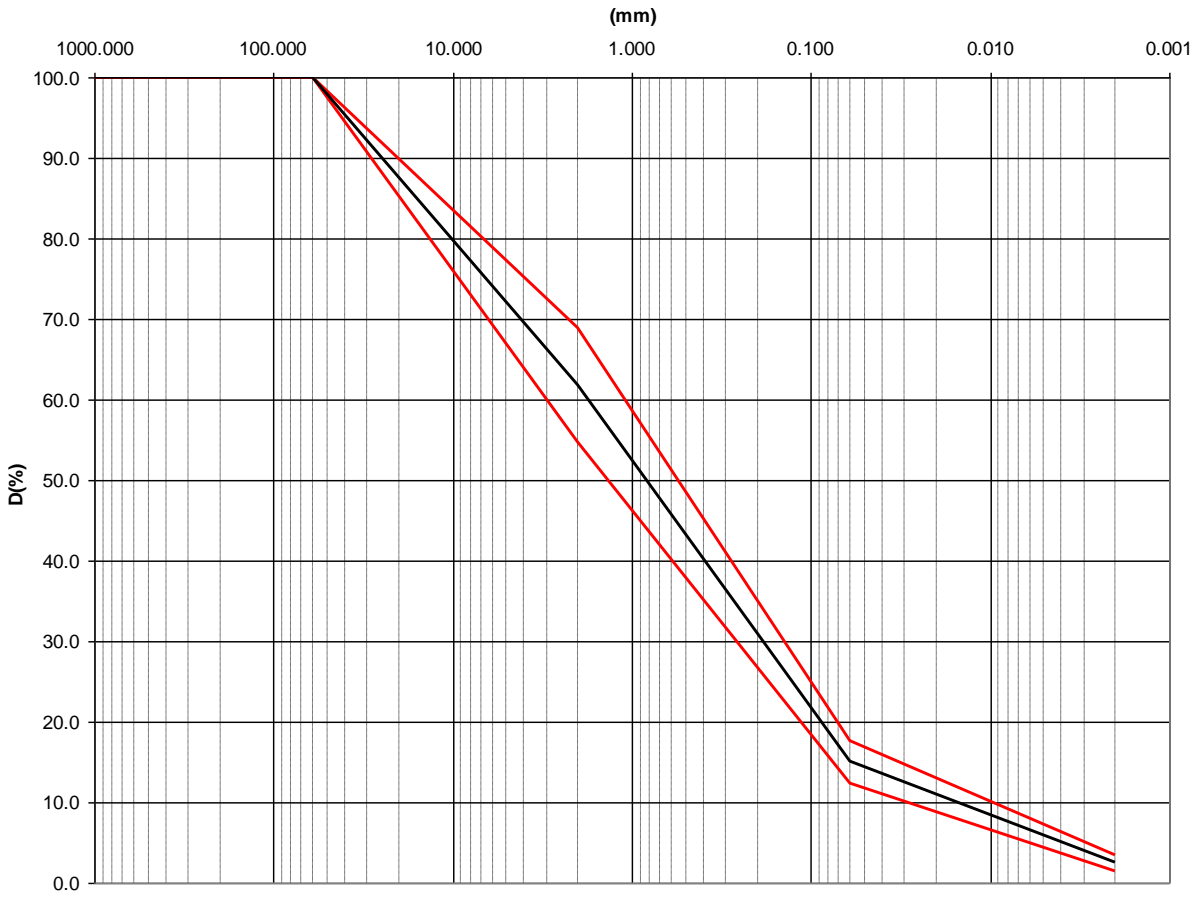
$$E_0 = 108 z^{0.62}$$



$$E' = (15-36) z^{0.62}$$

Le prove pressiometriche (nei sondaggi S417 e S418), che forniscono valori del ramo di carico, mostrano i valori più elevati (300-600MPa) tra 10m e 25m.

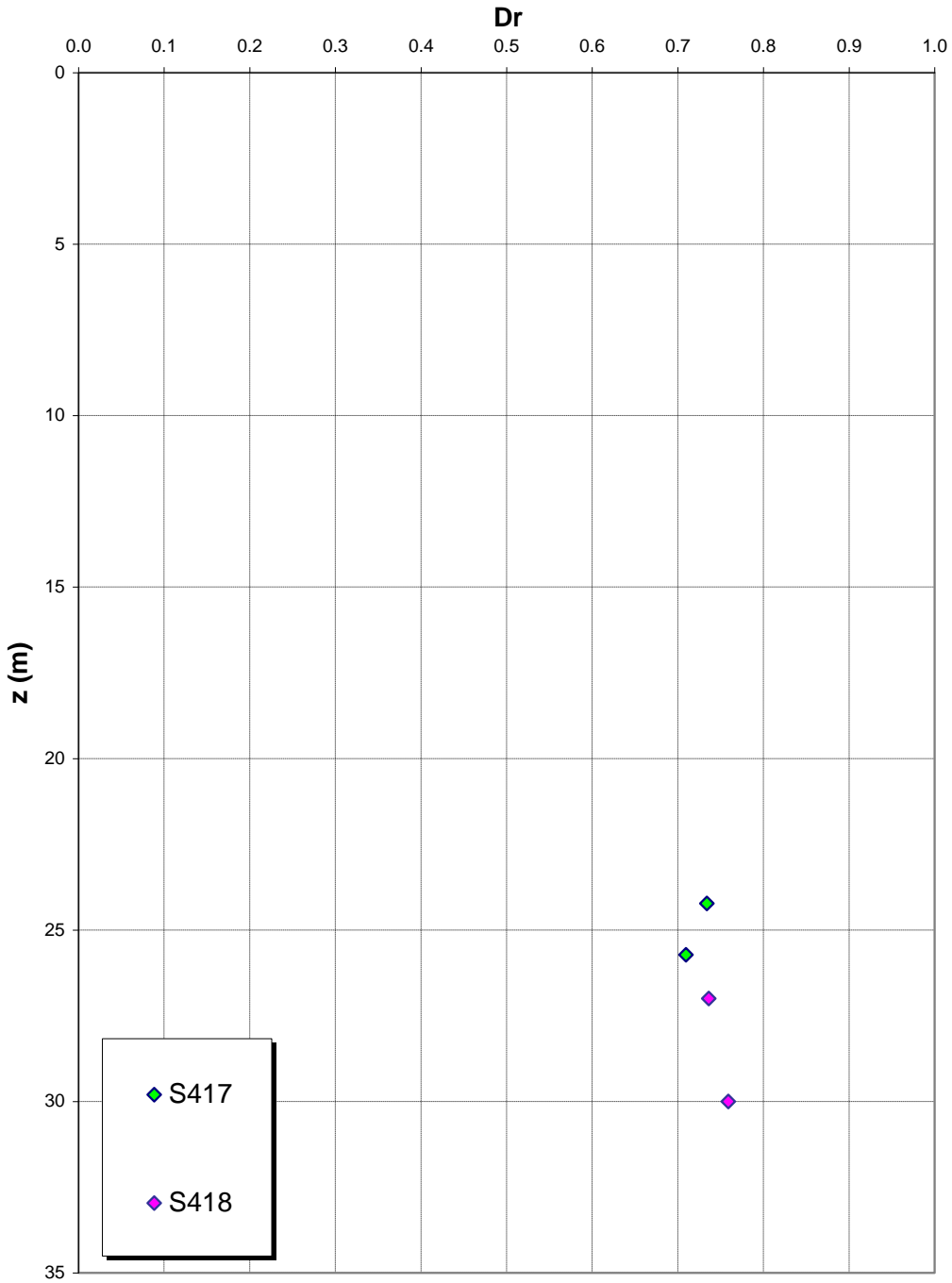
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE GEOTECNICA	<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Sabbie e ghiaie di Messina**

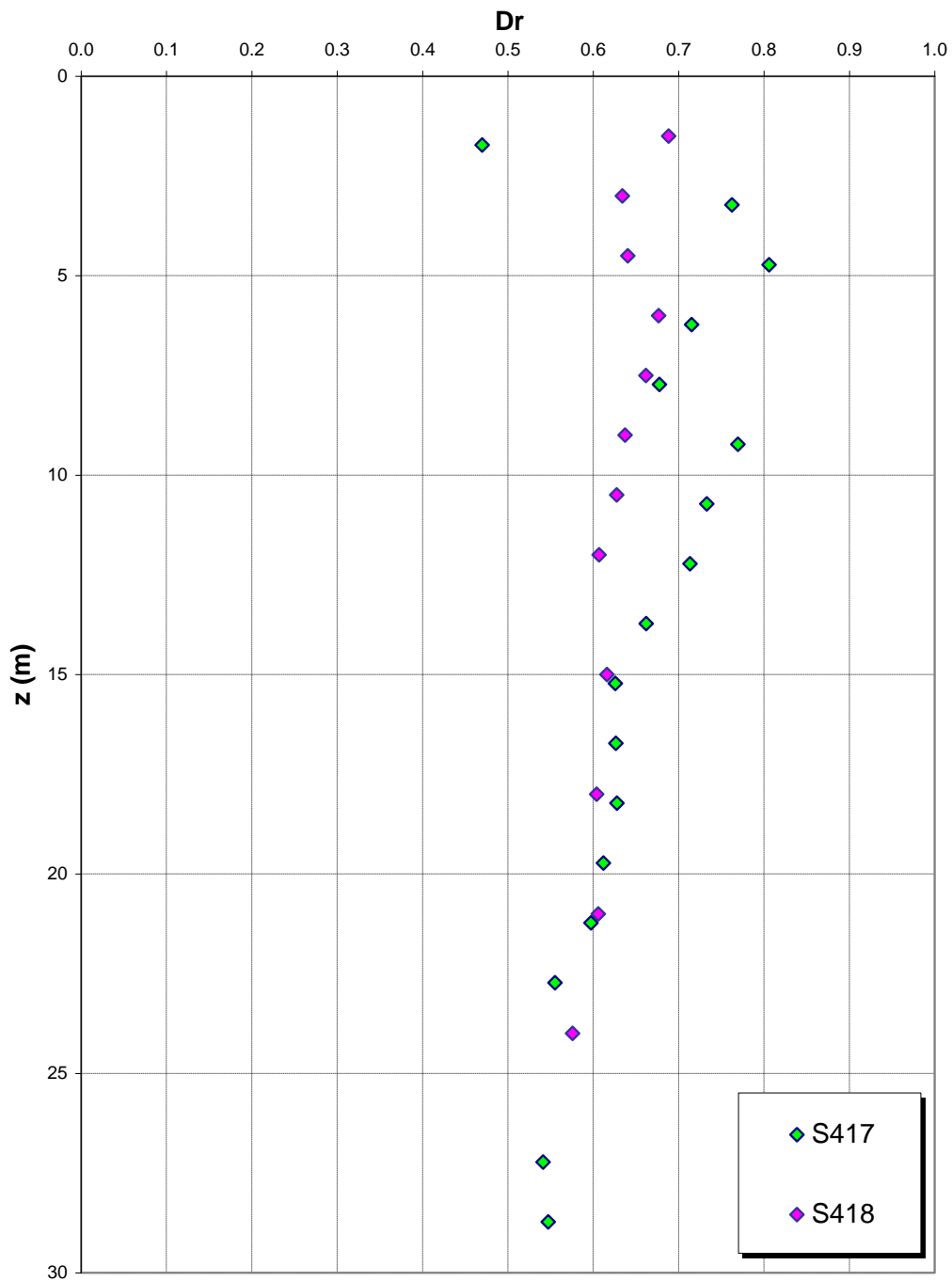


		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE GEOTECNICA	<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

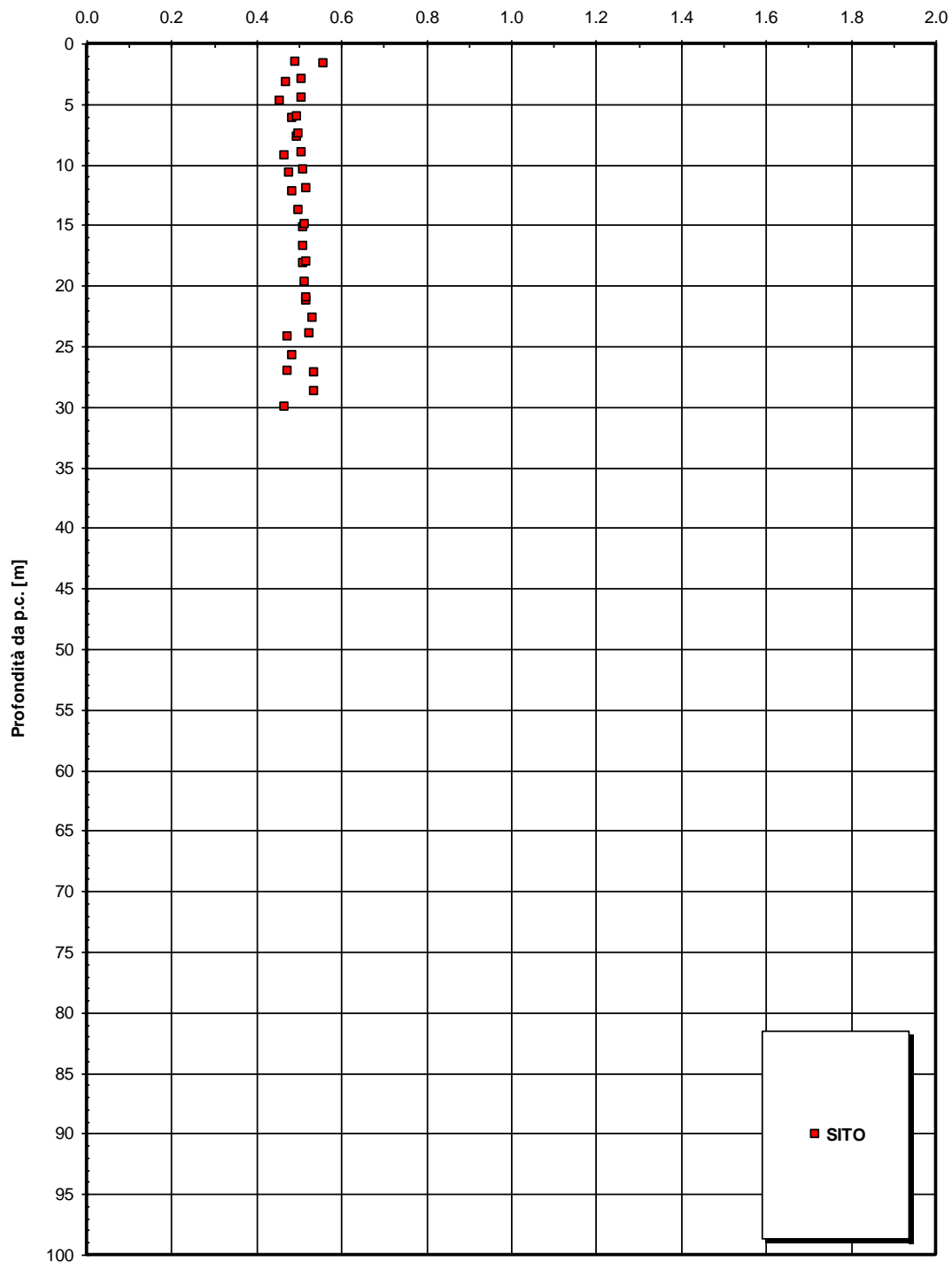


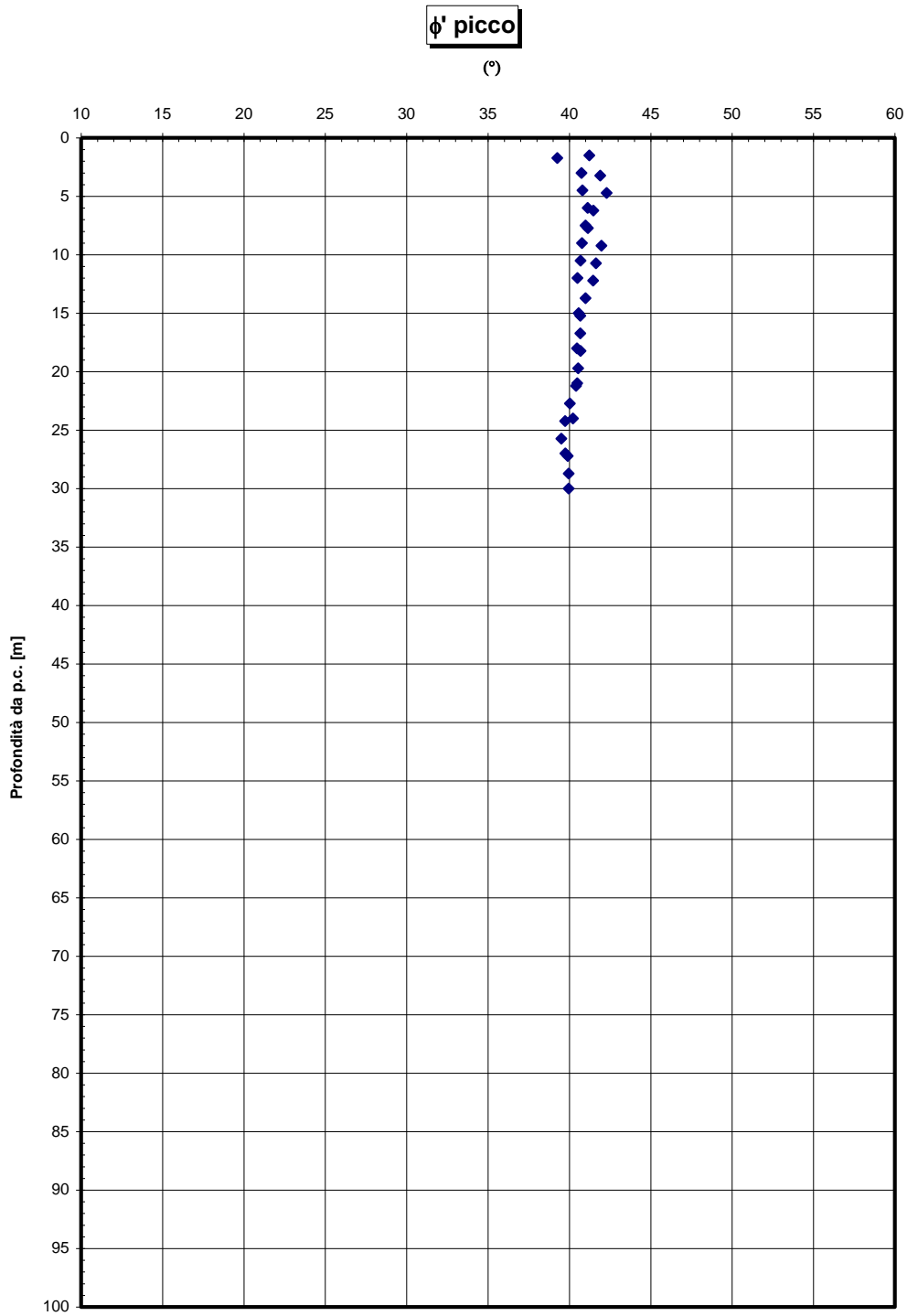
**Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)  
Componente ghiaiosa e sabbiosa  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**





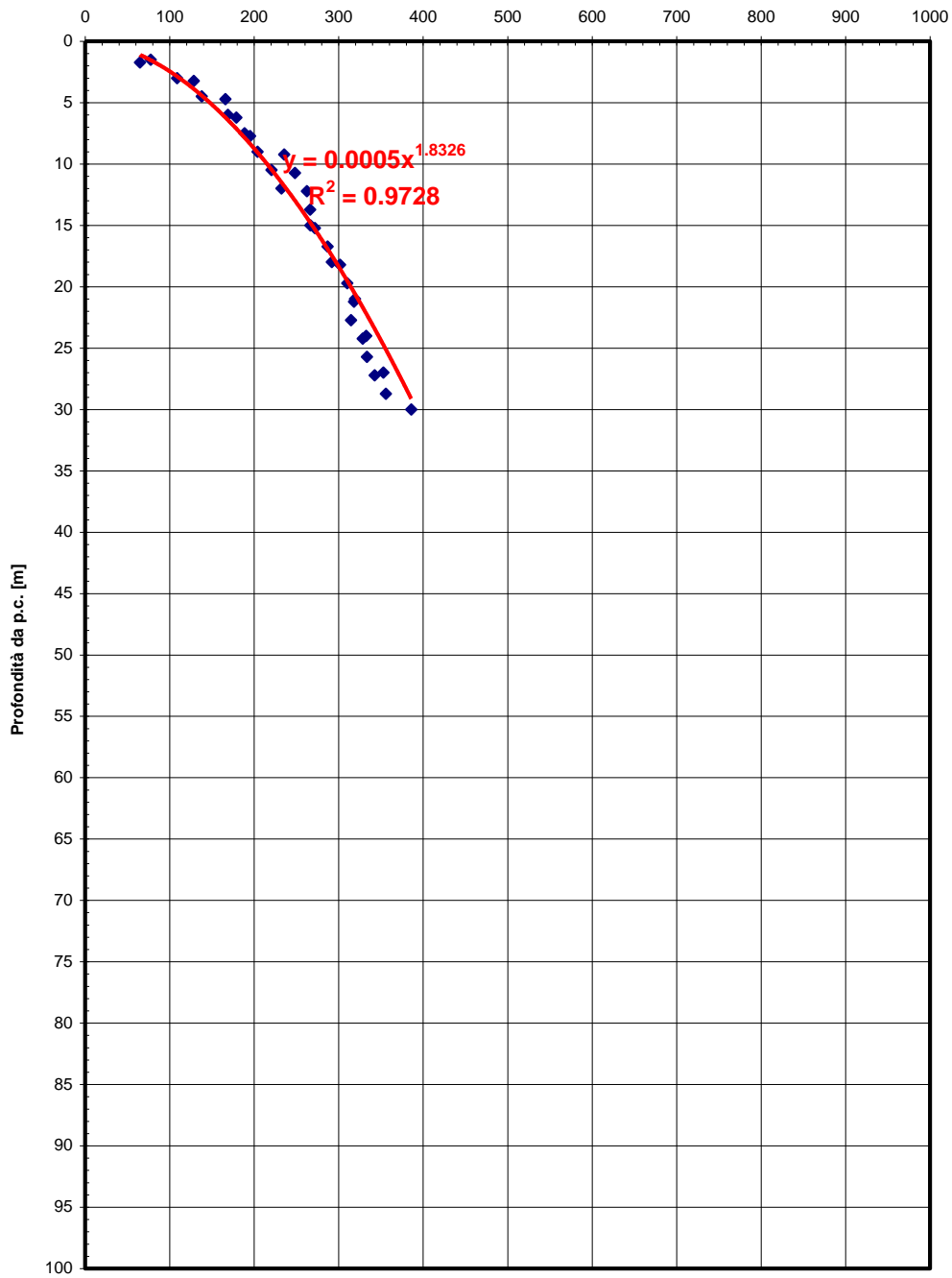
eo

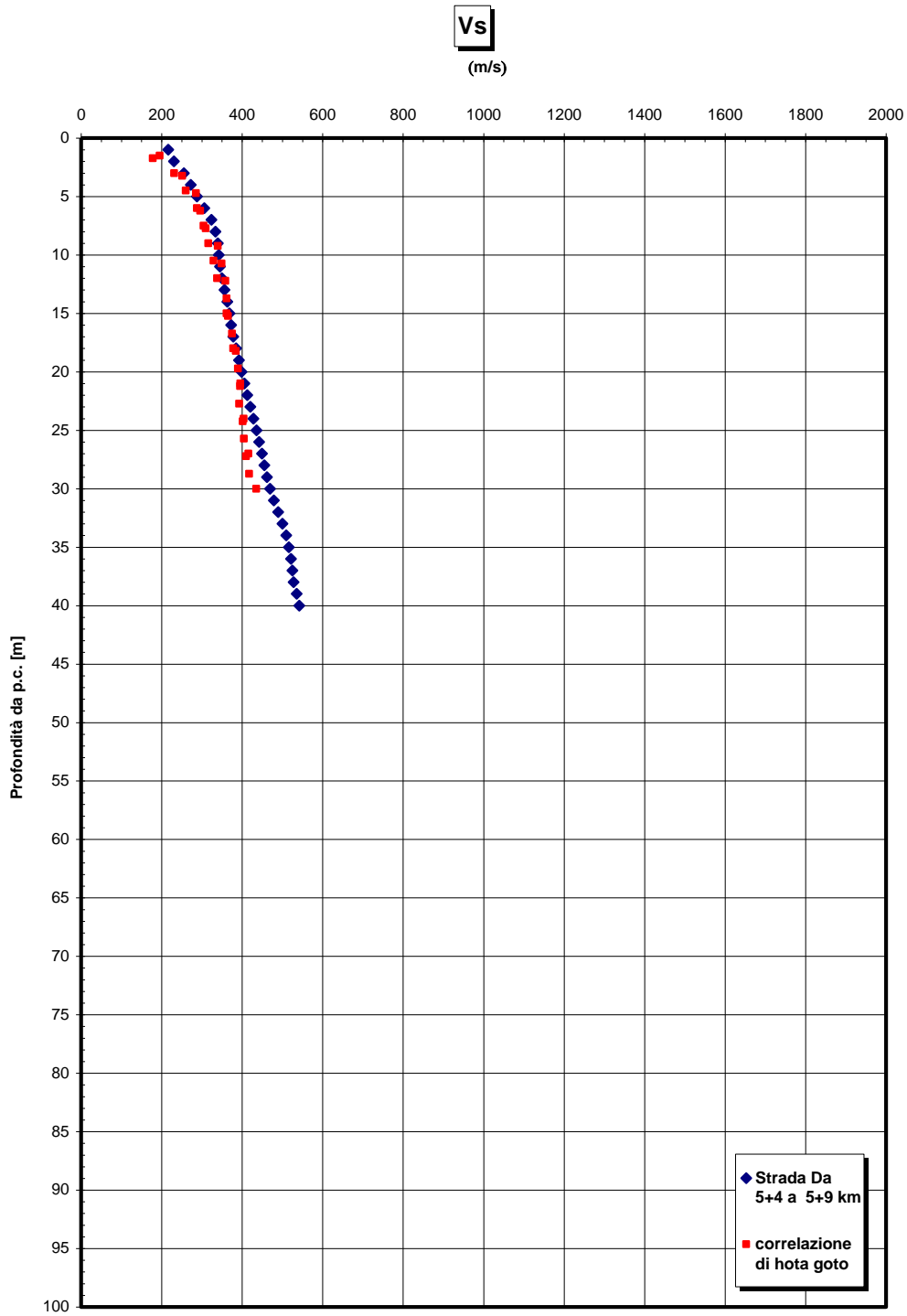




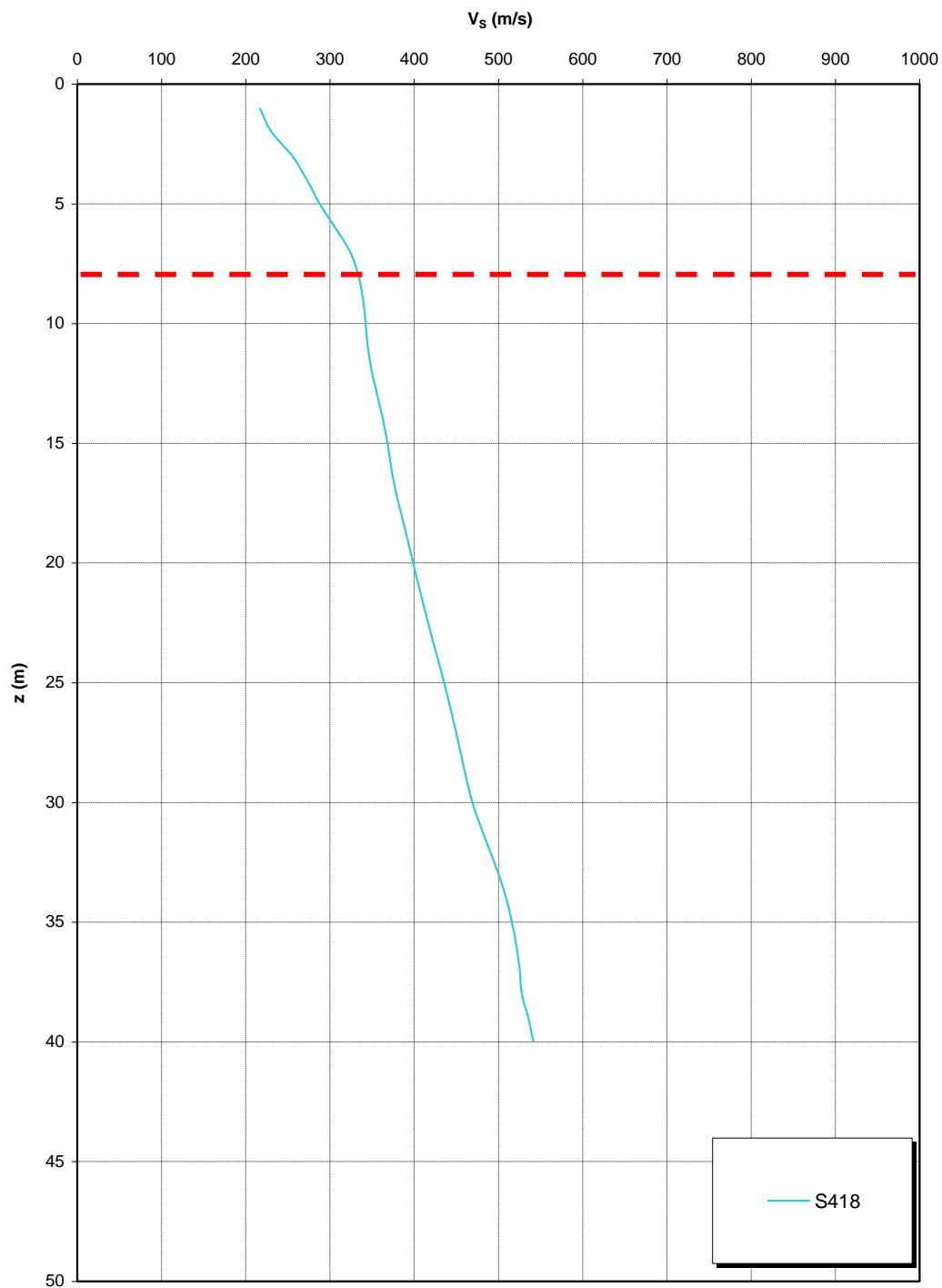
**Go spt**

(MPa)

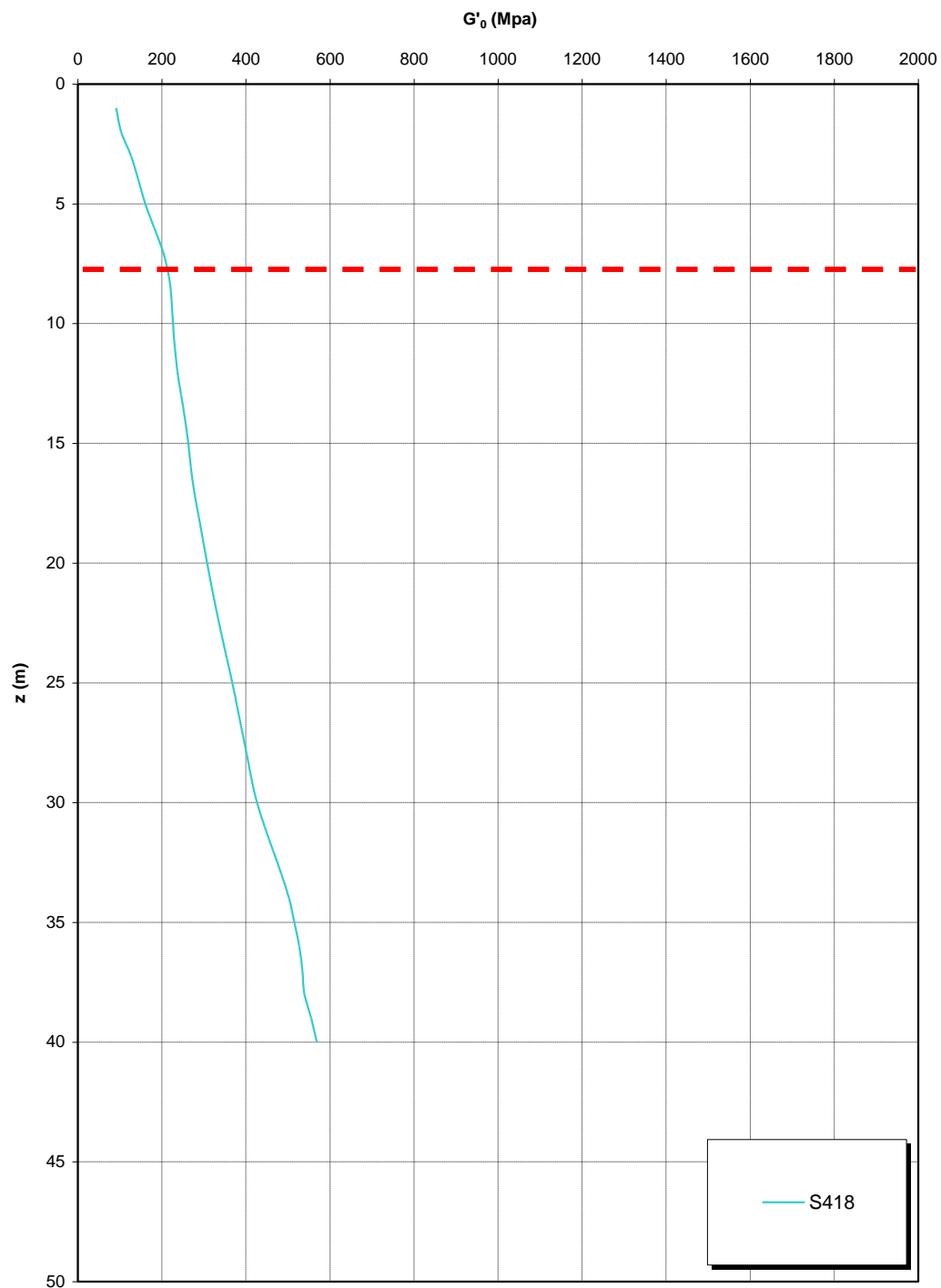




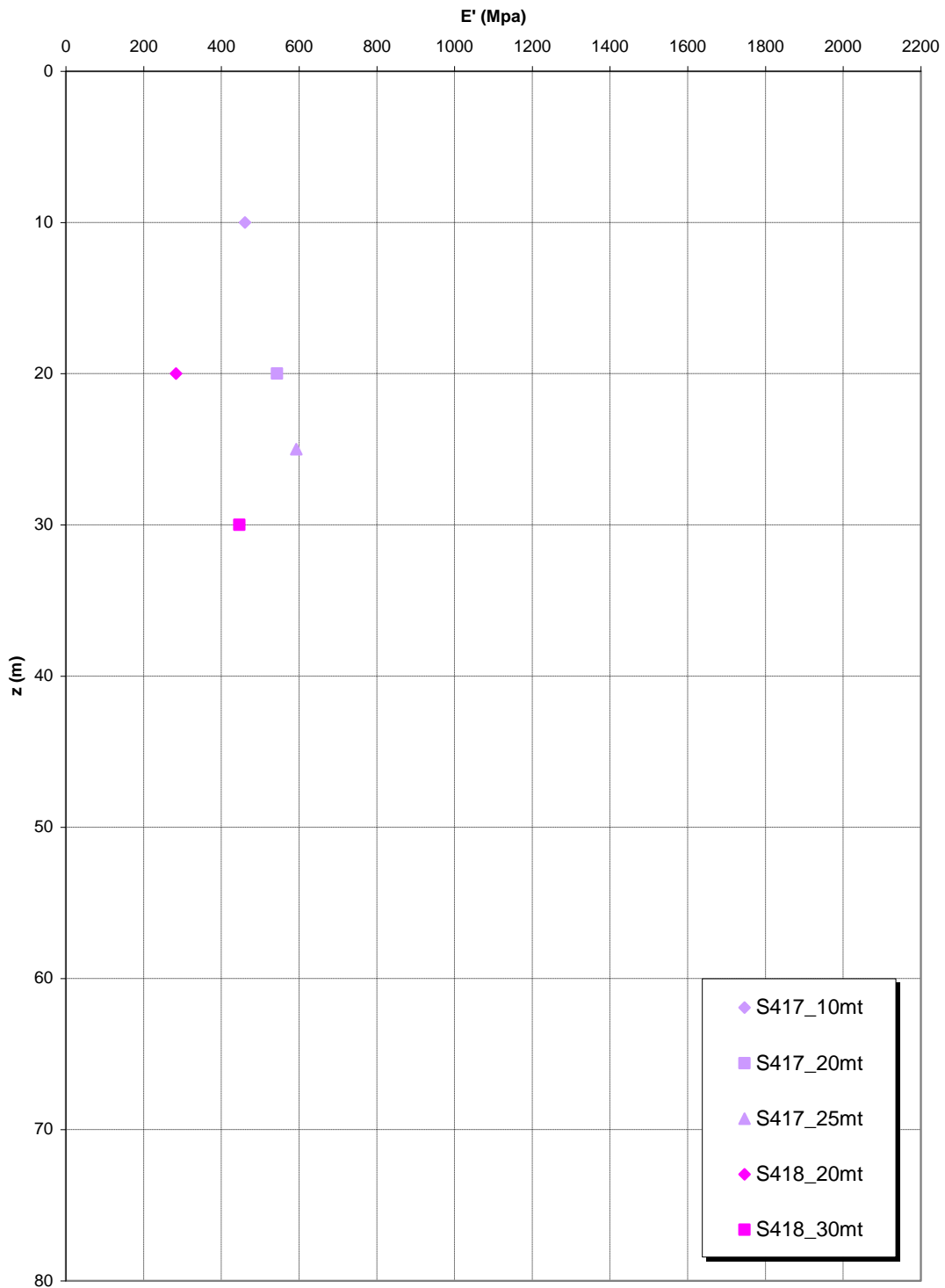
**Prove sismiche  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**

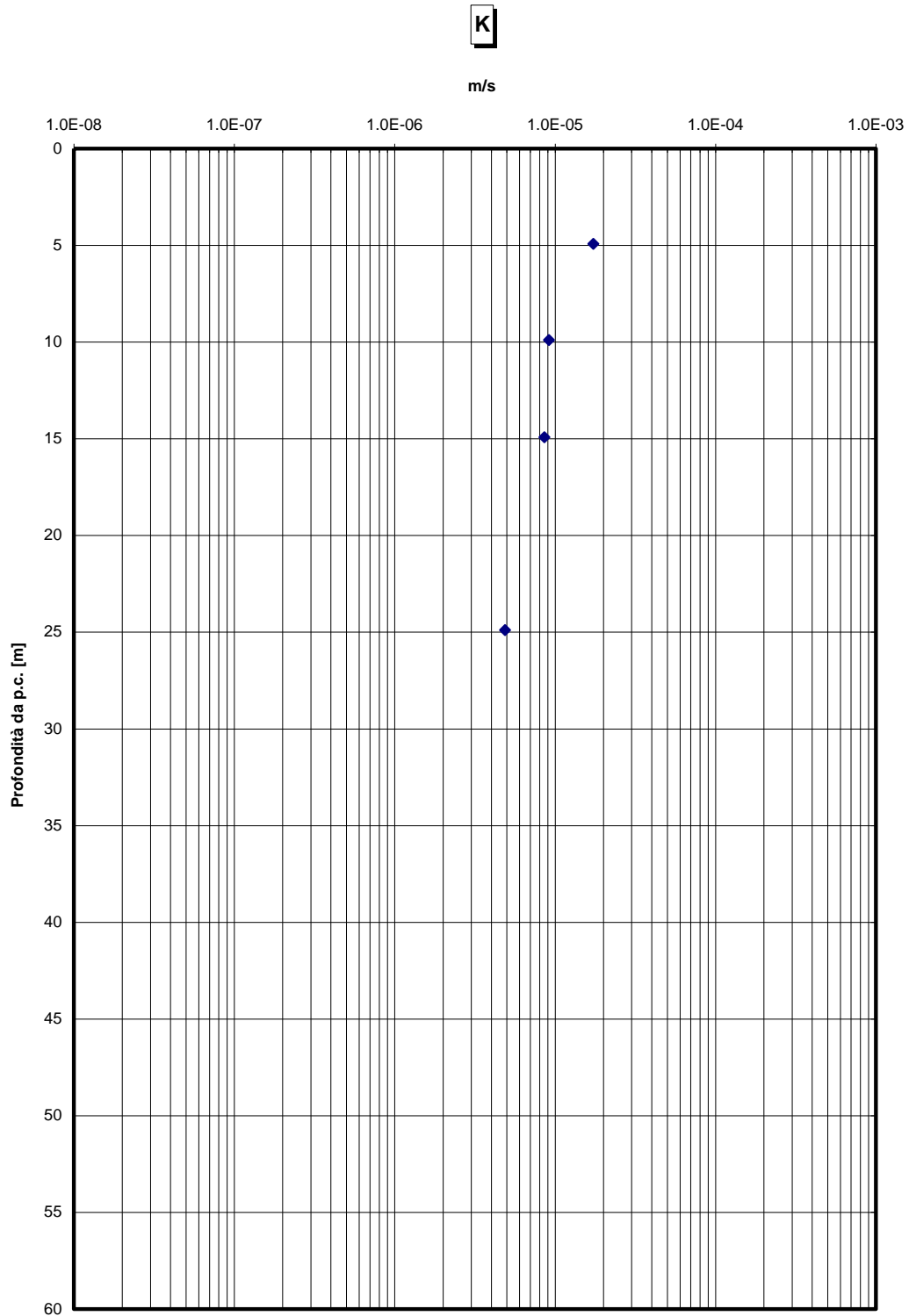


**Prove sismiche  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**



**Prove pressiometriche  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**







		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Depositi alluvionali

Per i parametri fisici l'andamento del fuso evidenzia che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 39%), sia di 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>.

Non si hanno a disposizione i valori di  $\gamma_{dmax}$  e  $\gamma_{dmin}$ .

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

- **Dr:** I valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con il fattore correttivo  $C_{sg}=0.75$  corrispondente al  $d_{50}=0.8mm$ ,
- **$e_o$ :** 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.
- **$\gamma_d$ :** si ottiene un pari a 17-20 KN/m<sup>3</sup>.
- **$K_0$ :** si considera la relazione di Jaky.

z(m)	Dr(%) Sabbie e ghiaie	$\phi'_p$ (pff=0.272KPa) (°)	$\phi'_{cv}$ (°)	$K_0$
<b>0-10</b>	<b>50-80</b>	<b>40-42</b>	<b>33-35</b>	<b>0.4-0.35</b>

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

Per i parametri di deformabilità si ha localmente a disposizione la prova sismica S418.

L' espressione ottenuta in base alle correlazioni dalle prove SPT ed alla sismica della tratta per il

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE GEOTECNICA	<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

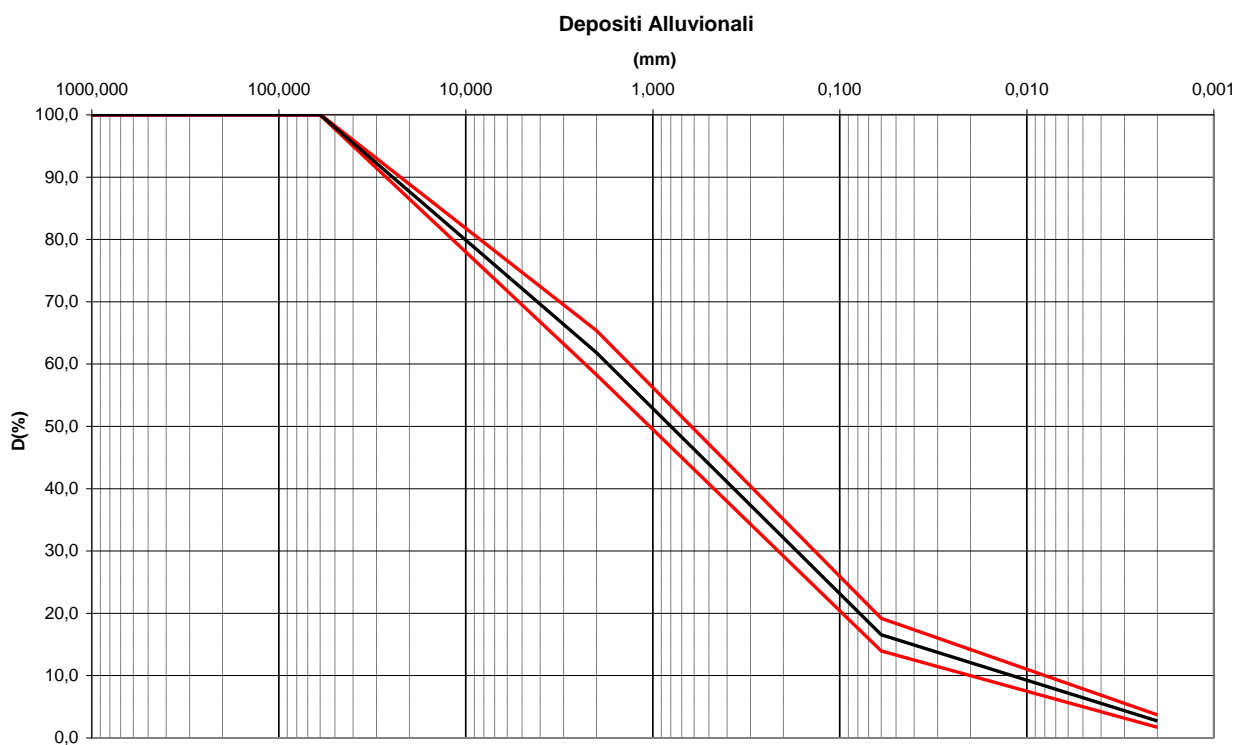
modulo  $G_0$ :

$G_0 = 80 \div 150$  MPa (0-10m)

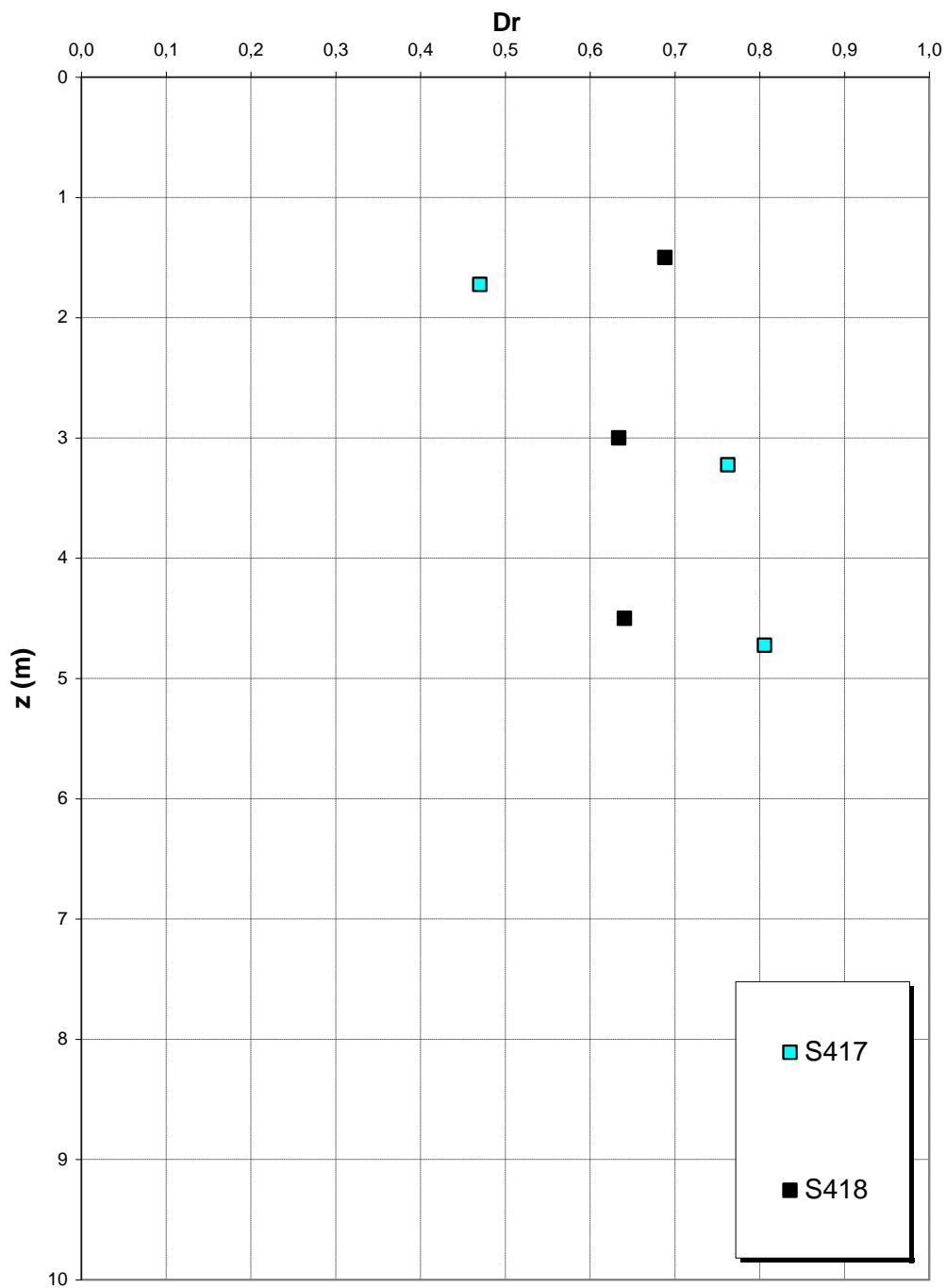
$E_0 = 200 \div 300$  MPa

$E = 30 \div 70 / 40 \div 100$  MPa (0-10m)

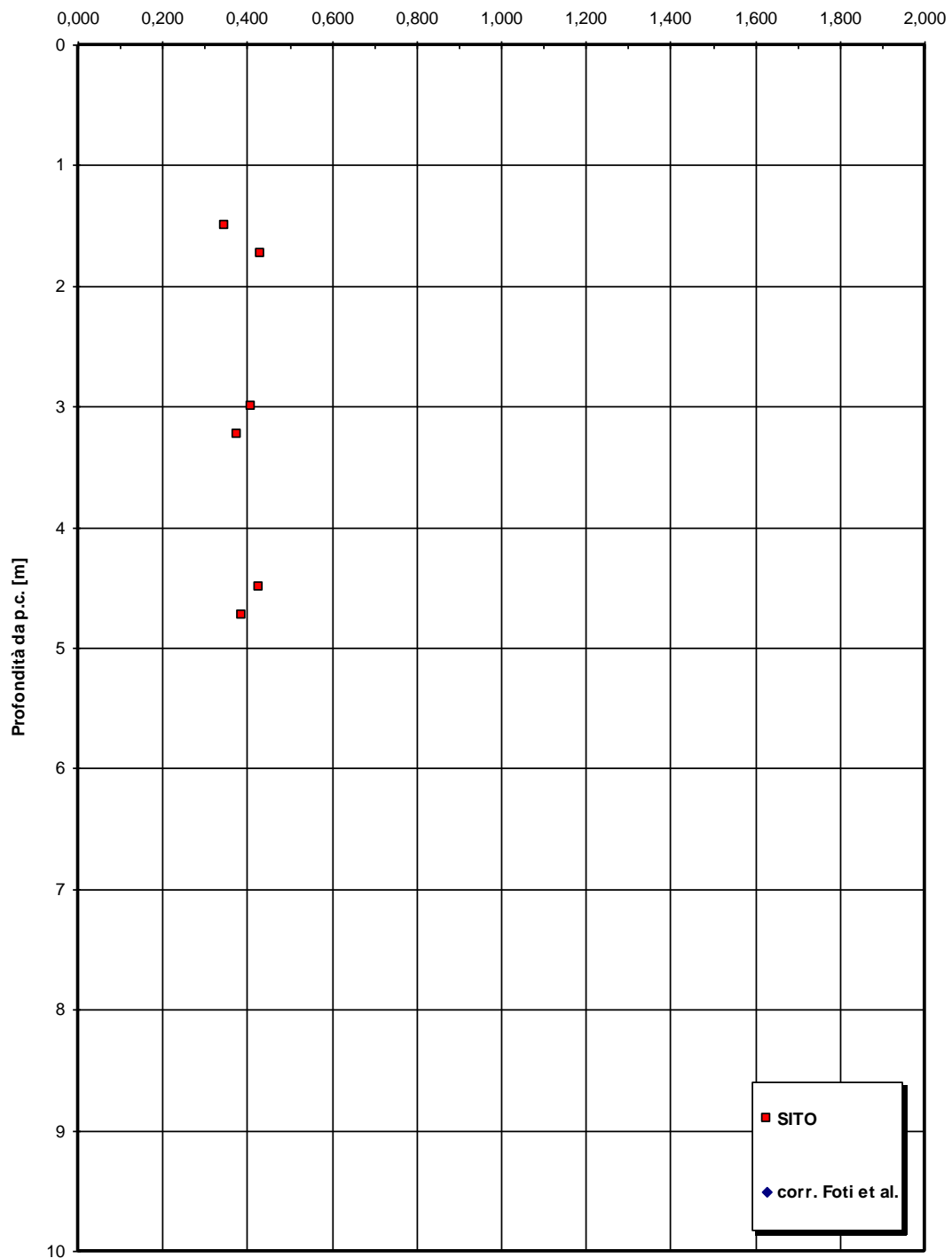
quest' ultimo range è relativo rispettivamente ad  $1/10 \div 1/5 E_0$  ed ad  $1/3 E_0$  corrispondenti rispettivamente a medie- grandi deformazioni ed a piccole deformazioni.

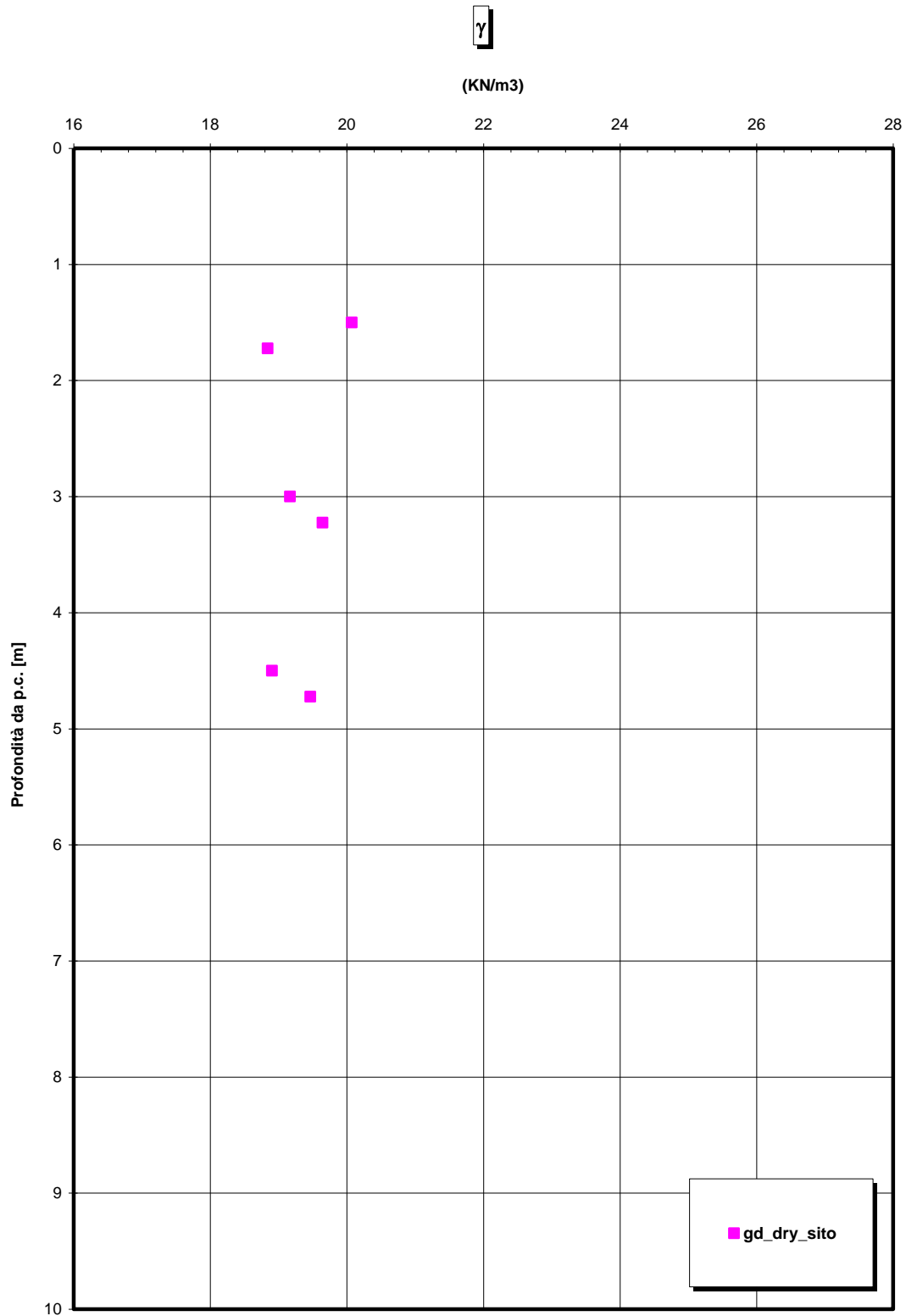


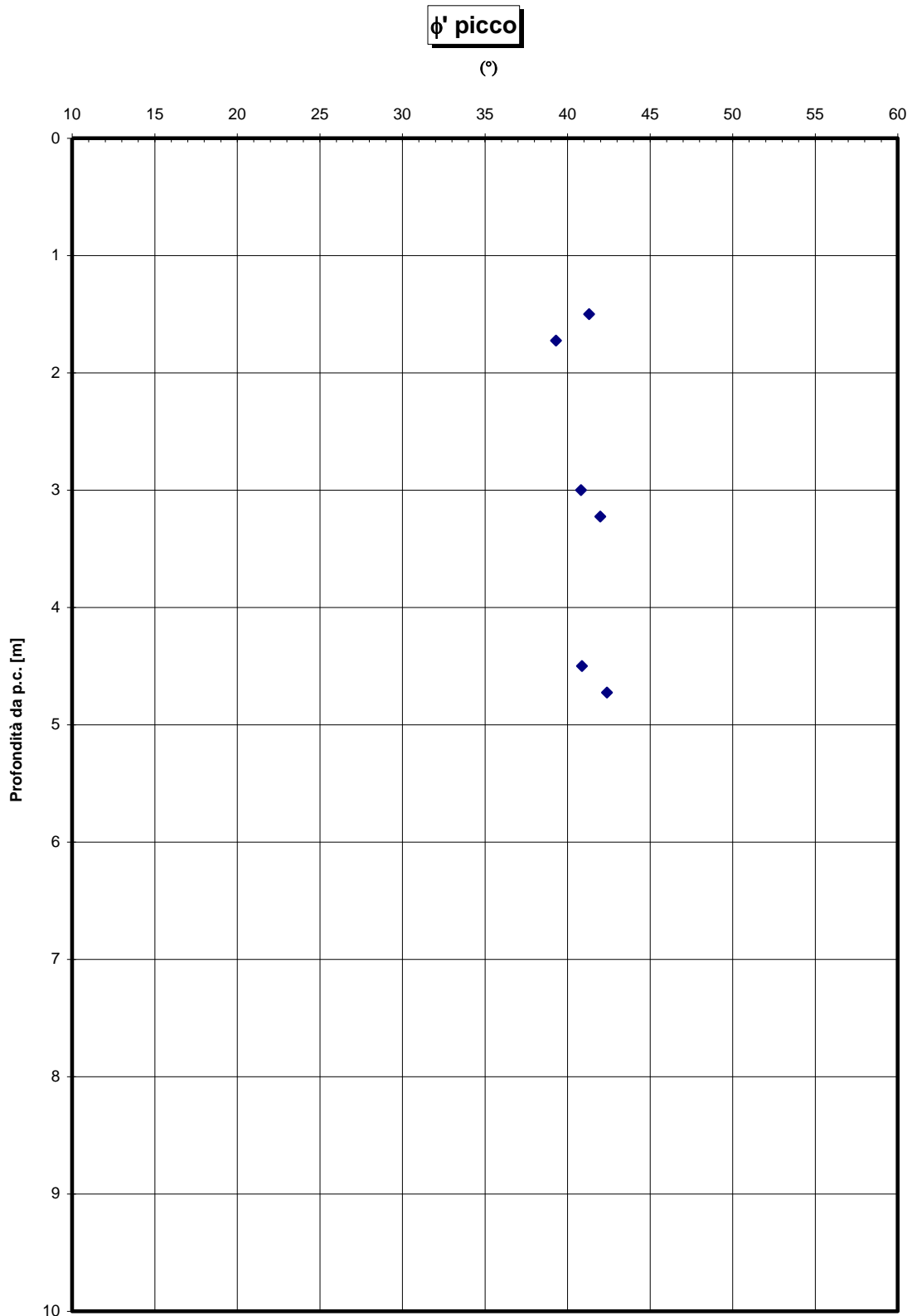
**Dr Skempton (1986)**  
**Componente sabbiosa prevalente**  
**DEPOSITI ALLUVIONALI**

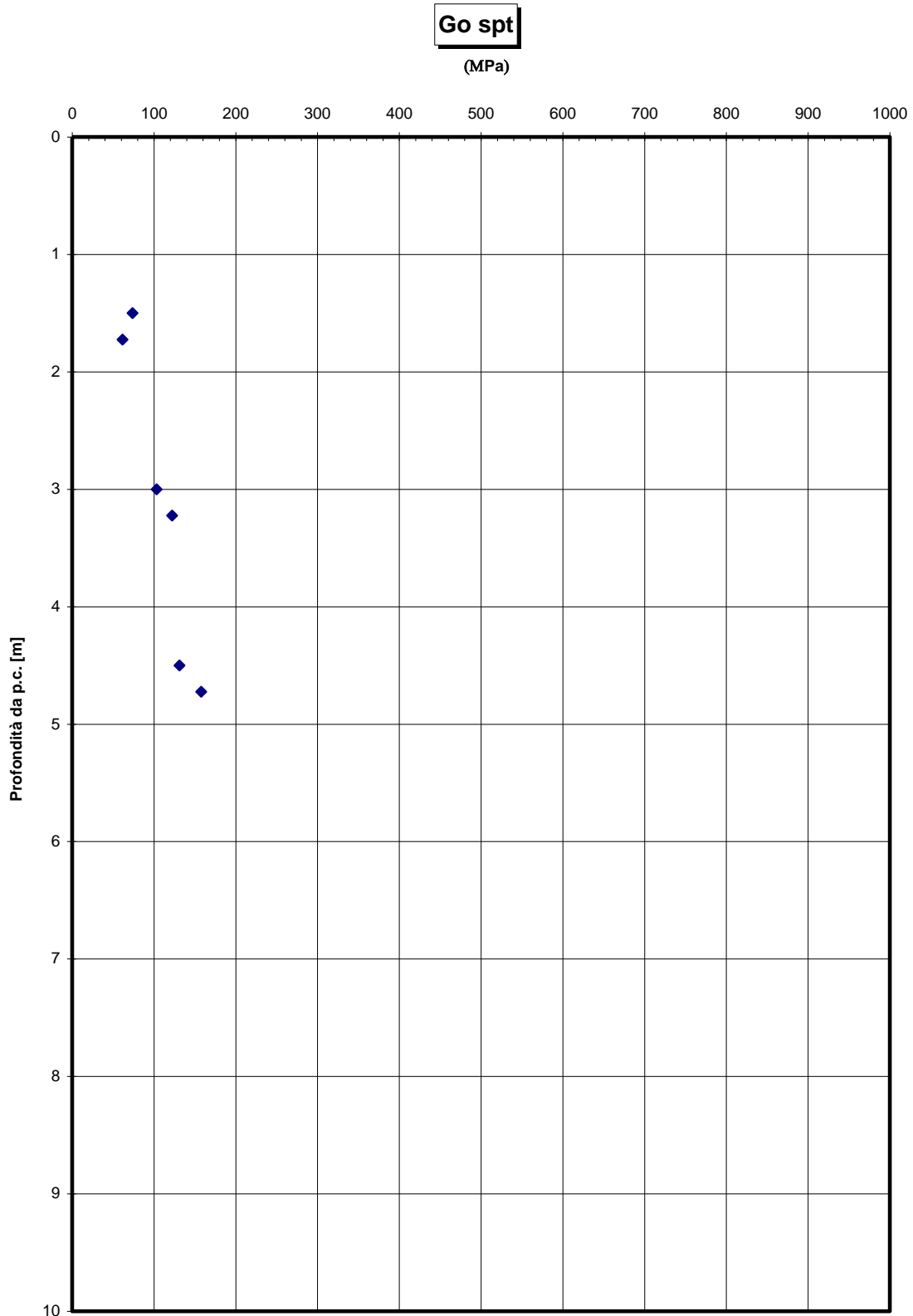


eo

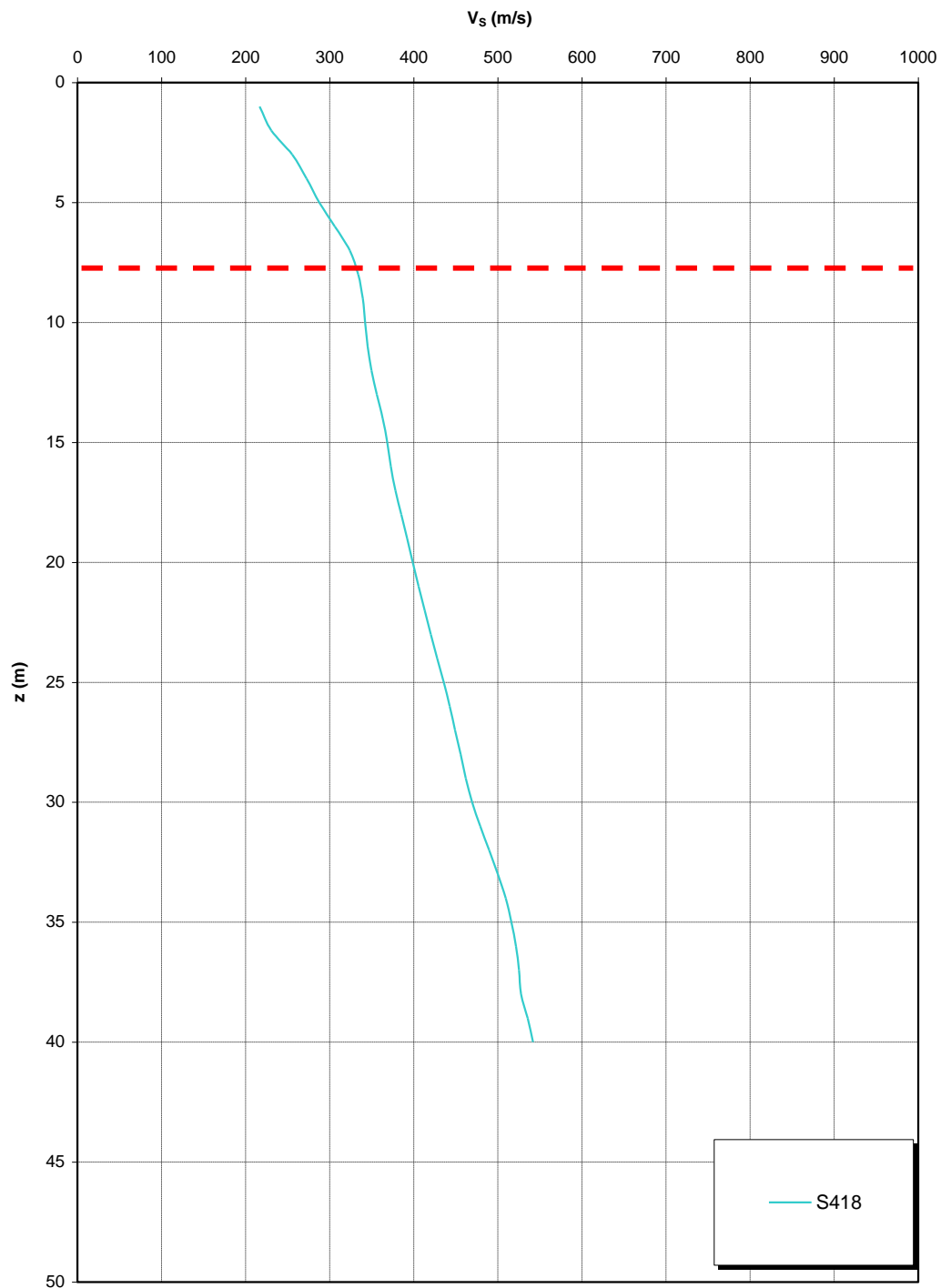






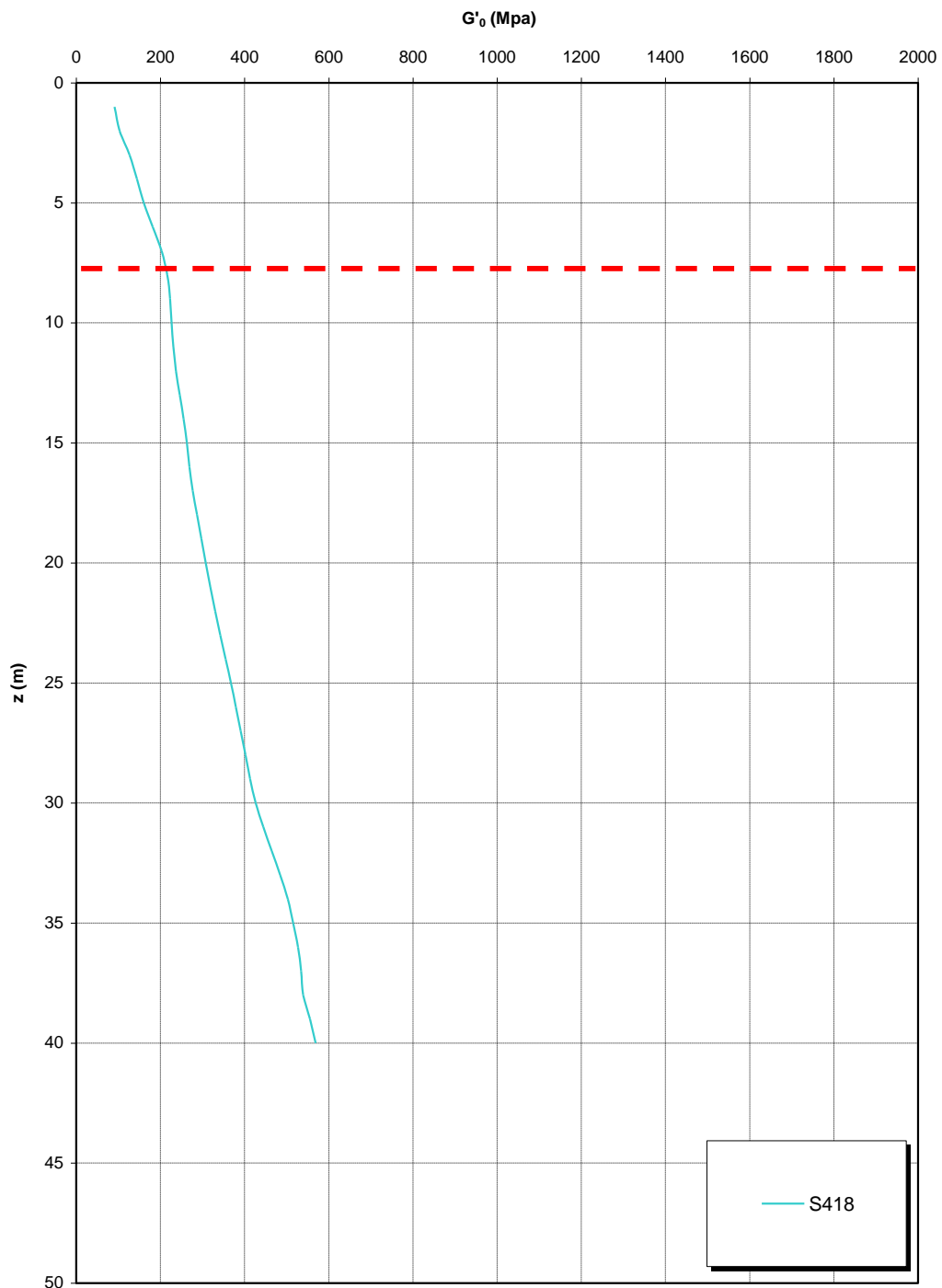


**Prove sismiche  
DEPOSITI ALLUVIONALI**





**Prove sismiche  
DEPOSITI ALLUVIONALI**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.2.4 Parametri principali assunti

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

Peso di volume	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
Peso di volume saturo	$\gamma_s = 23 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito interno	$\phi' = 38^\circ$ (prudenziale limite massimo)
Angolo di attrito terreno – fondazione	$\phi' = 38^\circ$
Modulo deformazione elastico (z=3 m)	$E' = 50 \text{ MPa}$

##### Parametri principali assunti – DEPOSITI ALLUVIONALI

Peso di volume	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
Peso di volume saturo	$\gamma_s = 23,5 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito interno	$\phi' = 38^\circ$
Angolo di attrito terreno – fondazione	$\phi' = 38^\circ$
Modulo deformazione elastico (z=3 m)	$E' = 45 \text{ MPa}$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO

### 4.3.1 Vita nominale

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

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

### 4.3.2 Classe d'uso

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

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

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

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

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.3.4 Parametri di progetto

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

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

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

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

$a_g$  il valore previsto dalla pericolosità sismica;

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

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

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

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

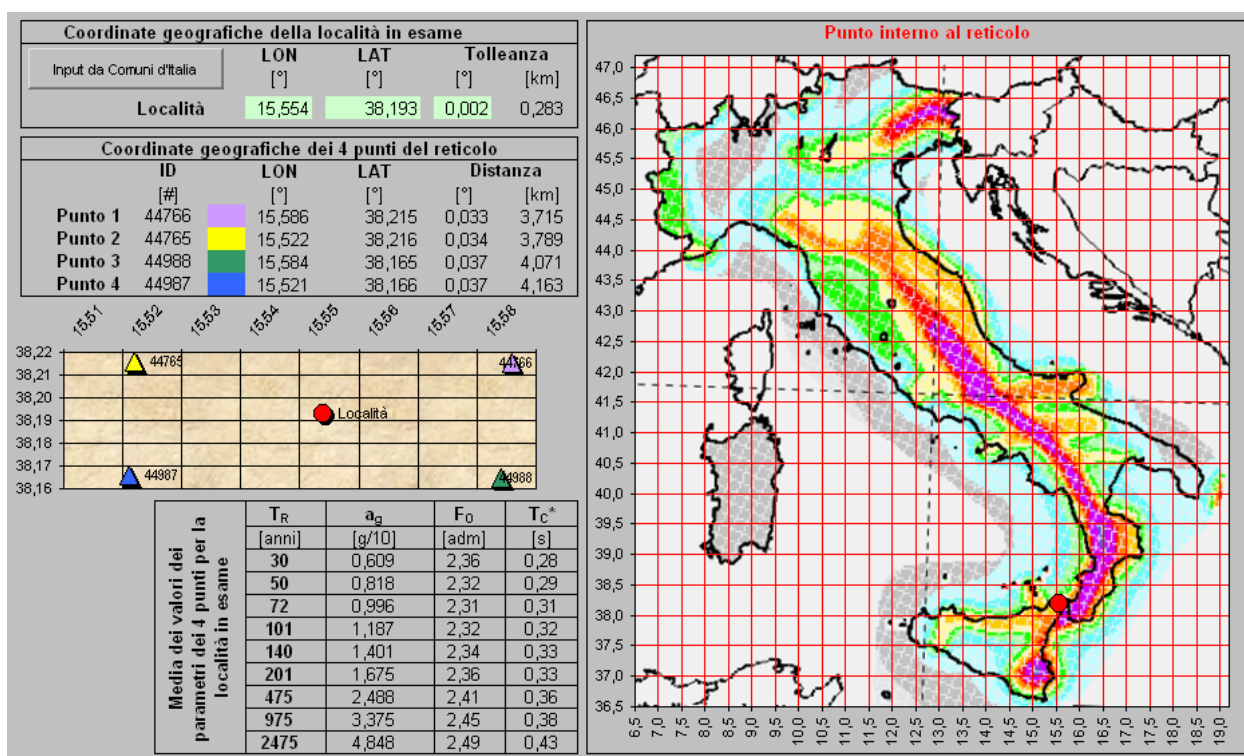
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0

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

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

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

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



#### 4.3.5 Classificazione sismica del terreno

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

Gli studi eseguiti, con particolare riferimento alle prove Cross Hole dei sondaggi denominati S417 e S418 già indicati al paragrafo 4.2.1 della presente relazione, denotano che il terreno è

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

classificabile come **Classe B** che include rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa addensati o terreni a grana fina molto consistenti.

#### 4.3.6 Spettro di risposta elastico in accelerazione

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

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

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

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

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

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

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

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

Inoltre:

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

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

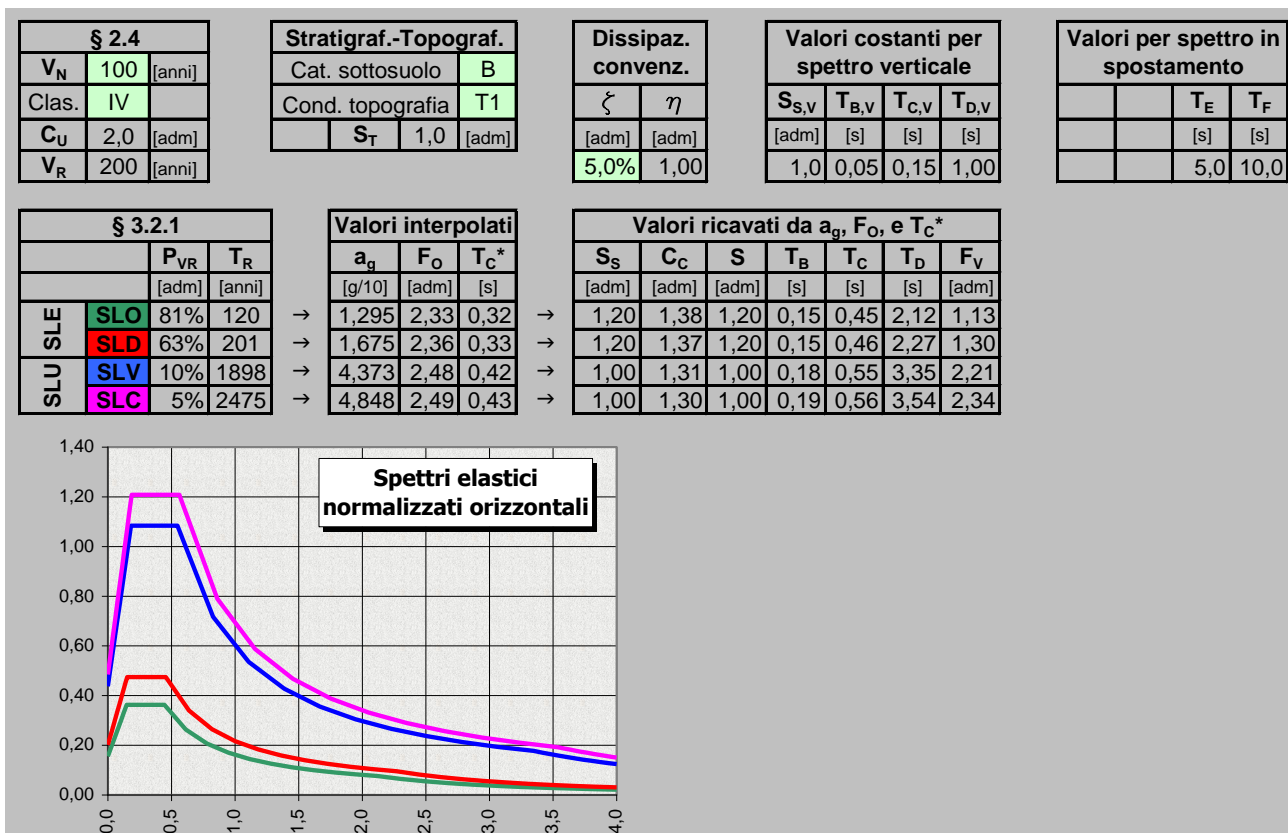
CATEGORIA TOPOGRAFICA	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,00
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		RELAZIONE GEOTECNICA	<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0

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

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



#### 4.3.8 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale è definito dalle espressioni seguenti:

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

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

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

nelle quali  $T$  e  $S_{ve}$  sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale verticale e  $F_V$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_V = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

I valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $S_T$ ,  $S$ ,  $\eta$  sono quelli già definiti per le componenti orizzontali; i valori di  $S_S$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ , sono invece quelli riportati nella tabella seguente.

CATEGORIA SOTTOSUOLO	$S_S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1,00	0,05 s	0,15 s	1,0 s

#### 4.3.9 Spettro di progetto

Per gli stati limite di esercizio lo spettro di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR considerata.

Per le verifiche agli stati limite ultimi lo spettro di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  considerata con le ordinate ridotte sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura, nelle formule precedentemente riportate e comunque:  $S_d(T) \geq 0,2 \cdot a_g$ .

Il valore del fattore di struttura  $q$  da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale. Esso può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 \times K_R = 1,0$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		RELAZIONE GEOTECNICA	<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0

## 5 ANALISI DELLE FONDAZIONI

### 5.1 ANALISI DEL SISTEMA FONDAZIONALE DELLE SPALLE

#### 5.1.1 ANALISI DEI CARICHI

##### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SPALLA

Descrizione		X (m)	Y (m)	Z (m)	n	$\gamma$ (kN/mc)	Peso (kN)	dx (m)	bx (m)	M long (kNm)
fondazione	1	12,35	21,35	2,50	1	25	16.480	0,00	6,18	101.761
muro frontale	2	3,02	21,35	8,30	1	25	13.379	2,57	4,08	54.586
ringrosso	3	0,00	0,00	0,00	0	25	0	0,00	0,00	0
paraghiaia	4	0,50	19,80	2,05	1	25	507	4,65	4,90	2.486
muri laterali	5	6,75	1,40	11,00	1	25	2.599	5,59	8,97	23.298
terra	6	6,75	16,80	10,35	1	19,0	22.300	5,59	8,97	199.920
							55.265			382.052

altezza fronte vento ponte scarico (m)	2,25
altezza fronte vento ponte carico (m)	5,17
distanza tra asse appoggi e bordo anteriore fondazione (m)	3,35
distanza tra bordo anteriore fondazione e baricentro dei pali (m)	6,20

##### AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

momenti longitudinali rispetto al bordo anteriore

	N (kN)	H long (kN)	H trasv (kN)	M long (kNm)	M trasv (kNm)
peso strutturale	2.702	0	0	9.052	0
permanenti	621	0	0	2.080	286
mezzi schema 1	913	0	0	3.059	5.058
mezzi schema 2	1.726	0	0	5.782	6.017
folia schema 1	0	0	0	0	0
folia schema 2	0	0	0	0	0
frenamento	0	213	0	-2.300	0
attrito / reazione gommoni ?T	0	100	0	-1.077	0
vento: impalcato scarico	227	0	65	0	-1.218
vento: impalcato carico	263	0	172	0	-3.506
temperatura	0	0	0	0	0
ritiro	0	0	0	0	0
azione centrifuga	0	0	240	0	2.832
sisma	3.248	877	755	9.472	8.305

Mt	H	Obliquità	°	rad
	213	0,00	0,00	0,00
	100			
	65			
443	172			
1.204				

Eccentricità dei carichi verticali (mt) 0,00

RELAZIONE GEOTECNICA

Codice documento  
SS0728\_F0.doc

Rev  
F0

Data  
20/06/2011

**PARAMETRI SISMICI**

accelerazione di picco	$\alpha g/g =$	<b>0,4373</b>
coefficiente orizzontale	$=S_s \times S_T =$	<b>1,00</b>
coefficiente verticale	$=S_s \times S_T =$	<b>1,00</b>
	$a_{max} =$	0,437
	$\beta m =$	<b>0,31</b>
	$K_h =$	0,136
$K_v = 0,5 K_h$	$K_v =$	0,068
	$\theta_1 =$	0,126
	$\theta_2 =$	0,144

**PARAMETRI TERRENO**

Peso specifico del terreno:	<b>19,0</b>	kN/m <sup>3</sup>	$\gamma$	
Angolo di attrito terreno rilevato	0,611	rad	$\phi$	<b>35,00 °</b>
Angolo di attrito terreno di base	0,663	rad	$\phi$	<b>38,00 °</b>
Angolo di inclinazione del muro	1,571	rad	$\psi$	<b>90,00 °</b>
Angolo di inclinazione del terreno	0,000	rad	$\beta$	<b>0,00 °</b>
Angolo di resistenza terra-muro	0,407	rad	$\delta$	<b>23,33 °</b>
Coefficiente di spinta del terreno	$K_1 =$	0,325		
	$K_2 =$	0,339		

**AZIONI TRASMESSE DAL TERRENO**

	p (kN/mq)	H long (kN)	M long (kNm)
Ed= spinta terreno sismica+statica		12.131	-58.507
spinta a riposo	104,11	14.281	-61.172
spinta attiva	66,16	9.076	-38.874
spinta passiva plinto (50%)	154,63	2.063	1.720
spinta per sovraccarichi	3,84	1.053	-6.765

	p (kN/mq)	N vert (kN)	H long (kN)	M long (kNm)
Sovraccarico				
sommità	64,96	1.509	5.077	-32.622
piede muro	21,84			

Per le spinte inerziali  $\beta m = 1$

$K_x =$    $K_y =$    $K_v =$

**AZIONI INERZIALI SIS. TRASMESSE DALLA SPALLA**

	N (kN)	H long (kN)	H trasv (kN)	M long (kNm)	M trasv (kNm)
Sisma +	12.084	24.167	24.167	134.475	134.475
Sisma -	-7.208	-14.415	-14.415	-59.630	-59.630

Larghezza pavimentato	<b>10,50</b>	m	
numero stese	3		
angolo diffusione	30,00	°	0,52

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0

**VERIFICHE DI STABILITA'**


	<i>N</i> (kN)	<i>M<sub>rib</sub></i> (kNm)	<i>M<sub>stab</sub></i> (kNm)	$\eta$	<i>u</i> (m)	<i>e</i> (m)	SL
Combinazione 1	65.464	-80.600	453.784	5,63	5,70	0,50	SLU GEO
Combinazione 2	66.514	-88.379	457.301	5,17	5,55	0,65	
Combinazione 3	67.449	-88.379	460.433	5,21	5,52	0,68	
Combinazione 4	66.252	-89.080	456.422	5,12	5,54	0,66	
Combinazione 5	66.953	-89.080	458.771	5,15	5,52	0,68	
Combinazione 6	66.252	-85.358	460.144	5,39	5,66	0,54	
Combinazione 7	66.953	-85.358	462.493	5,42	5,63	0,57	
Combinazione 8	66.252	-86.435	456.422	5,28	5,58	0,62	
Combinazione 9	66.953	-86.435	458.771	5,31	5,56	0,64	
Combinazione 10	67.404	-118.115	455.519	3,86	5,01	1,19	
Combinazione 11	82.532	-93.211	561.098	6,02	5,67	0,53	SLU STR
Combinazione 12	83.764	-102.344	565.227	5,52	5,53	0,67	
Combinazione 13	84.862	-102.344	568.904	5,56	5,50	0,70	
Combinazione 14	83.456	-103.166	564.195	5,47	5,52	0,68	
Combinazione 15	84.279	-103.166	566.953	5,50	5,50	0,70	
Combinazione 16	83.456	-98.607	568.754	5,77	5,63	0,57	
Combinazione 17	84.279	-98.607	571.512	5,80	5,61	0,59	
Combinazione 18	83.456	-100.060	564.195	5,64	5,56	0,64	
Combinazione 19	84.279	-100.060	566.953	5,67	5,54	0,66	
Combinazione 20	84.805	-137.251	563.135	4,10	5,02	1,18	
Comb SLE 1	58.588	-62.248	393.184	6,32	5,65	0,55	SLE
Comb SLE 2	59.501	-69.013	396.242	5,74	5,50	0,70	
Comb SLE 3	60.314	-69.013	398.966	5,78	5,47	0,73	
Comb SLE 4	59.272	-69.622	395.478	5,68	5,50	0,70	
Comb SLE 5	59.882	-69.622	397.520	5,71	5,48	0,72	
Comb SLE 6	59.272	-66.245	398.855	6,02	5,61	0,59	
Comb SLE 7	59.882	-66.245	400.897	6,05	5,59	0,61	
Comb SLE 8	59.272	-67.322	395.478	5,87	5,54	0,66	
Comb SLE 9	59.882	-67.322	397.520	5,90	5,51	0,69	
Comb SLE 10	60.254	-94.871	394.693	4,16	4,98	1,22	
perm + sisma X + 0,30 sisma (Y+Z) schema 1	63.552	-229.270	396.127	1,73	2,63	3,57	SLV
perm + sisma X + 0,30 sisma (Y+Z) schema 2	63.878	-229.270	397.216	1,73	2,63	3,57	

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Si riportano nel seguito i valori delle azioni agenti alla base della fondazione per le varie combinazioni di carico riportate alla pagina successiva. Tali azioni rappresentano i valori assunti per l'analisi del sistema fondazionale in base all'approccio 1 delle NTC 2008.

**AZIONI GLOBALI NORME TECNICHE 2008**

	<i>N</i> (kN)	<i>M long</i> (kNm)	<i>M trasv</i> (kNm)	<i>T long</i> (kN)	<i>T trasv</i> (kN)	
Combinazione 1	65.464	32.693	1.956	18.665	85	SLU GEO
Combinazione 2	66.514	43.465	8.923	19.876	134	
Combinazione 3	67.449	46.130	10.026	19.876	134	
Combinazione 4	66.252	43.418	7.469	19.819	134	
Combinazione 5	66.953	45.416	8.296	19.819	134	
Combinazione 6	66.252	35.973	8.296	19.129	134	
Combinazione 7	66.953	37.972	8.296	19.129	134	
Combinazione 8	66.252	40.772	10.726	19.574	410	
Combinazione 9	66.953	42.771	11.553	19.574	410	
Combinazione 10	67.404	80.503	3.106	24.504	134	
Combinazione 11	82.532	43.809	2.256	21.557	98	SLU STR
Combinazione 12	83.764	56.454	10.413	22.978	155	
Combinazione 13	84.862	59.582	11.707	22.978	155	
Combinazione 14	83.456	56.398	8.705	22.910	155	
Combinazione 15	84.279	58.744	9.676	22.910	155	
Combinazione 16	83.456	47.280	9.676	22.066	155	
Combinazione 17	84.279	49.626	9.676	22.066	155	
Combinazione 18	83.456	53.293	12.529	22.623	479	
Combinazione 19	84.279	55.639	13.500	22.623	479	
Combinazione 20	84.805	99.908	3.584	23.593	155	
Comb SLE 1	58.588	32.309	1.504	14.381	65	SLE
Comb SLE 2	59.501	41.675	7.448	15.434	103	
Comb SLE 3	60.314	43.993	8.407	15.434	103	
Comb SLE 4	59.272	41.634	6.183	15.384	103	
Comb SLE 5	59.882	43.372	6.902	15.384	103	
Comb SLE 6	59.272	34.880	6.902	14.758	103	
Comb SLE 7	59.882	36.618	6.902	14.758	103	
Comb SLE 8	59.272	39.334	9.015	15.171	343	
Comb SLE 9	59.882	41.072	9.734	15.171	343	
Comb SLE 10	60.254	73.755	2.390	15.890	103	
perm + sisma X + 0,30 sisma (Y+Z) schema 1	63.552	170.970	44.132	35.112	7.477	SLV
perm + sisma X + 0,30 sisma (Y+Z) schema 2	63.878	171.434	44.037	35.112	7.477	

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0

### Combinazioni statiche

PRINCIPALE	P.p.		Perm.		Attribito		Temperatura		Vento		Accident.		Folla		Frenamento		Ced. - Ritiro		Centrifuga	
	$\gamma_{G1}$	$\gamma_{G2}$	$\Psi_0$	$\gamma_{G2}$	$\Psi_0$	$\gamma_{G2}$	$\Psi_0$	$\gamma_{G2}$	$\Psi_0$	$\gamma_Q$	$\Psi_0$	$\gamma_Q$	$\Psi_0$	$\gamma_Q$	$\Psi_0$	$\gamma_Q$	$\Psi_0$	$\gamma_Q$	$\Psi_0$	$\gamma_Q$
AZIONI SLU GEO	Vento	1,00	1,30	1,00	1,30	1,00	0,60	1,00	1,00	1,30										
	Gruppo 1 centr.	1,00	1,30	1,00	1,30	1,00	0,60	1,00	0,60	1,30	1,00	1,15	0,50	1,15	0,00	1,15	1,00	1,00	0,00	1,15
	Gruppo 1 ecc.	1,00	1,30	1,00	1,30	1,00	0,60	1,00	0,60	1,30	1,00	1,15	0,50	1,15	0,00	1,15	1,00	1,00	0,00	1,15
	Gruppo 2a centr.	1,00	1,30	1,00	1,30	1,00	0,60	1,00	0,60	1,30	0,75	1,15	0,00	1,15	1,00	1,15	1,00	1,00	0,00	1,15
	Gruppo 2a ecc.	1,00	1,30	1,00	1,30	1,00	0,60	1,00	0,60	1,30	0,75	1,15	0,00	1,15	1,00	1,15	1,00	1,00	0,00	1,15
	Gruppo 2b centr.	1,00	1,30	1,00	1,30	1,00	0,60	1,00	0,60	1,30	0,75	1,15	0,00	1,15	1,00	1,15	1,00	1,00	0,00	1,15
AZIONI SLU STR	Gruppo 2b ecc.	1,00	1,30	1,00	1,30	1,00	0,60	1,00	0,60	1,30	0,75	1,15	0,00	1,15	1,00	1,15	1,00	1,00	0,00	1,15
	Vento	1,35	1,50	1,00	1,50	1,00	0,60	1,20	1,00	1,50										
	Gruppo 1 centr.	1,35	1,50	1,00	1,50	1,00	0,60	1,20	0,60	1,50	1,00	1,35	0,50	1,35	0,00	1,35	1,00	1,00	0,00	1,35
	Gruppo 1 ecc.	1,35	1,50	1,00	1,50	1,00	0,60	1,20	0,60	1,50	1,00	1,35	0,50	1,35	0,00	1,35	1,00	1,00	0,00	1,35
	Gruppo 2a centr.	1,35	1,50	1,00	1,50	1,00	0,60	1,20	0,60	1,50	0,75	1,35	0,00	1,35	1,00	1,35	1,00	1,00	0,00	1,35
	Gruppo 2a ecc.	1,35	1,50	1,00	1,50	1,00	0,60	1,20	0,60	1,50	0,75	1,35	0,00	1,35	1,00	1,35	1,00	1,00	0,00	1,35
AZIONI SLU EQU	Gruppo 2b centr.	1,35	1,50	1,00	1,50	1,00	0,60	1,20	0,60	1,50	0,75	1,35	0,00	1,35	1,00	1,35	1,00	1,00	0,00	1,35
	Gruppo 2b ecc.	1,35	1,50	1,00	1,50	1,00	0,60	1,20	0,60	1,50	0,75	1,35	0,00	1,35	1,00	1,35	1,00	1,00	0,00	1,35
	Vento	1,10	1,50	1,00	1,50	1,00	0,60	1,20	1,00	1,50										
	Gruppo 1 centr.	1,10	1,50	1,00	1,50	1,00	0,60	1,20	0,60	1,50	1,00	1,35	0,50	1,35	0,00	1,35	1,00	1,00	0,00	1,35
	Gruppo 1 ecc.	1,10	1,50	1,00	1,50	1,00	0,60	1,20	0,60	1,50	1,00	1,35	0,50	1,35	0,00	1,35	1,00	1,00	0,00	1,35
	Gruppo 2a centr.	1,10	1,50	1,00	1,50	1,00	0,60	1,20	0,60	1,50	0,75	1,35	0,00	1,35	1,00	1,35	1,00	1,00	0,00	1,35
AZIONI SLU EQU	Gruppo 2a ecc.	1,10	1,50	1,00	1,50	1,00	0,60	1,20	0,60	1,50	0,75	1,35	0,00	1,35	1,00	1,35	1,00	1,00	0,00	1,35
	Gruppo 2b centr.	1,10	1,50	1,00	1,50	1,00	0,60	1,20	0,60	1,50	0,75	1,35	0,00	1,35	1,00	1,35	1,00	1,00	0,00	1,35
	Gruppo 2b ecc.	1,10	1,50	1,00	1,50	1,00	0,60	1,20	0,60	1,50	0,75	1,35	0,00	1,35	1,00	1,35	1,00	1,00	0,00	1,35

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Combinazioni sismiche

Le combinazioni sismiche assunte per le verifiche delle fondazioni sono quelle con direzione principale coincidente con la direzione longitudinale del viadotto, in quanto più sfavorevoli per le verifiche di scorrimento e di portanza della fondazione stessa.

Combinazione	P.p.	Perm.	Accid.		Sisma X	Sisma Y	Sisma Z
SISMA X N+	1,00	1,00	0,20		1,00	0,30	0,30

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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 si utilizza il software di calcolo Aztec CARL 10.0 versione 10.05.b – carico limite e cedimenti.

### 5.1.2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Progetto: Viadotto rampa 5 – spalla SpA

#### Normative di riferimento

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

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

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

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

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

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

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

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

- D.M. 9 Gennaio 1996

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

- D.M. 16 Gennaio 1996

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

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

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

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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

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

- Circolare 617 del 02/02/2009

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

### Verifica al carico limite

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

$$Q_u / R \geq \eta_q$$

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

Caso generale

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

Caso di terreno puramente coesivo  $\phi=0$

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

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

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

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$$

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

$$N_y = 2.0(N_q - 1) \operatorname{tg} \phi$$

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

### Fattori di forma

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

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

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

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

### Fattori di profondità

Si definisce il parametro  $k$  come

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

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

vari coefficienti si esprimono come

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

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

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

$$\gamma = 1$$

#### Fattori di inclinazione del carico

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

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

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

per  $\eta = 0$

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

dove

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

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

per  $\phi=0$

$$b_c = 1 - \frac{2 \eta}{\pi + 2}$$

per  $\phi>0$

$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \operatorname{tg} \phi}$$

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

$$b_y = b_q$$

#### Fattori di inclinazione del terreno

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

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

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

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

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

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

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

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

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

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

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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

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

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

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

## Calcolo delle tensioni indotte

### Metodo di Boussinesq

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

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

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

Per ottenere la pressione indotta da un carico distribuito occorre integrare tale espressione su tutta l'area di carico, considerando il carico  $Q$  come un carico infinitesimo agente su una areola  $dA$ . L'integrazione analitica di questa espressione si presenta estremamente complessa specialmente nel caso di carichi distribuiti in modo non uniforme. Pertanto si ricorre a metodi di soluzione numerica. Dato il carico agente sulla fondazione, si calcola il diagramma delle pressioni indotte sul piano di posa della fondazione. Si divide l'area di carico in un elevato numero di areole rettangolari

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

a ciascuna delle quali compete un carico  $dQ$ : la tensione indotta in un punto  $P(x,y,z)$ , posto alla profondità  $z$ , si otterrà sommando i contributi di tutte le areole di carico calcolati come nella formula di Boussinesq.

## Geometria della fondazione

### *Simbologia adottata*

*Descrizione* Destrizione della fondazione

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

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

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

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

$L$  Lunghezza della fondazione espressa in [m]

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

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

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

<b>Descrizione</b>	<b>Forma</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>B</b>	<b>L</b>	<b>D</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b><math>\omega</math></b>
Fondazione	(R)	6,17	10,68	12,35	21,35	3,00	0,00	0,00

## Descrizione terreni e falda

### Caratteristiche fisico-meccaniche

#### *Simbologia adottata*

*Descrizione* Descrizione terreno

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

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

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

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

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

### Caratteristiche di deformabilità

*Simbologia adottata*

*Descr* Descrizione terreno

*E* Modulo di Young espresso in [MPa]

<b>Descr</b>	<b>E</b>
Depositi fluviali	45,00
Ghiaie di messina	50,00

### Descrizione stratigrafia

*Simbologia adottata*

*n°* Identificativo strato

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

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

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

*Terreno* Terreno dello strato

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

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

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

<b>N</b>	<b>Z1</b>	<b>Z2</b>	<b>Z3</b>	<b>Terreno</b>
1	-3,0	-3,0	-3,0	Depositi fluviali
2	-30,0	-30,0	-30,0	Ghiaie di messina

### Normativa



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

N.T.C. 2008

## Calcolo secondo: **Approccio 1**

### *Simbologia adottata*

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

### **Coefficienti parziali combinazioni statiche**

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

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

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

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

### **Coefficienti parziali combinazioni sismiche**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

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

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

**Condizioni di carico**

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

*Fondazione* Nome identificativo della fondazione

*N* Sforzo normale totale espressa in [daN]

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<i>M<sub>x</sub></i>	Momento in direzione X espressa in [daNm]
<i>M<sub>y</sub></i>	Momento in direzione Y espresso in [daNm]
<i>e<sub>x</sub></i>	Eccentricità del carico lungo X espressa in [m]
<i>e<sub>y</sub></i>	Eccentricità del carico lungo Y espressa in [m]
<i>β</i>	Inclinazione del taglio nel piano espressa in [°]
<i>T</i>	Forza di taglio espressa in [daN]

### 5.1.2.2 VERIFICHE APPROCCIO 1 – COMBINAZIONE 1

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

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>M<sub>x</sub></b>	<b>M<sub>y</sub></b>	<b>e<sub>x</sub></b>	<b>e<sub>y</sub></b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	8604000,0	225600,0	3410800,0	0,4	0,0	89,7	2155722,3

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

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>M<sub>x</sub></b>	<b>M<sub>y</sub></b>	<b>e<sub>x</sub></b>	<b>e<sub>y</sub></b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	8727200,0	1041300,0	4675400,0	0,5	-0,1	89,6	2297852,3

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

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>M<sub>x</sub></b>	<b>M<sub>y</sub></b>	<b>e<sub>x</sub></b>	<b>e<sub>y</sub></b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	8837000,0	1170700,0	4988200,0	0,6	-0,1	89,6	2297852,3

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

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>M<sub>x</sub></b>	<b>M<sub>y</sub></b>	<b>e<sub>x</sub></b>	<b>e<sub>y</sub></b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	8696400,0	870500,0	4669800,0	0,5	-0,1	89,6	2291052,4

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

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>M<sub>x</sub></b>	<b>M<sub>y</sub></b>	<b>e<sub>x</sub></b>	<b>e<sub>y</sub></b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	8778800,0	967600,0	4904400,0	0,6	-0,1	89,6	2291052,4

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Condizione n° 6 (Condizione n° 6)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Fondazione	8696400,0	967600,0	3758000,0	0,4	-0,1	89,6	2206654,4

Condizione n° 7 (Condizione n° 7)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Fondazione	8778800,0	967600,0	3992600,0	0,5	-0,1	89,6	2206654,4

Condizione n° 8 (Condizione n° 8)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Fondazione	8696400,0	1252900,0	4359200,0	0,5	-0,1	88,8	2262807,0

Condizione n° 9 (Condizione n° 9)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Fondazione	8788800,0	1350000,0	4593800,0	0,5	-0,2	88,8	2262807,0

Condizione n° 10 (Condizione n° 10)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Fondazione	8831400,0	358400,0	9020800,0	1,0	0,0	89,6	2359350,9

**Descrizione combinazioni di carico**

*Simbologia adottata*

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Combinazione n° 1 SLU - Caso A1-M1

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

Combinazione n° 2 SLU - Caso A1-M1

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

Combinazione n° 3 SLU - Caso A1-M1

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

Combinazione n° 4 SLU - Caso A1-M1

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

Combinazione n° 5 SLU - Caso A1-M1

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

Combinazione n° 6 SLU - Caso A1-M1

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

Combinazione n° 7 SLU - Caso A1-M1

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

Combinazione n° 8 SLU - Caso A1-M1

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

Combinazione n° 9 SLU - Caso A1-M1

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

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

Combinazione n° 10 SLU - Caso A1-M1

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

**Analisi in condizioni drenate**

**Verifica della portanza per carichi verticali**

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

La relazione adottata è la seguente:

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

Altezza del cuneo di rottura: AUTOMATICA

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

Nel calcolo della portanza sono state richieste le seguenti opzioni:

Riduzione sismica: NESSUNA

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

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

Riduzione per carico eccentrico: MEYERHOF

Riduzione per rottura locale o punzonamento del terreno: VESIC

Meccanismo di punzonamento in presenza di falda.

**Fondazione**

Combinazione n° 1

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

Spessore dello strato	H = 12,66	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 38,00$	[°]
Coesione	c = 0,00	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	G = 166,67	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta	B' = B - 2 ex = 11,56 [m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 21,30 [m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 61,35$	$N_q = 48,93$	$N_\gamma = 78,02$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,62$	$i_q = 0,63$	$i_\gamma = 0,47$
$d_c = 1,06$	$d_q = 1,06$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 13,27 + 27,48 = 40,75 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 100292497,54 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 100292497,54 \text{ [daN]}$$

$$V = 8604000,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 100292497,54 / 8604000,00 = 11,66$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,62 \qquad I_{rc} = 254,46$$

Combinazione n° 2

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 12,66	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 38,00$	[°]
Coesione	c = 0,00	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	G = 166,67	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta	B' = B - 2 ex = 11,28 [m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 21,11 [m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 61,35$	$N_q = 48,93$	$N_\gamma = 78,02$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,60$	$i_q = 0,61$	$i_\gamma = 0,45$
$d_c = 1,06$	$d_q = 1,06$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 12,87 + 25,56 = 38,43 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 91503460,50 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 91503460,50 \text{ [daN]}$$

$$V = 8727200,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 91503460,50 / 8727200,00 = 10,48$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,60 \qquad I_{rc} = 254,46$$



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

### Combinazione n° 3

#### Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 12,66	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 38,00$	[°]
Coazione	c = 0,00	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	G = 166,67	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta	B' = B - 2 ex = 11,22 [m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 21,09 [m]

#### Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 61,35$	$N_q = 48,93$	$N_\gamma = 78,02$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,60$	$i_q = 0,61$	$i_\gamma = 0,45$
$d_c = 1,06$	$d_q = 1,06$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 12,96 + 25,73 = 38,69 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 91542125,25 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 91542125,25 \text{ [daN]}$$

$$V = 8837000,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 91542125,25 / 8837000,00 = 10,36$$

#### Indici rigidezza

$$I_c = 0,60 \quad I_{rc} = 254,46$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

#### Combinazione n° 4

#### Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 12,66	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 38,00$	[°]
Coesione	c = 0,00	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	G = 166,67	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta	B' = B - 2 ex = 11,28 [m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 21,15 [m]

#### Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 61,35$	$N_q = 48,93$	$N_\gamma = 78,02$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,60$	$i_q = 0,61$	$i_\gamma = 0,45$
$d_c = 1,06$	$d_q = 1,06$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 12,86 + 25,54 = 38,41 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 91591777,44 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 91591777,44 \text{ [daN]}$$

$$V = 8696400,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 91591777,44 / 8696400,00 = 10,53$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

Indici rigidezza

$I_c = 0,60$

$I_{rc} = 254,46$

Combinazione n° 5

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 12,66$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 38,00$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G = 166,67$	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta  $B' = B - 2 e_x = 11,23$  [m]

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 e_y = 21,13$  [m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 61,35$	$N_q = 48,93$	$N_\gamma = 78,02$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,60$	$i_q = 0,61$	$i_\gamma = 0,45$
$d_c = 1,06$	$d_q = 1,06$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 12,93 + 25,67 = 38,60 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 91621570,56 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 91621570,56 \text{ [daN]}$$

$$V = 8778800,00 \text{ [daN]}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

$$\eta = Q_u / V = 91621570,56 / 8778800,00 = 10,44$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,60$$

$$I_{rc} = 254,46$$

### Combinazione n° 6

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 12,66	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 38,00$	[°]
Coesione	c = 0,00	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	G = 166,67	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta  $B' = B - 2 e_x = 11,49$  [m]

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 e_y = 21,13$  [m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 61,35$	$N_q = 48,93$	$N_\gamma = 78,02$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,61$	$i_q = 0,62$	$i_\gamma = 0,46$
$d_c = 1,06$	$d_q = 1,06$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 13,14 + 26,92 = 40,06 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 97220578,78 \text{ [daN]}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$Q_d = 97220578,78 \text{ [daN]}$$

$$V = 8696400,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 97220578,78 / 8696400,00 = 11,18$$

Indici rigidità

$$I_c = 0,61$$

$$I_{rc} = 254,46$$

Combinazione n° 7

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 12,66	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 38,00$	[°]
Coesione	c = 0,00	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	G = 166,67	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta  $B' = B - 2 e_x = 11,44 \text{ [m]}$

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 e_y = 21,13 \text{ [m]}$

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 61,35$	$N_q = 48,93$	$N_\gamma = 78,02$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,62$	$i_q = 0,62$	$i_\gamma = 0,47$
$d_c = 1,06$	$d_q = 1,06$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

$$q_u = 0,00 + 13,21 + 27,04 = 40,25 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 97301261,42 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 97301261,42 \text{ [daN]}$$

$$V = 8778800,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 97301261,42 / 8778800,00 = 11,08$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,62$$

$$I_{rc} = 254,46$$

Combinazione n° 8

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 12,66	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 38,00$	[°]
Coesione	c = 0,00	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	G = 166,67	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta  $B' = B - 2 e_x = 11,35 \text{ [m]}$

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 e_y = 21,06 \text{ [m]}$

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 61,35$	$N_q = 48,93$	$N_\gamma = 78,02$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,63$	$i_q = 0,63$	$i_\gamma = 0,47$
$d_c = 1,06$	$d_q = 1,06$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 13,44 + 26,98 = 40,42 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 96601662,15 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 96601662,15 \text{ [daN]}$$

$$V = 8696400,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 96601662,15 / 8696400,00 = 11,11$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,63$$

$$I_{rc} = 254,46$$

Combinazione n° 9

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 12,66	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 38,00$	[°]
Coesione	c = 0,00	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	G = 166,67	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta  $B' = B - 2 \text{ ex} = 11,30 \text{ [m]}$

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 \text{ ey} = 21,04 \text{ [m]}$

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

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

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

$$i_c = 0,63 \qquad i_q = 0,64 \qquad i_\gamma = 0,47$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

$d_c = 1,06$	$d_q = 1,06$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 13,52 + 27,13 = 40,64 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 96681174,71 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 96681174,71 \text{ [daN]}$$

$$V = 8788800,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 96681174,71 / 8788800,00 = 11,00$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,63 \qquad I_{rc} = 254,46$$

### Combinazione n° 10

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 12,66$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 38,00$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G = 166,67$	[daN/cm <sup>2</sup> ]

$$\text{Base ridotta} \qquad B' = B - 2 e_x = 10,31 \text{ [m]}$$

$$\text{Lunghezza ridotta} \qquad L' = L - 2 e_y = 21,27 \text{ [m]}$$

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

N <sub>c</sub> = 61,35	N <sub>q</sub> = 48,93	N <sub>γ</sub> = 78,02
s <sub>c</sub> = 1,00	s <sub>q</sub> = 1,00	s <sub>γ</sub> = 1,00
i <sub>c</sub> = 0,59	i <sub>q</sub> = 0,60	i <sub>γ</sub> = 0,44
d <sub>c</sub> = 1,06	d <sub>q</sub> = 1,06	d <sub>γ</sub> = 1,00
b <sub>c</sub> = 1,00	b <sub>q</sub> = 1,00	b <sub>γ</sub> = 1,00
g <sub>c</sub> = 1,00	g <sub>q</sub> = 1,00	g <sub>γ</sub> = 1,00

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 12,76 + 23,04 = 35,80 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 78487076,13 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 78487076,13 \text{ [daN]}$$

$$V = 8831400,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 78487076,13 / 8831400,00 = 8,89$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,59 \qquad I_{rc} = 254,46$$

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

Partecipazione spinta passiva: 50,00 (%)

La relazione adottata è la seguente:

$$\eta = R / H \geq \eta_{req}$$

$\eta_{req}$ : coefficiente di sicurezza richiesto

*Simbologia adottata*

*Cmb* Identificativo della combinazione

*H* Forza di taglio agente al piano di posa espresso in [daN]

*R<sub>ult1</sub>* Resistenza offerta dal piano di posa per attrito ed adesione espressa in [daN]

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$R_{ult2}$  Resistenza passiva offerta dall'affondamento del piano di posa espressa in [daN]

$R$  Somma di  $R_{ult1}$  e  $R_{ult2}$

$R_{amm}$  Resistenza ammissibile allo scorrimento espressa in [daN]

$\eta$  Coeff. di sicurezza allo scorrimento

### Fondazione

<b>Cmb</b>	<b>H</b>	<b><math>R_{ult1}</math></b>	<b><math>R_{ult2}</math></b>	<b>R</b>	<b><math>R_{amm}</math></b>	<b><math>\eta</math></b>
1	2155700,00	6722181,53	0,00	6722181,53	6722181,53	3,12
2	2297800,00	6818435,92	0,00	6818435,92	6818435,92	2,97
3	2297800,00	6904221,08	0,00	6904221,08	6904221,08	3,00
4	2291000,00	6794372,32	0,00	6794372,32	6794372,32	2,97
5	2291000,00	6858750,26	0,00	6858750,26	6858750,26	2,99
6	2206600,00	6794372,32	0,00	6794372,32	6794372,32	3,08
7	2206600,00	6858750,26	0,00	6858750,26	6858750,26	3,11
8	2262300,00	6794372,32	0,00	6794372,32	6794372,32	3,00
9	2262300,00	6866563,11	0,00	6866563,11	6866563,11	3,04
10	2359300,00	6899845,88	0,00	6899845,88	6899845,88	2,92

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 5.1.2.3 VERIFICHE APPROCCIO 1 – COMBINAZIONE 2

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

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	6806300,0	195600,0	2550800,0	0,4	0,0	89,7	1866519,4

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

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	6911300,0	892300,0	3628000,0	0,5	-0,1	89,6	1987645,2

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

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	7004800,0	1002600,0	3894400,0	0,6	-0,1	89,6	1987645,2

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

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	6885000,0	746900,0	3623200,0	0,5	-0,1	89,6	1981945,3

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

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	6955200,0	829600,0	3823000,0	0,5	-0,1	89,6	1981945,3

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

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	6885000,0	829600,0	2878800,0	0,4	-0,1	89,6	1912946,9

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Fondazione	6955200,0	829600,0	3078600,0	0,4	-0,1	89,6	1912946,9

Condizione n° 8 (Condizione n° 8)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Fondazione	6885000,0	1072600,0	3358700,0	0,5	-0,2	88,8	1957829,3

Condizione n° 9 (Condizione n° 9)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Fondazione	6955200,0	1155300,0	3558500,0	0,5	-0,2	88,8	1957829,3

Condizione n° 10 (Condizione n° 10)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Fondazione	7000300,0	310600,0	7331800,0	1,0	0,0	89,7	2450436,6

Condizione n° 11 (Condizione n° 11) – COMBINAZIONE SISMICA

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Fondazione	6355200,0	4413200,0	17097000,0	2,7	-0,7	78,0	3589927,7

Condizione n° 12 (Condizione n° 12) – COMBINAZIONE SISMICA

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>T</b>
Fondazione	6387800,0	4403700,0	17143400,0	2,7	-0,7	78,0	3589927,7

**Descrizione combinazioni di carico**

*Simbologia adottata*

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 SLU - Caso A2-M2

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

Combinazione n° 2 SLU - Caso A2-M2

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

Combinazione n° 3 SLU - Caso A2-M2

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

Combinazione n° 4 SLU - Caso A2-M2

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

Combinazione n° 5 SLU - Caso A2-M2

	$\gamma$	$\Psi$	C
Condizione n° 5	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLU - Caso A2-M2

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

Combinazione n° 7 SLU - Caso A2-M2

	$\gamma$	$\Psi$	C
Condizione n° 7	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 SLU - Caso A2-M2

	$\gamma$	$\Psi$	C

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Condizione n° 8                      1.00              1.00              1.00

Combinazione n° 9 SLU - Caso A2-M2

$\gamma$                $\Psi$               **C**

Condizione n° 9                      1.00              1.00              1.00

Combinazione n° 10 SLU - Caso A2-M2

$\gamma$                $\Psi$               **C**

Condizione n° 10                      1.00              1.00              1.00

Combinazione n° 11 SLU – COMBINAZIONE SISMICA

$\gamma$                $\Psi$               **C**

Condizione n° 11                      1.00              1.00              1.00

Combinazione n° 12 SLU – COMBINAZIONE SISMICA

$\gamma$                $\Psi$               **C**

Condizione n° 12                      1.00              1.00              1.00

**Analisi in condizioni drenate**

**Verifica della portanza per carichi verticali**

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

La relazione adottata è la seguente:

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

Altezza del cuneo di rottura: AUTOMATICA

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

Nel calcolo della portanza sono state richieste le seguenti opzioni:

Riduzione sismica: NESSUNA

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

Riduzione per carico eccentrico: MEYERHOF

Riduzione per rottura locale o punzonamento del terreno: VESIC

Meccanismo di punzonamento in presenza di falda.

### **Fondazione**

#### Combinazione n° 1

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 11,14$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 32,01$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G = 166,67$	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta  $B' = B - 2 e_x = 11,60$  [m]

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 e_y = 21,29$  [m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 35,51$	$N_q = 23,19$	$N_\gamma = 30,24$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,58$	$i_q = 0,59$	$i_\gamma = 0,43$
$d_c = 1,07$	$d_q = 1,07$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 8,83 + 14,38 = 23,21 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

$$Q_u = 57325483,08 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 31847490,60 \text{ [daN]}$$

$$V = 6806300,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 57325483,08 / 6806300,00 = 8,42$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,58 \qquad I_{rc} = 120,46$$

Combinazione n° 2

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 11,14	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 32,01$	[°]
Coesione	c = 0,00	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	G = 166,67	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta  $B' = B - 2 e_x = 11,30 \text{ [m]}$

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 e_y = 21,09 \text{ [m]}$

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 35,51$	$N_q = 23,19$	$N_\gamma = 30,24$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,56$	$i_q = 0,57$	$i_\gamma = 0,41$
$d_c = 1,07$	$d_q = 1,07$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 8,54 + 13,30 = 21,84 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$Q_u = 52050640,71 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 28917022,62 \text{ [daN]}$$

$$V = 6911300,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 52050640,71 / 6911300,00 = 7,53$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,56 \qquad I_{rc} = 120,46$$

### Combinazione n° 3

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 11,14$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 32,01$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G = 166,67$	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta  $B' = B - 2 \text{ ex} = 11,24 \text{ [m]}$

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 \text{ ey} = 21,06 \text{ [m]}$

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 35,51$	$N_q = 23,19$	$N_\gamma = 30,24$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,56$	$i_q = 0,58$	$i_\gamma = 0,42$
$d_c = 1,07$	$d_q = 1,07$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

$$q_u = 0,00 + 8,61 + 13,42 = 22,03 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 52147166,84 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 28970648,25 \text{ [daN]}$$

$$V = 7004800,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 52147166,84 / 7004800,00 = 7,44$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,56$$

$$I_{rc} = 120,46$$

Combinazione n° 4

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 11,14	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 32,01$	[°]
Coesione	c = 0,00	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	G = 166,67	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta  $B' = B - 2 e_x = 11,30 \text{ [m]}$

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 e_y = 21,13 \text{ [m]}$

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 35,51$	$N_q = 23,19$	$N_\gamma = 30,24$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,56$	$i_q = 0,57$	$i_\gamma = 0,41$
$d_c = 1,07$	$d_q = 1,07$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

$$q_u = 0,00 + 8,53 + 13,28 = 21,82 \text{ [daN/cmq]}$$

$$Q_u = 52087820,88 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 28937678,27 \text{ [daN]}$$

$$V = 6885000,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 52087820,88 / 6885000,00 = 7,57$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,56$$

$$I_{rc} = 120,46$$

#### Combinazione n° 5

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 11,14$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 32,01$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G = 166,67$	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta  $B' = B - 2 e_x = 11,25 \text{ [m]}$

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 e_y = 21,11 \text{ [m]}$

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 35,51$	$N_q = 23,19$	$N_\gamma = 30,24$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,56$	$i_q = 0,58$	$i_\gamma = 0,41$
$d_c = 1,07$	$d_q = 1,07$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 8,59 + 13,37 = 21,96 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 52161765,67 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 28978758,70 \text{ [daN]}$$

$$V = 6955200,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 52161765,67 / 6955200,00 = 7,50$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,56$$

$$I_{rc} = 120,46$$

Combinazione n° 6

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 11,14	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 32,01$	[°]
Coesione	c = 0,00	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	G = 166,67	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta  $B' = B - 2 e_x = 11,51 \text{ [m]}$

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 e_y = 21,11 \text{ [m]}$

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 35,51$	$N_q = 23,19$	$N_\gamma = 30,24$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,57$	$i_q = 0,59$	$i_\gamma = 0,42$
$d_c = 1,07$	$d_q = 1,07$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 8,73 + 14,04 = 22,77 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 55344072,44 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 30746706,91 \text{ [daN]}$$

$$V = 6885000,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 55344072,44 / 6885000,00 = 8,04$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,57$$

$$I_{rc} = 120,46$$

#### Combinazione n° 7

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 11,14	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 32,01$	[°]
Coesione	c = 0,00	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	G = 166,67	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta  $B' = B - 2 \text{ ex} = 11,46 \text{ [m]}$

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 \text{ ey} = 21,11 \text{ [m]}$

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$N_c = 35,51 \qquad N_q = 23,19 \qquad N_\gamma = 30,24$$

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

$$i_c = 0,57 \qquad i_q = 0,59 \qquad i_\gamma = 0,43$$

$$d_c = 1,07 \qquad d_q = 1,07 \qquad d_\gamma = 1,00$$

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

$$g_c = 1,00$$

$$g_q = 1,00$$

$$g_\gamma = 1,00$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 8,78 + 14,13 = 22,91 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 55451297,45 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 30806276,36 \text{ [daN]}$$

$$V = 6955200,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 55451297,45 / 6955200,00 = 7,97$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,57$$

$$I_{rc} = 120,46$$

#### Combinazione n° 8

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato  $H = 11,14$  [m]

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

Angolo di attrito  $\phi = 32,01$  [°]

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

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

Base ridotta  $B' = B - 2 e_x = 11,37$  [m]

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 e_y = 21,04$  [m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$N_c = 35,51$$

$$N_q = 23,19$$

$$N_\gamma = 30,24$$

$$s_c = 1,00$$

$$s_q = 1,00$$

$$s_\gamma = 1,00$$

$$i_c = 0,58$$

$$i_q = 0,60$$

$$i_\gamma = 0,43$$

$$d_c = 1,07$$

$$d_q = 1,07$$

$$d_\gamma = 1,00$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

$$b_c = 1,00$$

$$b_q = 1,00$$

$$b_\gamma = 1,00$$

$$g_c = 1,00$$

$$g_q = 1,00$$

$$g_\gamma = 1,00$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 8,95 + 14,10 = 23,05 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 55149040,17 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 30638355,65 \text{ [daN]}$$

$$V = 6885000,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 55149040,17 / 6885000,00 = 8,01$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,58$$

$$I_{rc} = 120,46$$

### Combinazione n° 9

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato  $H = 11,14$  [m]

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

Angolo di attrito  $\phi = 32,01$  [°]

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

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

Base ridotta  $B' = B - 2 e_x = 11,33$  [m]

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 e_y = 21,02$  [m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$N_c = 35,51$$

$$N_q = 23,19$$

$$N_\gamma = 30,24$$

$$s_c = 1,00$$

$$s_q = 1,00$$

$$s_\gamma = 1,00$$

$$i_c = 0,59$$

$$i_q = 0,61$$

$$i_\gamma = 0,44$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

$d_c = 1,07$	$d_q = 1,07$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 9,00 + 14,18 = 23,18 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 55191218,01 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 30661787,78 \text{ [daN]}$$

$$V = 6955200,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 55191218,01 / 6955200,00 = 7,94$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,59 \qquad I_{rc} = 120,46$$

#### Combinazione n° 10

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 11,14$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 32,01$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G = 166,67$	[daN/cm <sup>2</sup> ]

Base ridotta  $B' = B - 2 \text{ ex} = 10,26 \text{ [m]}$

Lunghezza ridotta  $L' = L - 2 \text{ ey} = 21,26 \text{ [m]}$

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 35,51$	$N_q = 23,19$	$N_\gamma = 30,24$
$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

$i_c = 0,47$	$i_q = 0,50$	$i_\gamma = 0,32$
$d_c = 1,07$	$d_q = 1,07$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 7,37 + 9,50 = 16,86 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 36771295,65 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 20428497,58 \text{ [daN]}$$

$$V = 7000300,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 36771295,65 / 7000300,00 = 5,25$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,47 \qquad I_{rc} = 120,46$$

### Combinazione n° 11 – COMBINAZIONE SISMICA

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 11,14$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 32,01$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G = 166,67$	[daN/cm <sup>2</sup> ]

$$\text{Base ridotta} \qquad B' = B - 2 \text{ ex} = 7,15 \text{ [m]}$$

$$\text{Lunghezza ridotta} \qquad L' = L - 2 \text{ ey} = 19,94 \text{ [m]}$$

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$N_c = 35,51 \qquad N_q = 23,19 \qquad N_\gamma = 30,24$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
$i_c = 0,38$	$i_q = 0,41$	$i_\gamma = 0,22$
$d_c = 1,07$	$d_q = 1,07$	$d_\gamma = 1,00$
$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 6,11 + 4,44 = 10,55 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 15034590,04 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 8352550,02 \text{ [daN]}$$

$$V = 6632200,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 15034590,04 / 6632200,00 = 2,27$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,38 \qquad I_{rc} = 120,46$$

### Combinazione n° 12 – COMBINAZIONE SISMICA

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 11,14$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1900,00$	[daN/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 32,01$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[daN/cm <sup>2</sup> ]
Modulo di taglio	$G = 166,67$	[daN/cm <sup>2</sup> ]

$$\text{Base ridotta} \qquad B' = B - 2 \text{ ex} = 7,16 \text{ [m]}$$

$$\text{Lunghezza ridotta} \qquad L' = L - 2 \text{ ey} = 19,95 \text{ [m]}$$

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

N <sub>c</sub> = 35,51	N <sub>q</sub> = 23,19	N <sub>γ</sub> = 30,24
s <sub>c</sub> = 1,00	s <sub>q</sub> = 1,00	s <sub>γ</sub> = 1,00
i <sub>c</sub> = 0,39	i <sub>q</sub> = 0,41	i <sub>γ</sub> = 0,22
d <sub>c</sub> = 1,07	d <sub>q</sub> = 1,07	d <sub>γ</sub> = 1,00
b <sub>c</sub> = 1,00	b <sub>q</sub> = 1,00	b <sub>γ</sub> = 1,00
g <sub>c</sub> = 1,00	g <sub>q</sub> = 1,00	g <sub>γ</sub> = 1,00

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 6,14 + 4,49 = 10,64 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 15196117,75 \text{ [daN]}$$

$$Q_d = 8442287,64 \text{ [daN]}$$

$$V = 6664700,00 \text{ [daN]}$$

$$\eta = Q_u / V = 15196117,75 / 6664700,00 = 2,28$$

Indici rigidezza

$$I_c = 0,39 \qquad I_{rc} = 120,46$$

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

Partecipazione spinta passiva: 50,00 (%)

La relazione adottata è la seguente:

$$\eta = R / H \geq \eta_{req}$$

$\eta_{req}$ : coefficiente di sicurezza richiesto

*Simbologia adottata*

*Cmb* Identificativo della combinazione

*H* Forza di taglio agente al piano di posa espresso in [daN]

*R<sub>ult1</sub>* Resistenza offerta dal piano di posa per attrito ed adesione espressa in [daN]

*R<sub>ult2</sub>* Resistenza passiva offerta dall'affondamento del piano di posa espressa in [daN]

*R* Somma di *R<sub>ult1</sub>* e *R<sub>ult2</sub>*

*R<sub>amm</sub>* Resistenza ammissibile allo scorrimento espressa in [daN]

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$\eta$       Coeff. di sicurezza allo scorrimento

### Fondazione

<b>Cmb</b>	<b>H</b>	<b>R<sub>ult1</sub></b>	<b>R<sub>ult2</sub></b>	<b>R</b>	<b>R<sub>amm</sub></b>	<b><math>\eta</math></b>
1	1866500,00	4254131,49	0,00	4254131,49	3867392,26	2,28
2	1987600,00	4319759,48	0,00	4319759,48	3927054,07	2,17
3	1987600,00	4378199,65	0,00	4378199,65	3980181,50	2,20
4	1981900,00	4303321,23	0,00	4303321,23	3912110,21	2,17
5	1981900,00	4347198,23	0,00	4347198,23	3951998,39	2,19
6	1912900,00	4303321,23	0,00	4303321,23	3912110,21	2,25
7	1912900,00	4347198,23	0,00	4347198,23	3951998,39	2,27
8	1957400,00	4303321,23	0,00	4303321,23	3912110,21	2,20
9	1957400,00	4347198,23	0,00	4347198,23	3951998,39	2,22
10	2450400,00	4375387,02	0,00	4375387,02	3977624,56	1,79
11	3511200,00	3972181,13	0,00	3972181,13	3611073,76	1,13
12	3511200,00	3992557,06	0,00	3992557,06	3629597,33	1,14

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 5.1.2.4 VERIFICHE SLE - CEDIMENTI

##### Cedimenti della fondazione

##### Metodo Elastico

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

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

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

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

dove

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

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

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

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

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

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

dove i termini sono stati già descritti sopra.

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

##### Condizioni di carico

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

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

Condizione n° 1 (Condizione n° 1)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	58588,000	1504,000	32309,000	0,6	0,0	89,7	14381,147

Condizione n° 2 (Condizione n° 2)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	59501,000	7448,000	41675,000	0,7	-0,1	89,6	15434,344

Condizione n° 3 (Condizione n° 3)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	60314,000	8407,000	43993,000	0,7	-0,1	89,6	15424,344

Condizione n° 4 (Condizione n° 4)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	59272,000	6183,000	41634,000	0,7	-0,1	89,6	15384,345

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Condizione n° 5 (Condizione n° 5)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	59882,000	6902,000	43372,000	0,7	-0,1	89,6	15384,345

Condizione n° 6 (Condizione n° 6)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	59272,000	6902,000	34880,000	0,6	-0,1	89,6	14758,359

Condizione n° 7 (Condizione n° 7)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	59882,000	6902,000	36618,000	0,6	-0,1	89,6	14758,359

Condizione n° 8 (Condizione n° 8)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	59272,000	9015,000	39334,000	0,7	-0,2	88,7	15174,877

Condizione n° 9 (Condizione n° 9)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	59882,000	9734,000	41072,000	0,7	-0,2	88,7	15174,877

Condizione n° 10 (Condizione n° 10)

<b>Fondazione</b>	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>ex</b>	<b>ey</b>	<b>β</b>	<b>T</b>
Fondazione	60254,000	2390,000	73755,000	1,2	0,0	89,6	15980,332

**Descrizione combinazioni di carico**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_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						

*Simbologia adottata*

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

Combinazione n° 1 SLE

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

Combinazione n° 2 SLE

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

Combinazione n° 3 SLE

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

Combinazione n° 4 SLE

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

Combinazione n° 5 SLE

	$\gamma$	$\Psi$	C
Condizione n° 5	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLE

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

Combinazione n° 7 SLE

	$\gamma$	$\Psi$	C
Condizione n° 7	1.00	1.00	1.00



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### Combinazione n° 8 SLE

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

#### Combinazione n° 9 SLE

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

#### Combinazione n° 10 SLE

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

### **Analisi in condizioni drenate**

#### **Cedimenti**

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

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

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

E' stato richiesto di tenere in conto della fondazione compensata.

#### **Cedimento complessivo**

##### *Simbologia adottata*

*Comb* Identificativo della combinazione

$w_i$  Cedimento elastico espresso in [cm]

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

$H$  Spessore strato compressibile espresso in [m]

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## Fondazione

Comb	$W_i$	$W_{imp}$	H	X	Y
1	3,77	3,94	28,50	6,73	10,70
1	3,43	3,64	28,50	0,00	0,00
1	3,49	3,70	28,50	12,35	0,00
1	3,50	3,70	28,50	12,35	21,35
1	3,43	3,64	28,50	0,00	21,35
2	3,91	4,07	28,70	6,88	10,80
2	3,54	3,75	28,70	0,00	0,00
2	3,64	3,83	28,70	12,35	0,00
2	3,65	3,85	28,70	12,35	21,35
2	3,57	3,77	28,70	0,00	21,35
3	4,00	4,16	28,90	6,90	10,81
3	3,64	3,84	28,90	0,00	0,00
3	3,73	3,92	28,90	12,35	0,00
3	3,74	3,94	28,90	12,35	21,35
3	3,66	3,86	28,90	0,00	21,35
4	3,88	4,05	28,70	6,88	10,78
4	3,52	3,73	28,70	0,00	0,00
4	3,61	3,81	28,70	12,35	0,00
4	3,62	3,82	28,70	12,35	21,35
4	3,54	3,75	28,70	0,00	21,35
5	3,95	4,11	28,80	6,90	10,79
5	3,59	3,80	28,80	0,00	0,00
5	3,68	3,88	28,80	12,35	0,00
5	3,69	3,89	28,80	12,35	21,35
5	3,61	3,82	28,80	0,00	21,35
6	3,86	4,02	28,70	6,76	10,79
6	3,51	3,71	28,70	0,00	0,00
6	3,57	3,77	28,70	12,35	0,00
6	3,60	3,79	28,70	12,35	21,35
6	3,53	3,73	28,70	0,00	21,35

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7	3,92	4,08	28,80	6,79	10,79
7	3,57	3,77	28,80	0,00	0,00
7	3,64	3,84	28,80	12,35	0,00
7	3,66	3,86	28,80	12,35	21,35
7	3,59	3,80	28,80	0,00	21,35
8	3,88	4,04	28,70	6,84	10,83
8	3,51	3,72	28,70	0,00	0,00
8	3,60	3,79	28,70	12,35	0,00
8	3,62	3,81	28,70	12,35	21,35
8	3,55	3,74	28,70	0,00	21,35
9	3,95	4,10	28,80	6,86	10,84
9	3,59	3,79	28,80	0,00	0,00
9	3,67	3,86	28,80	12,35	0,00
9	3,69	3,88	28,80	12,35	21,35
9	3,62	3,82	28,80	0,00	21,35
10	4,14	4,35	28,90	7,40	10,71
10	3,75	4,01	28,90	0,00	0,00
10	3,91	4,14	28,90	12,35	0,00
10	3,91	4,15	28,90	12,35	21,35
10	3,76	4,01	28,90	0,00	21,35

### Cedimento dei singoli strati

#### Simbologia adottata

*Strato* Identificativo dello strato

*Terreno* Terreno dello strato

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

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

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

### Fondazione (Combinazione n° 1)

<b>Strato</b>	<b>Terreno</b>	<b><math>\Delta H</math></b>	<b><math>\Delta w_i</math></b>	<b><math>\Delta w_{imp}</math></b>
---------------	----------------	------------------------------	--------------------------------	------------------------------------

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<b>Totale</b>	<b>25,50</b>	<b>3,7666</b>	<b>3,9356</b>
---------------	--------------	---------------	---------------

**Fondazione** (Combinazione n° 2)

	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Strato</b>				
<b>Totale</b>		<b>25,70</b>	<b>3,9053</b>	<b>4,0675</b>

**Fondazione** (Combinazione n° 3)

	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Strato</b>				
<b>Totale</b>		<b>25,90</b>	<b>3,9991</b>	<b>4,1607</b>

**Fondazione** (Combinazione n° 4)

	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Strato</b>				
<b>Totale</b>		<b>25,70</b>	<b>3,8813</b>	<b>4,0465</b>

**Fondazione** (Combinazione n° 5)

	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Strato</b>				
<b>Totale</b>		<b>25,80</b>	<b>3,9482</b>	<b>4,1139</b>

**Fondazione** (Combinazione n° 6)

	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Strato</b>				
<b>Totale</b>		<b>25,70</b>	<b>3,8570</b>	<b>4,0174</b>

**Fondazione** (Combinazione n° 7)

	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Strato</b>				
<b>Totale</b>		<b>25,80</b>	<b>3,9212</b>	<b>4,0835</b>

**Fondazione** (Combinazione n° 8)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Strato	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Totale</b>		<b>25,70</b>	<b>3,8832</b>	<b>4,0373</b>

**Fondazione** (Combinazione n° 9)

Strato	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Totale</b>		<b>25,80</b>	<b>3,9511</b>	<b>4,1045</b>

**Fondazione** (Combinazione n° 10)

Strato	Terreno	$\Delta H$	$\Delta w_i$	$\Delta w_{imp}$
<b>Totale</b>		<b>25,90</b>	<b>4,1446</b>	<b>4,3536</b>

**Dettagli sui cedimenti dei singoli strati**

*Simbologia adottata*

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

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

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

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

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

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

**Fondazione** (Combinazione n° 1)

$n^\circ$	$z$	$\Delta H$	$\Delta \sigma_v$	$E$	$\Delta w$
1	-3,64	1,28	16,9	5000,0	0,0261
2	-4,91	1,28	16,6	5000,0	0,3268
3	-6,19	1,28	16,0	5000,0	0,3554
4	-7,46	1,28	14,9	5000,0	0,3465
5	-8,74	1,28	13,6	5000,0	0,3258
6	-10,01	1,28	12,2	5000,0	0,2995

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7	-11,29	1,28	10,9	5000,0	0,2716
8	-12,56	1,28	9,7	5000,0	0,2444
9	-13,84	1,28	8,6	5000,0	0,2191
10	-15,11	1,28	7,7	5000,0	0,1961
11	-16,39	1,28	6,8	5000,0	0,1756
12	-17,66	1,28	6,1	5000,0	0,1574
13	-18,94	1,28	5,5	5000,0	0,1415
14	-20,21	1,28	4,9	5000,0	0,1275
15	-21,49	1,28	4,4	5000,0	0,1152
16	-22,76	1,28	4,0	5000,0	0,1045
17	-24,04	1,28	3,6	5000,0	0,0950
18	-25,31	1,28	3,3	5000,0	0,0867
19	-26,59	1,28	3,0	5000,0	0,0793
20	-27,86	1,28	2,8	5000,0	0,0727
<b>Totale</b>		<b>25,50</b>			<b>3,7666</b>

#### Fondazione (Combinazione n° 2)

n°	z	$\Delta H$	$\Delta \sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-3,64	1,29	17,5	5000,0	0,0396
2	-4,93	1,29	17,3	5000,0	0,3458
3	-6,21	1,29	16,5	5000,0	0,3726
4	-7,50	1,29	15,4	5000,0	0,3617
5	-8,78	1,29	14,0	5000,0	0,3385
6	-10,07	1,29	12,5	5000,0	0,3101
7	-11,35	1,29	11,2	5000,0	0,2803
8	-12,64	1,29	9,9	5000,0	0,2516
9	-13,92	1,29	8,8	5000,0	0,2250
10	-15,21	1,29	7,8	5000,0	0,2011
11	-16,49	1,29	6,9	5000,0	0,1798
12	-17,78	1,29	6,2	5000,0	0,1610
13	-19,06	1,29	5,5	5000,0	0,1446
14	-20,35	1,29	5,0	5000,0	0,1301

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

15	-21,63	1,29	4,5	5000,0	0,1175
16	-22,92	1,29	4,0	5000,0	0,1065
17	-24,20	1,29	3,7	5000,0	0,0968
18	-25,49	1,29	3,3	5000,0	0,0882
19	-26,77	1,29	3,1	5000,0	0,0807
20	-28,06	1,29	2,8	5000,0	0,0740
<b>Totale</b>		<b>25,70</b>			<b>3,9053</b>

#### Fondazione (Combinazione n° 3)

n°	z	$\Delta H$	$\Delta\sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-3,65	1,30	17,9	5000,0	0,0450
2	-4,94	1,30	17,7	5000,0	0,3577
3	-6,24	1,30	16,9	5000,0	0,3838
4	-7,53	1,30	15,7	5000,0	0,3719
5	-8,83	1,30	14,2	5000,0	0,3474
6	-10,12	1,30	12,7	5000,0	0,3176
7	-11,42	1,30	11,3	5000,0	0,2866
8	-12,71	1,30	10,0	5000,0	0,2569
9	-14,01	1,30	8,9	5000,0	0,2295
10	-15,30	1,30	7,9	5000,0	0,2049
11	-16,60	1,30	7,0	5000,0	0,1830
12	-17,89	1,30	6,2	5000,0	0,1638
13	-19,19	1,30	5,6	5000,0	0,1469
14	-20,48	1,30	5,0	5000,0	0,1322
15	-21,78	1,30	4,5	5000,0	0,1193
16	-23,07	1,30	4,1	5000,0	0,1081
17	-24,37	1,30	3,7	5000,0	0,0982
18	-25,66	1,30	3,4	5000,0	0,0895
19	-26,96	1,30	3,1	5000,0	0,0818
20	-28,25	1,30	2,8	5000,0	0,0750
<b>Totale</b>		<b>25,90</b>			<b>3,9991</b>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Fondazione (Combinazione n° 4)**

n°	z	$\Delta H$	$\Delta\sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-3,64	1,29	17,4	5000,0	0,0360
2	-4,93	1,29	17,2	5000,0	0,3436
3	-6,21	1,29	16,5	5000,0	0,3707
4	-7,50	1,29	15,3	5000,0	0,3598
5	-8,78	1,29	13,9	5000,0	0,3368
6	-10,07	1,29	12,5	5000,0	0,3085
7	-11,35	1,29	11,1	5000,0	0,2789
8	-12,64	1,29	9,9	5000,0	0,2503
9	-13,92	1,29	8,7	5000,0	0,2238
10	-15,21	1,29	7,8	5000,0	0,2000
11	-16,49	1,29	6,9	5000,0	0,1788
12	-17,78	1,29	6,1	5000,0	0,1602
13	-19,06	1,29	5,5	5000,0	0,1438
14	-20,35	1,29	4,9	5000,0	0,1295
15	-21,63	1,29	4,4	5000,0	0,1169
16	-22,92	1,29	4,0	5000,0	0,1059
17	-24,20	1,29	3,7	5000,0	0,0963
18	-25,49	1,29	3,3	5000,0	0,0878
19	-26,77	1,29	3,0	5000,0	0,0803
20	-28,06	1,29	2,8	5000,0	0,0736
<b>Totale</b>		<b>25,70</b>			<b>3,8813</b>

**Fondazione (Combinazione n° 5)**

n°	z	$\Delta H$	$\Delta\sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-3,65	1,29	17,7	5000,0	0,0390
2	-4,94	1,29	17,5	5000,0	0,3515
3	-6,23	1,29	16,7	5000,0	0,3784
4	-7,52	1,29	15,5	5000,0	0,3669
5	-8,81	1,29	14,1	5000,0	0,3430



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6	-10,10	1,29	12,6	5000,0	0,3138
7	-11,39	1,29	11,2	5000,0	0,2834
8	-12,68	1,29	10,0	5000,0	0,2542
9	-13,97	1,29	8,8	5000,0	0,2272
10	-15,26	1,29	7,8	5000,0	0,2029
11	-16,55	1,29	7,0	5000,0	0,1813
12	-17,84	1,29	6,2	5000,0	0,1623
13	-19,13	1,29	5,5	5000,0	0,1457
14	-20,42	1,29	5,0	5000,0	0,1311
15	-21,71	1,29	4,5	5000,0	0,1184
16	-23,00	1,29	4,1	5000,0	0,1072
17	-24,29	1,29	3,7	5000,0	0,0974
18	-25,58	1,29	3,3	5000,0	0,0888
19	-26,87	1,29	3,1	5000,0	0,0812
20	-28,16	1,29	2,8	5000,0	0,0745
<b>Totale</b>		<b>25,80</b>			<b>3,9482</b>

#### Fondazione (Combinazione n° 6)

n°	z	$\Delta H$	$\Delta\sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-3,64	1,29	17,2	5000,0	0,0380
2	-4,93	1,29	17,0	5000,0	0,3385
3	-6,21	1,29	16,3	5000,0	0,3655
4	-7,50	1,29	15,1	5000,0	0,3557
5	-8,78	1,29	13,8	5000,0	0,3337
6	-10,07	1,29	12,4	5000,0	0,3062
7	-11,35	1,29	11,0	5000,0	0,2772
8	-12,64	1,29	9,8	5000,0	0,2491
9	-13,92	1,29	8,7	5000,0	0,2229
10	-15,21	1,29	7,7	5000,0	0,1993
11	-16,49	1,29	6,9	5000,0	0,1783
12	-17,78	1,29	6,1	5000,0	0,1598
13	-19,06	1,29	5,5	5000,0	0,1435

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

14	-20,35	1,29	4,9	5000,0	0,1292
15	-21,63	1,29	4,4	5000,0	0,1167
16	-22,92	1,29	4,0	5000,0	0,1058
17	-24,20	1,29	3,6	5000,0	0,0961
18	-25,49	1,29	3,3	5000,0	0,0877
19	-26,77	1,29	3,0	5000,0	0,0802
20	-28,06	1,29	2,8	5000,0	0,0736
<b>Totale</b>		<b>25,70</b>			<b>3,8570</b>

#### Fondazione (Combinazione n° 7)

n°	z	$\Delta H$	$\Delta\sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-3,65	1,29	17,5	5000,0	0,0397
2	-4,94	1,29	17,2	5000,0	0,3460
3	-6,23	1,29	16,5	5000,0	0,3730
4	-7,52	1,29	15,4	5000,0	0,3625
5	-8,81	1,29	14,0	5000,0	0,3398
6	-10,10	1,29	12,5	5000,0	0,3114
7	-11,39	1,29	11,2	5000,0	0,2817
8	-12,68	1,29	9,9	5000,0	0,2529
9	-13,97	1,29	8,8	5000,0	0,2263
10	-15,26	1,29	7,8	5000,0	0,2022
11	-16,55	1,29	6,9	5000,0	0,1808
12	-17,84	1,29	6,2	5000,0	0,1619
13	-19,13	1,29	5,5	5000,0	0,1454
14	-20,42	1,29	5,0	5000,0	0,1309
15	-21,71	1,29	4,5	5000,0	0,1182
16	-23,00	1,29	4,1	5000,0	0,1071
17	-24,29	1,29	3,7	5000,0	0,0973
18	-25,58	1,29	3,3	5000,0	0,0887
19	-26,87	1,29	3,1	5000,0	0,0811
20	-28,16	1,29	2,8	5000,0	0,0744
<b>Totale</b>		<b>25,80</b>			<b>3,9212</b>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Fondazione (Combinazione n° 8)

n°	z	$\Delta H$	$\Delta\sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-3,64	1,29	17,4	5000,0	0,0451
2	-4,93	1,29	17,1	5000,0	0,3430
3	-6,21	1,29	16,4	5000,0	0,3690
4	-7,50	1,29	15,2	5000,0	0,3585
5	-8,78	1,29	13,9	5000,0	0,3358
6	-10,07	1,29	12,4	5000,0	0,3077
7	-11,35	1,29	11,1	5000,0	0,2783
8	-12,64	1,29	9,8	5000,0	0,2499
9	-13,92	1,29	8,7	5000,0	0,2236
10	-15,21	1,29	7,7	5000,0	0,1998
11	-16,49	1,29	6,9	5000,0	0,1787
12	-17,78	1,29	6,1	5000,0	0,1601
13	-19,06	1,29	5,5	5000,0	0,1437
14	-20,35	1,29	4,9	5000,0	0,1294
15	-21,63	1,29	4,4	5000,0	0,1169
16	-22,92	1,29	4,0	5000,0	0,1059
17	-24,20	1,29	3,6	5000,0	0,0962
18	-25,49	1,29	3,3	5000,0	0,0877
19	-26,77	1,29	3,0	5000,0	0,0802
20	-28,06	1,29	2,8	5000,0	0,0736
<b>Totale</b>		<b>25,70</b>			<b>3,8832</b>

### Fondazione (Combinazione n° 9)

n°	z	$\Delta H$	$\Delta\sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-3,65	1,29	17,7	5000,0	0,0492
2	-4,94	1,29	17,4	5000,0	0,3510
3	-6,23	1,29	16,7	5000,0	0,3767
4	-7,52	1,29	15,5	5000,0	0,3655

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5	-8,81	1,29	14,1	5000,0	0,3420
6	-10,10	1,29	12,6	5000,0	0,3131
7	-11,39	1,29	11,2	5000,0	0,2829
8	-12,68	1,29	9,9	5000,0	0,2538
9	-13,97	1,29	8,8	5000,0	0,2269
10	-15,26	1,29	7,8	5000,0	0,2027
11	-16,55	1,29	7,0	5000,0	0,1812
12	-17,84	1,29	6,2	5000,0	0,1622
13	-19,13	1,29	5,5	5000,0	0,1456
14	-20,42	1,29	5,0	5000,0	0,1311
15	-21,71	1,29	4,5	5000,0	0,1183
16	-23,00	1,29	4,1	5000,0	0,1072
17	-24,29	1,29	3,7	5000,0	0,0974
18	-25,58	1,29	3,3	5000,0	0,0888
19	-26,87	1,29	3,1	5000,0	0,0812
20	-28,16	1,29	2,8	5000,0	0,0745
<b>Totale</b>		<b>25,80</b>			<b>3,9511</b>

#### Fondazione (Combinazione n° 10)

n°	z	$\Delta H$	$\Delta \sigma_v$	E	$\Delta w$
1	-3,65	1,30	19,6	5000,0	0,0238
2	-4,94	1,30	19,3	5000,0	0,3906
3	-6,24	1,30	18,2	5000,0	0,4173
4	-7,53	1,30	16,7	5000,0	0,3985
5	-8,83	1,30	14,9	5000,0	0,3672
6	-10,12	1,30	13,2	5000,0	0,3319
7	-11,42	1,30	11,7	5000,0	0,2970
8	-12,71	1,30	10,3	5000,0	0,2644
9	-14,01	1,30	9,1	5000,0	0,2350
10	-15,30	1,30	8,0	5000,0	0,2089
11	-16,60	1,30	7,1	5000,0	0,1860
12	-17,89	1,30	6,3	5000,0	0,1661

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13	-19,19	1,30	5,6	5000,0	0,1487
14	-20,48	1,30	5,1	5000,0	0,1336
15	-21,78	1,30	4,5	5000,0	0,1204
16	-23,07	1,30	4,1	5000,0	0,1089
17	-24,37	1,30	3,7	5000,0	0,0988
18	-25,66	1,30	3,4	5000,0	0,0900
19	-26,96	1,30	3,1	5000,0	0,0822
20	-28,25	1,30	2,8	5000,0	0,0754
<b>Totale</b>		<b>25,90</b>			<b>4,1446</b>

### Cedimento di progetto

I cedimenti calcolati con ipotesi di fondazione flessibile possono essere sensatamente ridotti in considerazione del fatto che la fondazione può essere valutata come infinitamente rigida, visto il rapporto tra spessore e lato sempre inferiore a 0,10.

Per fondazioni rettangolari infinitamente rigide si può fare uso delle seguenti relazioni (Poulos e Davis, 1974):

$$\Delta_W(\text{fond rigida}) = \frac{1}{3} \cdot (2 \cdot \Delta_{W\text{centro}} + \Delta_{W\text{spigolo}}) \text{ fond flessibile}$$

Nel caso in esame, con combinazione peggiore rappresentata dalla comb.10, si ottiene:

$$\Delta_W(\text{fond rigida}) = \frac{1}{3} \cdot (2 \cdot 4,35 + 4,15) = 4,28 \text{ cm}$$

La riduzione risulta comunque di entità contenuta, a causa dell'eccentricità dei carichi piuttosto bassa per tutte le combinazioni di carico SLE.

#### 5.1.2.5 VALUTAZIONE DEI RISULTATI

I fattori di sicurezza ottenuti per verifica di portanza verticale della sottostruttura in oggetto risultano per le combinazioni statiche spesso ampiamente superiori al valore richiesto dalla normativa vigente; tali valori risultano però avvicinarsi notevolmente al limite minimo per le combinazioni sismiche (vedasi comb. 11 e 12). Le dimensioni delle fondazioni sono peraltro giustificate dalle verifiche a scorrimento, caratterizzate per le combinazioni statiche da valori di poco superiori a 2,00 e per le combinazioni sismiche da valori abbastanza vicini al limite minimo. I fattori di sicurezza sismici vicini ai limiti sono giustificati dall'alto grado di sismicità del sito e dal tempo di ritorno elevato considerato; tali parametri sismici portano infatti ad avere forti azioni orizzontali che,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> SS0728_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

oltre a rendere necessarie le dimensioni della fondazione per verifica a scorrimento, creano un forte angolo di inclinazione della risultante delle azioni andando a penalizzare la portanza verticale. I cedimenti massimi si attestano attorno al valore di 4,50 cm, valore non trascurabile; si evidenzia tuttavia che il valore del peso proprio della spalla, costituito sia dagli elementi in calcestruzzo armato che dal terreno del rilevato posto sopra la platea di base, costituiscono anche oltre il 90% dei carichi verticali totali. I cedimenti sopra riportati vengono quindi in grande percentuale assorbiti nelle fasi di costruzione dell'opera, limitando i cedimenti ad opera terminata a valori nell'ordine del centimetro.