



# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

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

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

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

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI CALABRIA	<b>CS0498_F0</b>
<i>Tipo di sistema</i>	INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	SOVRAPPASSO VIA CAMPIDOGLIO	
<i>Titolo del documento</i>	RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	R	G	D	C	S	C	0	0	S	V	C	3	0	0	0	0	0	1	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

INDICE .....	3
PREMESSA.....	4
1 RIFERIMENTI NORMATIVI .....	4
2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	6
3 CARATTERISTICHE MATERIALI.....	9
3.1 Conglomerato cementizio .....	9
3.1.1 Conglomerato cementizio per sottofondazioni .....	9
3.1.2 Conglomerato cementizio per pali di fondazione.....	9
3.1.3 Conglomerato cementizio per fondazioni .....	9
3.1.4 Conglomerato cementizio per elevazioni .....	10
3.1.5 Conglomerato cementizio per soletta d'impalcato e cordoli.....	10
3.1.6 Conglomerato cementizio per travi precomprese\prefabbricate.....	10
3.1.7 Conglomerato cementizio per lastre tralicciate.....	11
3.2 Acciaio per cemento armato .....	11
3.3 Acciaio per trefoli da precompressione .....	11
4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	12
4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA.....	12
4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO.....	13
4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO .....	29
4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE .....	36
4.4.1 Durabilità delle opere.....	36
5 FASI COSTRUTTIVE.....	37
6 ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	37

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 26/11/2010

## PREMESSA

La presente relazione riguarda il dimensionamento statico del Sovrappasso ubicato alla PK. 0+090 denominato "Sovrappasso via Campidoglio" (altezza max. trave 80 cm e luce 17 m), nell'ambito del progetto Definitivo per la realizzazione del "Ponte sullo Stretto di Messina".

### 1 RIFERIMENTI NORMATIVI

- [NT\_1]. D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni (Gazzetta ufficiale 04/02/2008 n. 29)"
- [NT\_2]. C.M. 02.02.2009 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme tecniche per le costruzioni (Gazzetta ufficiale 04/02/2008 n. 29)"
- [NT\_3]. UNI EN 1990: 2006 "Eurocodice 0 – Criteri generali di progettazione strutturale"
- [NT\_4]. UNI EN 1991-1-1: 2004 "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici"
- [NT\_5]. UNI EN 1991-1-4: 2005 "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento"
- [NT\_6]. UNI EN 1991-1-5: 2004 "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-5: Azioni in generale – Azioni termiche"
- [NT\_7]. UNI EN 1991-2: 2005 "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 2: Carichi da traffico sui ponti"
- [NT\_8]. UNI EN 1992-1-1: 2005 "Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"
- [NT\_9]. UNI EN 1992-2: 2006 "Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi"
- [NT\_10]. UNI EN 1993-1-5: 2007 "Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra"
- [NT\_11]. UNI EN 1993-1-9: 2005 "Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-9: Fatica"
- [NT\_12]. UNI EN 1993-2: 2007 "Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti in acciaio"
- [NT\_13]. UNI EN 1994-2: 2006 "Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 2: Regole generali e regole per i ponti"
- [NT\_14]. UNI EN 1997-1: 2005 "Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

generali”

- [NT\_15]. UNI EN 1998-1: 2005 “Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”
- [NT\_16]. UNI EN 1998-5: 2005 “Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”
- [NT\_17]. UNI 11104-2004 “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”
- [NT\_18]. UNI EN 197-1-2007 “Cemento: Parte 1 - Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni
- [NT\_19]. UNI EN 206-1-2006 “Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità”
- [NT\_20]. CNR DT 207: 2008 “Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### RIFERIMENTI PER CALCOLO STRUTTURALE

- [B1]. A.I.C.A.P. [2006] - "Guida all'uso dell'Eurocodice 2"
- [B2]. ANTONIO MIGLIACCI, FRANCO MOLA [2003] - "Progetto agli stati limite delle strutture in c.a."
- [B3]. CSI COMPUTER & STRUCTURE [2009] - "SAP 2000 user's manual"
- [B4]. C. CESTELLI GUIDI [1987] - "Cemento armato precompresso"
- [B5]. DAVID COLLINGS [2005] - "Steel-concrete composite bridge"
- [B6]. ERASMO VIOLA [1992] - "Scienza delle costruzioni"
- [B7]. INTERNETIONAL CENTRE FOR MECHANICAL SCIENCES [2003] - "Strutture composte: nuove costruzioni – recupero – ponti"
- [B8]. LUIGI SABBARELLA [1998] - "Il cemento armato: la tecnica e la statica"
- [B9]. MARIO PETRANGELI [1996] - "Progettazione e costruzione di ponti"
- [B10]. MARCELLO ARICI, ENZO SIVIERO [2005] - "Nuovi orientamenti per la progettazione di Ponti e Viadotti"
- [B11]. NIGEL R. HEWSON [2006] - "Prestressed concrete bridge: design and construction"
- [B12]. O. BELLUZZI [1996] - "Scienza delle costruzioni"
- [B13]. PAOLO RUGALI [2008] - "Calcolo di strutture in acciaio; guida all'Eurocodice 3"
- [B14]. P. POZZATI, C. CECCOLI [2000] - "Teoria e tecnica delle strutture"
- [B15]. R. WALTHER, B. HOURIET, W. ISLER, P. MOIA, J.F. KLEIN [2008] - "Cable stayed bridges"
- [B16]. WAI-FAH CHEN, LIAN DUAN [2000] - "Bridge engineering, substructure design"

### RIFERIMENTI PER CALCOLO SISMICO

- [B17]. ANDRE' PREUMONT, KAZUTO SETO [2008] - "Active control of structures"
- [B18]. AMR S. ELNASHI, LUIGI DI SARNO [2008] - "Fundamental of earthquake engineering"
- [B19]. C. CASAROTTI, R. PINHO, G.M. CALVI [2006] - "Adaptive pushover-based methods for seismic assessment and design of bridge structure"
- [B20]. C.G. LAI, S. FOTI, M. ROTA [2009] - "Input sismico e stabilità geotecnica dei siti in costruzione"
- [B21]. D. PIETRA, G.M. CALVI, R. PINHO [2008] - "Displacement-based seismic design of isolated bridge"
- [B22]. ERASMO VIOLA [2001] - "Fondamenti di dinamica e vibrazione delle strutture"

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	Codice documento CS0498_F0	Rev F0	Data 20/06/2011	

- [B23]. IUSS PRESS, rivista quadrimestrale - "Progettazione sismica"
- [B24]. M.J.N. PRIESTLEY, G.M. CALVI, M.J. KOWLASKY [2007] - "Displacement-based seismic design of structures"
- [B25]. P.E. PINTO, P. FRANCHIN, A. LUPOI [2009] - "Valutazione e consolidamento sismico dei ponti esistenti"
- [B26]. P.E. PINTO, R. GIANNINI, P. FRANCHIN [2004] - "seismic reliability analysis of structures"

### **RIFERIMENTI PER CALCOLO GEOTECNICO**

- [B27]. ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA [1984] - "Raccomandazioni sui pali di fondazione"
- [B28]. BRINCH-HANSEN, J. [1961] - "A General Formula for Bearing Capacity" - The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.11, Copenhagen.
- [B29]. BRINCH-HANSEN, J. [1970] - "A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity" - The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.28, Copenhagen.
- [B30]. BUSTAMANTE M. & DOIX B. (1985) - "Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés" Bulletin Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, n°140, nov.-déc., ref. 3047
- [B31]. BUSTAMANTE M., GIANESELLI L.. [1982] - "Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT" -.Pr. of the 2th European symposium on penetration testing, Amsterdam.
- [B32]. BOWLES J.E. [1991] - "Fondazioni – Progetto e Analisi" - Editore McGraw-Hill
- [B33]. CARLO CESTELLI GUIDI [1987] - "Geotecnica e tecnica delle fondazioni"
- [B34]. DE BEER, E.E., LADANYI, B. [1961] - "Etude experimentale de la capacite portante du sable sous des fondations circulaires etablies en surface". 5th ICSMFE, Paris, 1, 577-581.
- [B35]. GROUP 7.0 for windows [2000] - Technical & User's manual – Ensoft Inc.
- [B36]. H.G. POULOS, E.H. DAVIS [2002] - "Analisi e progettazione di fondazioni su pali"
- [B37]. JAMIOLKOWSKI M. et al. [1983] - "Scale effects of ultimate pile capacity" - Discussion, JGED, ASCE.
- [B38]. LANCELLOTTA R. [1991] " Geotecnica" – Edizioni Zanichelli.
- [B39]. MEYERHOF, G.G. [1951] - "The Ultimate Bearing Capacity of Foundations" - Geotechnique, 2, 301-332.
- [B40]. MEYERHOF, G.G. [1951] - "Some recent research on the bearing capacity of foundations" - Canadian Geotechnical Journal, 1, 16-26

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA</b>	<b>Codice documento</b> CS0498_F0	<b>Rev</b> F0	<b>Data</b> 20/06/2011	

- [B41]. MEYERHOF G.G., SASTRY V.V.R.N. [1978] - "Bearing capacity of piles in layered soils. Part 1. Clay overlying sand" - *Canadian Geotechnical Journal*, 15,171-182, 183-189.
- [B42]. REESE L.C., WRIGHT S.J. [1977] - "Drilled shaft manual" - U.S. Dept. Transportation, Offices of Research and Development, Implementation Div., HDV 2, Washington D.C., vol.1
- [B43]. REESE L.C., W.R.COX, F.D. KOOP [1974] - "Analysis of laterally loaded piles in sand" – Paper N° OCT 2080, Proceedings, Fifth Annual Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 1975.
- [B44]. REESE L.C., W.R.COX, F.D. KOOP [1975] - "Field testing and analysis of laterally loaded piles in stiff clay" – Paper N° OCT 2313, Proceedings, Seventh Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 1975.
- [B45]. REESE L.C., WELCH R.C. [1975] - "Lateral loading of deep foundations in stiff clay" – *Journal of the geotechnical Division, ASCE*, Vol. 101, No GT7, Proceedings Paper 11456, 1975, pp. 633 – 649.
- [B46]. SKEMPTON, A. W. [1951] - "The bearing capacity of clays" - *Building Research Congress, London*, 1, 180-189.
- [B47]. VESIC, A.S. [1970] - "Tests on instrumented Piles, Ogeechee River Site" - *JSMFD, ASCE*, V. 96, N. SM2, Proc. Paper 7170, March.
- [B48]. VESIC, A.S. [1973] - "Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations". - *JSMFD, ASCE*, Jan., 45-73.
- [B49]. WELCH, R.C., REESE L.C. [1972] - "Laterally loaded Behavior of drilled shafts" – *Research Report N° 3-5-65-89, conducted for Texas Highway Department and U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bureau of Public Roads, by Center for Highway Research, The University of Austin.*



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3 CARATTERISTICHE MATERIALI

#### 3.1 Conglomerato cementizio

I conglomerati cementizi dovranno essere realizzati in accordo con le normative UNI 11104 e UNI EN 206-1; più in dettaglio ogni parte strutturale dovrà possedere le seguenti caratteristiche resistenti:

##### 3.1.1 Conglomerato cementizio per sottofondazioni

Classe	C12/15
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 15 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cyl} = 12 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione	X0
Classe di consistenza	S4 / S5

##### 3.1.2 Conglomerato cementizio per pali di fondazione

Classe	C25/30
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 30 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cyl} = 25 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck}/\gamma_c = 0,85 * f_{ck}/1,5 = 14,167 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3} = 2,565 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk 0,05} = 0,7 * f_{ctm} = 1,795 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / \gamma_c = 1,197 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione	XC2
Classe di consistenza	S4-S5

##### 3.1.3 Conglomerato cementizio per fondazioni

Classe	C25/30
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 30 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cyl} = 25 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck}/\gamma_c = 0,85 * f_{ck}/1,5 = 14,167 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3} = 2,565 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk 0,05} = 0,7 * f_{ctm} = 1,795 \text{ N/mm}^2$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk0,05} / \gamma_c$	= 1,197 N/mm <sup>2</sup>
Classe di esposizione	XC2	
Classe di consistenza	S4	

### 3.1.4 Conglomerato cementizio per elevazioni

Classe	C32/40
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 40 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cyl} = 32 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * f_{ck} / 1,5 = 18,133 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3} = 3,024 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk 0,05} = 0,7 * f_{ctm} = 2,117 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk0,05} / \gamma_c = 1,411 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione	XC4 – XS1– XF2
Classe di consistenza	S4

### 3.1.5 Conglomerato cementizio per soletta d'impalcato e cordoli

Classe	C32/40
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 40 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cyl} = 32 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * f_{ck} / 1,5 = 18,133 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3} = 3,024 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk 0,05} = 0,7 * f_{ctm} = 2,117 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk0,05} / \gamma_c = 1,411 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione	XF4
Classe di consistenza	S4

### 3.1.6 Conglomerato cementizio per travi precomprese/prefabbricate

Classe	C45/55
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 55 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cyl} = 45 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * f_{ck} / 1,5 = 25,500 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3} = 3,795 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk 0,05} = 0,7 * f_{ctm} = 2,657 \text{ N/mm}^2$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk0,05} / \gamma_c$	= 1,771 N/mm <sup>2</sup>
Classe di esposizione	XS1– XF1	
Classe di consistenza	S4	

### 3.1.7 Conglomerato cementizio per lastre tralicciate

Classe	C35/45	
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 45$	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cyl} = 35$	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * f_{ck} / 1,5$	= 19,833 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3}$	= 3,210 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk 0,05} = 0,7 * f_{ctm}$	= 2,247 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk0,05} / \gamma_c$	= 1,498 N/mm <sup>2</sup>
Classe di esposizione	XS1– XF2	
Classe di consistenza	S4	

### 3.2 Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento che presentano le seguenti caratteristiche:

Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450$	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540$	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1,15$	= 391,30 N/mm <sup>2</sup>
Deformazione caratteristica al carico massimo	$\epsilon_{uk} = 7,5$	%
Deformazione di progetto	$\epsilon_{ud} = 6,75$	%

### 3.3 Acciaio per trefoli da precompressione

Si adottano trefoli da 0,6" in acciaio controllato in stabilimento che presentano le seguenti caratteristiche:

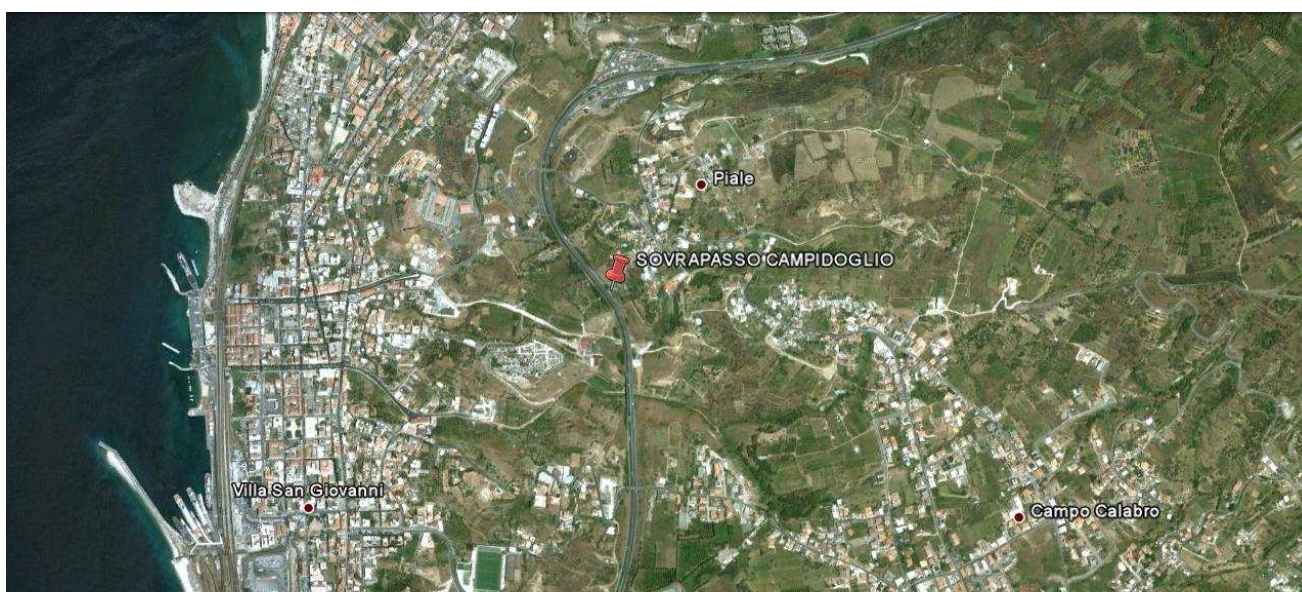
Tensione caratteristica allo 0,1% di deformazione residua	$f_{p(0,1)k} \geq 1600$	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica allo 1% di deformazione totale	$f_{p(1)k} \geq 1670$	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 1860$	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{p(0,1)k} / \gamma_s = 1600 / 1,15$	= 1391,30 N/mm <sup>2</sup>
Deformazione caratteristica al carico massimo	$\epsilon_{uk} = 3,5$	%
Area nominale	$A_{nom} = 139$	mm <sup>2</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

### 4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

La zona in cui è individuata l'opera esaminata nel presente documento, ricade all'incirca alla Latitudine di 38,222692 e Longitudine di 15,647053.



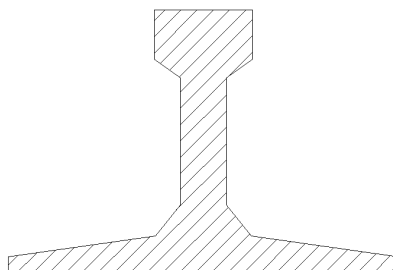
F1. Individuazione della zona in cui ricade l'opera

L'opera si sviluppa con andamento rettilineo su un'unica via di corsa di larghezza massima  $B = 7,20$  m (con ricoprimento massimo pari a 55 cm e ricoprimento minimo pari a 45 cm) e si presenta retto rispetto alla direzione di percorrenza della viabilità; l'angolo tra l'asse longitudinale del ponte e l'asse appoggi è pari a  $90^\circ$ . Da un punto di vista statico, la struttura è a telaio (struttura iperstatica) con luce di calcolo pari a 17 m:

<b>Campata</b>	<b>Lunghezza [m]</b>
Spalla A – Spalla B	17,00

L'impalcato è realizzato mediante 9 travate in c.a.p. con soletta in c.a. collaborante (prevista con il sistema costruttivo "a prédalles", armate con tralicci tipo Bausta o similari, autoportanti nei confronti del getto in opera della soletta). Le travi hanno altezza costante pari a 80 cm lungo il loro sviluppo longitudinale e un interasse pari a 0,8 m:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



F2. Sezione trasversale delle travi utilizzate

La struttura sarà composta da diaframmi in c.a. spessore di 1,2 m accostati. I diaframmi sono collegati in testa da una trave di correa in c.a. dello spessore si 1,5 m che fungerà anche da sella d'appoggio per la sovrastruttura.

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura interrata con le aggiunte delle azioni di tipo stradale, con applicazione della Normativa sui ponti stradali D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.

## 4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

Le travi di correa si attestano a una profondità media da p.c. di circa 6,0 m. Al di sotto si estendono le fondazioni profonde (paratia di diaframmi h=120 cm) per una lunghezza di circa 27 m.

La zona in cui ricade l'opera in oggetto presenta quindi una stratigrafia caratterizzata da "sabbie e ghiaie di Messina".

Più in dettaglio tale le litologie presentano le seguenti caratteristiche:

### GHIAIE E SABBIE DI MESSINA

$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	18÷20
N <sub>SPT</sub> (colpi/30 cm)	70±25
c' piccolo (kPa)	0÷10
$\phi'$ piccolo (°)	38÷40 (p'ff=0-272KPa) / 35÷38 (p'ff=272-350KPa)
C <sub>cv</sub> ' (kPa)	0
$\phi_{cv}'$ (°)	33÷35
k <sub>0</sub> (-)	0.45-0.55
V <sub>s</sub> (m/sec)	V <sub>s</sub> =200+7·z (m/s)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<b>G'₀ (MPa)</b>	$G_o = 1780 \cdot p_a \cdot \left( \frac{p_o}{p_a} \right)^{0.65}$
<b>E' (MPa)*</b>	$E' = (17 \div 40) \cdot (z)^{0.7}$
<b>v' (-)</b>	0.2
<b>G0, G/G0</b>	curve teoriche
<b>D0, D/D0</b>	curve teoriche
<b>K(m/s)</b>	$10^{-4} \div 10^{-5}$

Simbologia:

$\gamma_t$  = peso di volume naturale;

NSPT = resistenza penetrometrica dinamica in prova SPT;

$\phi'$  = angolo di attrito operativo;

$c'$  = intercetta di coesione operativa;

$\phi_r$  = angolo di attrito residuo;

$c_r$  = intercetta di coesione residua;

OCR = grado di sovraconsolidazione;

$\sigma_{vo}'$  = pressione verticale efficace geostatica;

$\sigma_{vmax}'$  = pressione verticale efficace massima subita dal deposito;

$c_u$  = resistenza al taglio non drenata riferita a tensioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e a condizioni di carico tipo quelle delle prove triassiali di compressione e carico;

$k_o$  = coefficiente di spinta del terreno a riposo;

$k_v$  = coefficiente di permeabilità verticale riferito a pressioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e a problemi di flusso diretto principalmente nella direzione verticale;

$V_s$  = velocità di propagazione delle onde di taglio;

$G_o$  = modulo di taglio iniziale riferito alle pressioni efficaci geostatiche;

$E'$  = modulo di Young "operativo"; \* = si considerano valori nel range per gallerie, fronti di scavo sostenuti, opere di sostegno tirantate o puntonate; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

$v'$  (-) = coefficiente di Poisson

$p_a$  = pressione atmosferica di riferimento, espressa in MPa

$p'_o$  = pressione efficace alla profondità  $z$ , espressa in MPa

Non è stata riscontrata la falda nei sondaggi, pertanto nel proseguo della relazione si considererà

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA</b>		<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

assente la falda in quanto ininfluyente nei dimensionamenti. Nel modello di calcolo viene indicata a quota -30 m da p.c., simulando l'assenza di spinta idraulica sugli elementi resistenti.

Per un maggior dettaglio della caratterizzazione geotecnica dei suoli si rimanda alla relazione generale CG0800PRBDCSBC8G000000001B.

Per un maggior dettaglio della stratigrafia di profilo si rimanda agli elaborati:

Profilo geologico-geotecnico      1:2000 CG0800 P F6 D C SB C6 ST 00 00 00 03 B  
 Profilo idrogeologico              1:2000 CG0800 P F6 D C SB C6 ST 00 00 00 04 B

Nel seguito si porta un estratto di dettaglio per la zona in esame.

### Descrizione delle litologie prevalenti

Le litologie prevalenti sono costituite dalle formazioni dei Sabbie e Ghiaie di Messina.

Le Sabbie e Ghiaie di Messina sono granulometricamente descritte come ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane.

Localmente non ci sono indagini che indagano nei primi 30m di profondità per la caratterizzazione sismica del suolo.

Si è fatto quindi riferimento ai due sondaggi presenti in zona (C411 e SG\_15), i valori di  $N_{spt}$  rinvenuti variano tra 46 e 100 negli strati di terreno tra -5 e -30 m da p.c.:

C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	1.50	6
C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	3.00	27
C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	4.50	46
C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	6.00	78
C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	7.50	100
C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	9	100
C411	Rampa B 0+800-1+325 / Rampa M	16	95

SG15	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	5.50	87
SG15	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	10.40	100
SG15	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	15.50	46
SG15	Rampa D 1+350 -1+800 / Rampa M	20.10	100

Pertanto si assume la categoria "B" di suolo, per la classificazione sismica.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La falda non risulta interferente con le opere.

### Indagini previste

Data l'esiguità dei sondaggi e delle prove localmente presenti (C411), si è scelto di tenere conto anche di altri sondaggi e prove disponibili.

#### Sabbie e Ghiaie di Messina

Si considerano i sondaggi della tratta relativa alla Rampa B dal km 0+800 al km 1+300 e della rampa M.

- prove SPT (C411, C414, C415, SN11, Svar1)
- 2 prove sismiche (C414, C415)
- 3 prove Le Franc (C411, C414, C415)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici ed elle caratteristiche di resistenza (TD, sondaggio C410, Svar1)

### Caratterizzazione geotecnica

Per i criteri e per gli aspetti generali di caratterizzazione si rimanda a quanto riportato nella relazione Elab. CG0800PRBDCSBC8G000000001A. Per la definizione delle categorie di suolo si rimanda al medesimo elaborato ed alla relazione sismica di riferimento.

### Sabbie e Ghiaie di Messina

Per le caratteristiche fisiche da un analisi statistica delle caratteristiche granulometriche emerge, un andamento che conferma che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 36%), sia di materiali intermedi (sabbie 52%). Il contenuto di fino è mediamente del 11%.

Con riferimento al fuso medio si ha:

- Il valore di  $D_{50}$  è pari a 0.8mm
- Il valore di  $D_{60}$  è pari a 1.2 mm
- Il valore di  $D_{10}$  è pari a 0.025 mm

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

In base a dati di letteratura il valore di  $\gamma_{dmax}$  risulterebbe mediamente pari a circa 21 KN/m<sup>3</sup> mentre



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$\gamma_{dmin}$  mediamente pari a circa 16 KN/m<sup>3</sup>.

Per lo stato iniziale si ha:

- **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 0.31, non dissimile dai valori reperibili in letteratura ( $0.17 < e_{max}-e_{min} < 0.29$ ) e da quanto misurato in laboratorio (SG10DG42) con valore medio pari a 0.33. 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.
- **$\gamma_d$ :** in base a tali valori di  $e_o$  e da  $\gamma_s$  si può stimare  $\gamma_d$ .
- **$K_0$ :** si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di "aging".

Dr(%) Prevalente sabbiosa	Dr(%) Sabbie e ghiaie	$\gamma_d(KN/m^3)$	$K_0$
<b>80-90</b>	<b>60-70</b>	<b>18-20</b>	<b>0.45-0.5</b>

Per i parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci sulla base delle prove SPT si è ottenuto un valore medio di angolo di attrito di 41°, per  $z > 5m$ .

$\phi'_p$ (pff=0-272KPa) (°)	$\phi'_p$ (pff=272-350KPa) (°)	$\phi'_{cv}$ (°)
<b>40-43</b>	<b>38-40</b>	<b>33-35</b>

Ai parametri di resistenza operativi al taglio in termini di sforzi efficaci si sono assegnati i seguenti valori operativi:

$c_p' = 0 \div 10$  kPa = coesione apparente

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

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

$c_r' = 0$  kPa = coesione apparente

$\phi_r' = 33 \div 35^\circ$  = angolo di resistenza al taglio

Per le caratteristiche di deformabilità dalle prove sismiche in foro (C415, SG15) si ottengono valori

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

di  $V_s$  che mostrano valori che vanno mediamente da 170 m/s a 600 m/s fino a 25m di profondità. Ai valori delle velocità di taglio  $V_s$  corrispondono moduli di taglio iniziali  $G_0$  che mostrano un andamento crescente con la profondità, da circa 100MPa a circa 500MPa a 25m di profondità.

Una stima con la profondità si rende difficoltosa per la dispersione di  $G_0$  che si rende particolarmente evidente con il valore normalizzato della pressione efficace media.

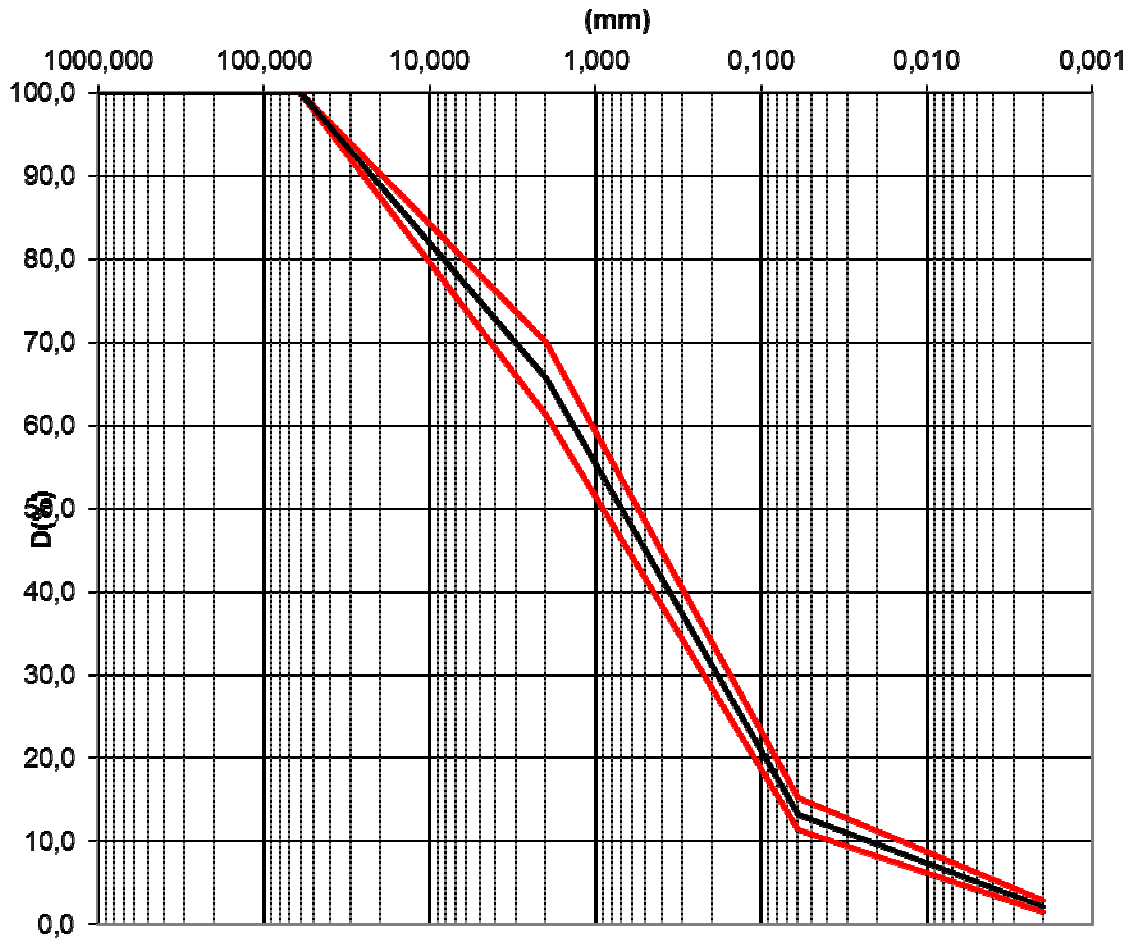
Tenendo conto delle prove SPT si ottiene una stima cautelativa:

z(m)	$G_0$ (MPa)	$E_0$ (MPa)	$E'$ (MPa)
<b>0-25</b>	<b><math>40 z^{0.7}</math></b>	<b><math>96 z^{0.7}</math></b>	<b><math>(14-33) z^{0.7}</math></b>

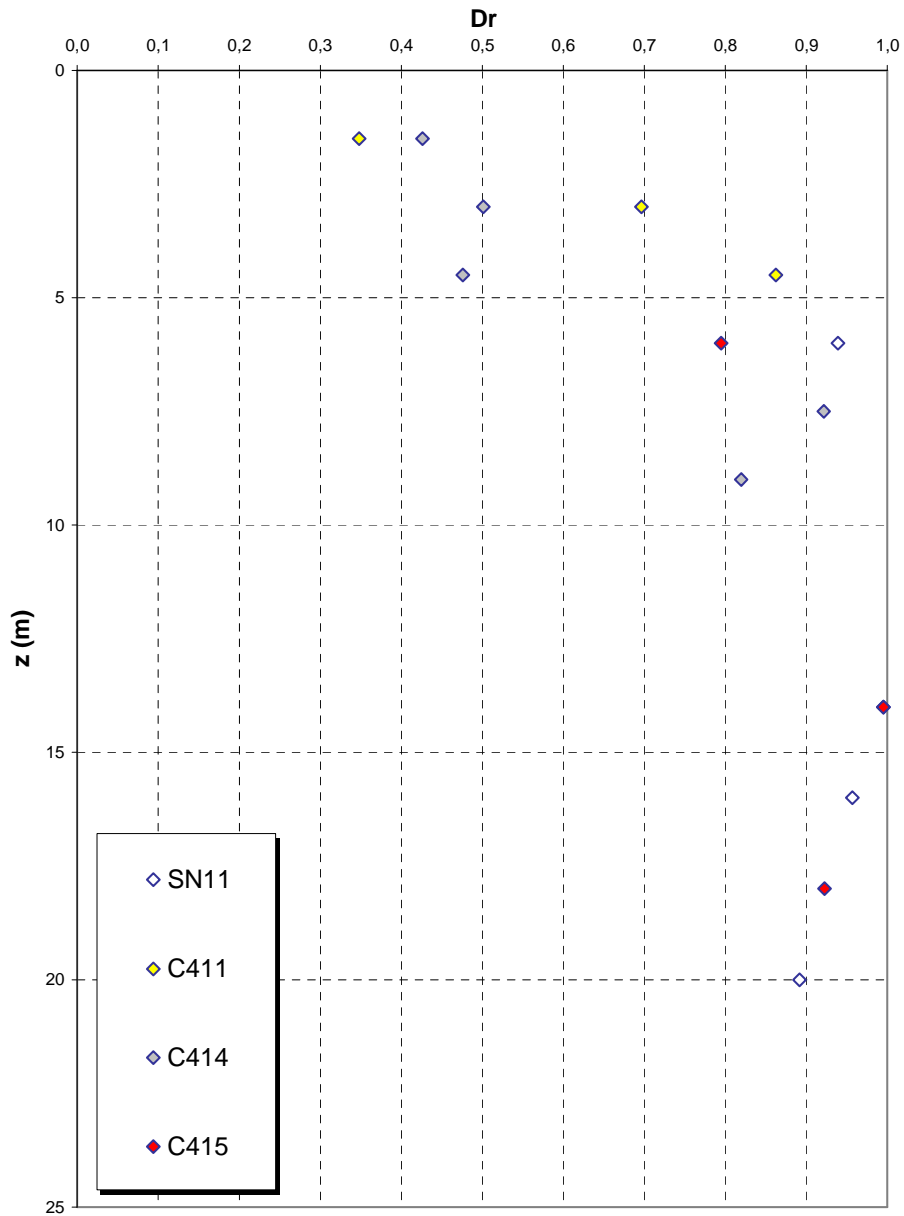
pari rispettivamente a circa 1/5÷1/10 (medio-grandi deformazioni) ed a 1/3 di quelli iniziali (piccole deformazioni).

Le 4 prove pressiometriche forniscono invece valori variabili compresi fra 140 e 340 MPa fra 35 ed 85m di profondità.

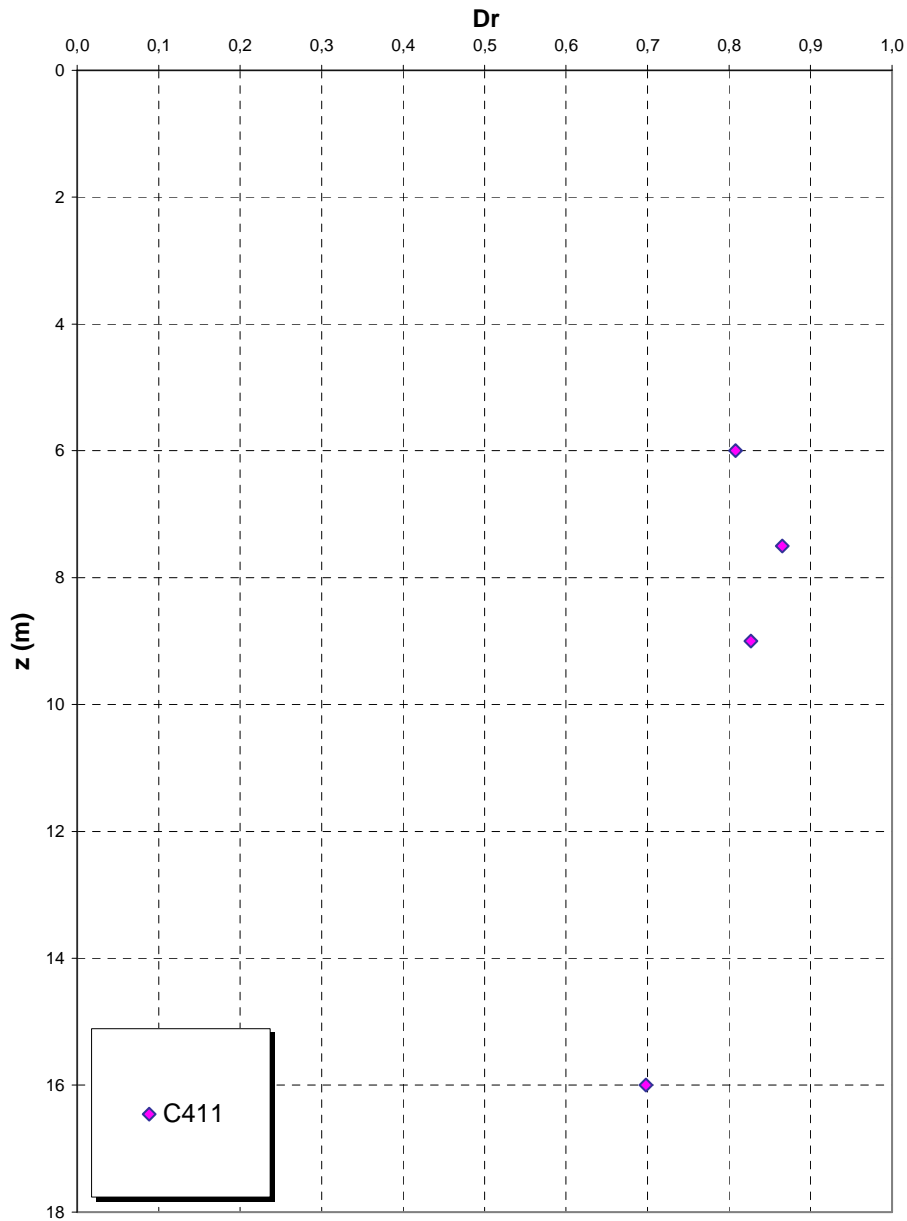
**Sabbie e ghiaie di Messina**

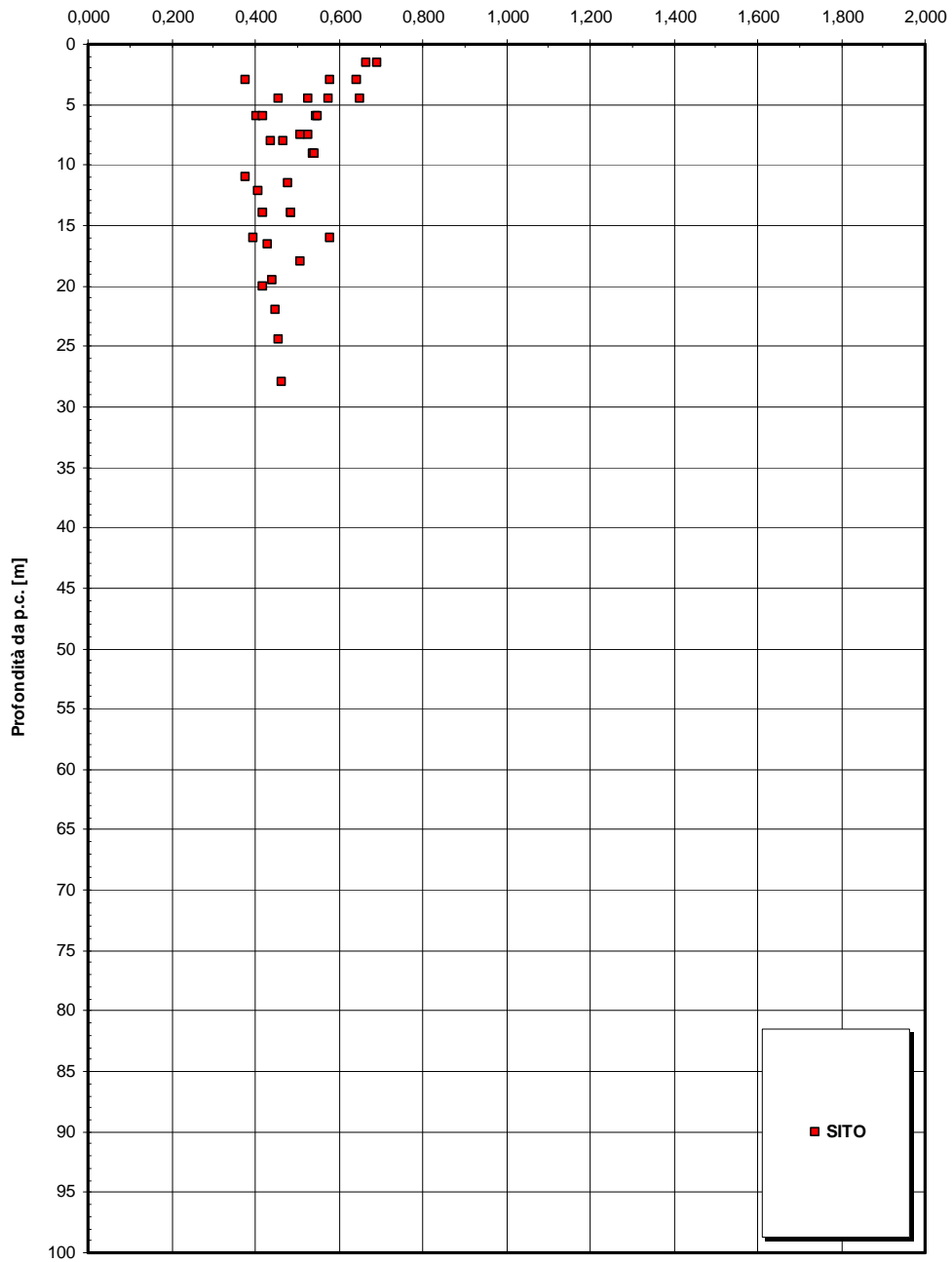


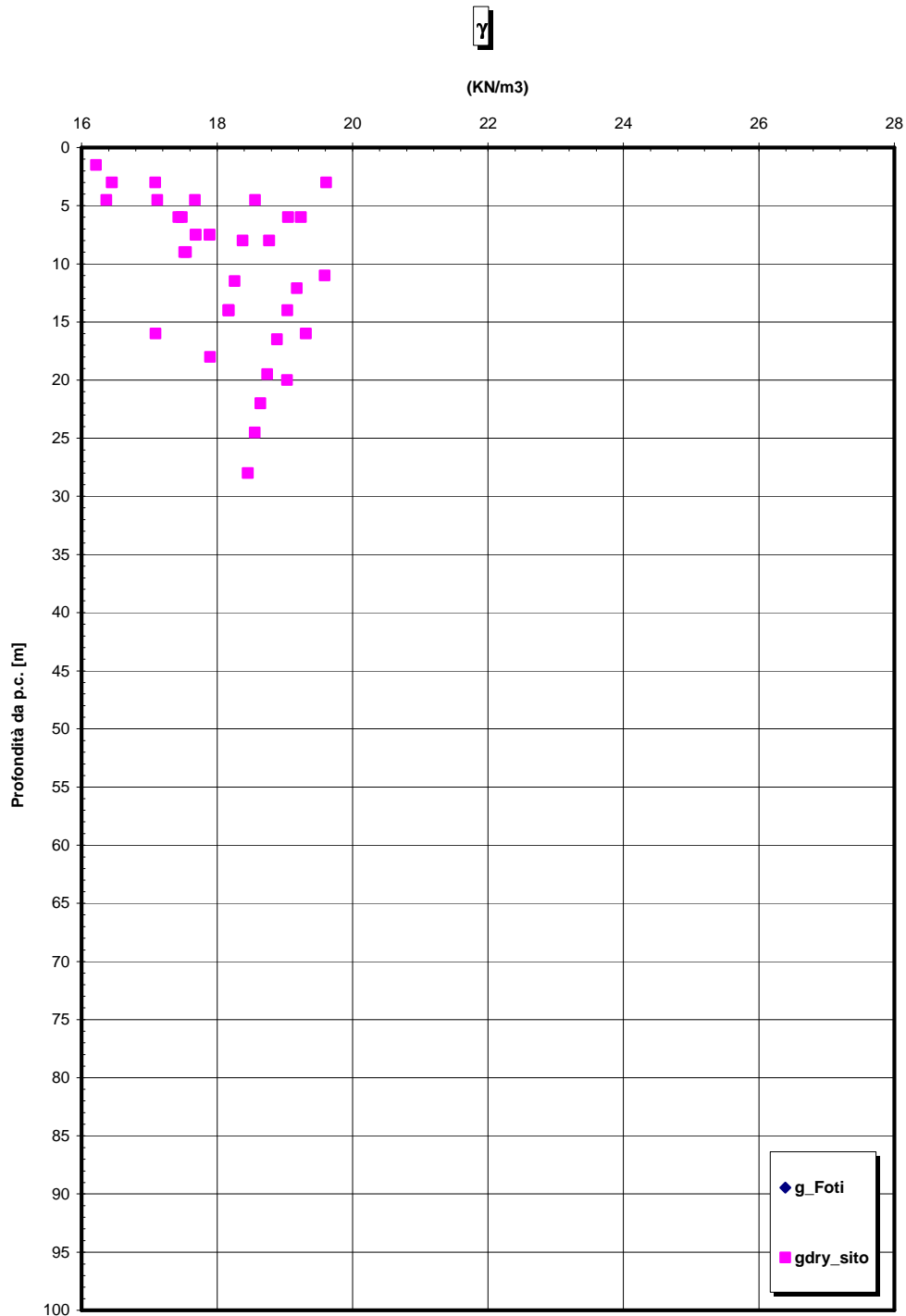
**Dr Skempton (1986)**  
**Componente sabbiosa prevalente**  
**SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**

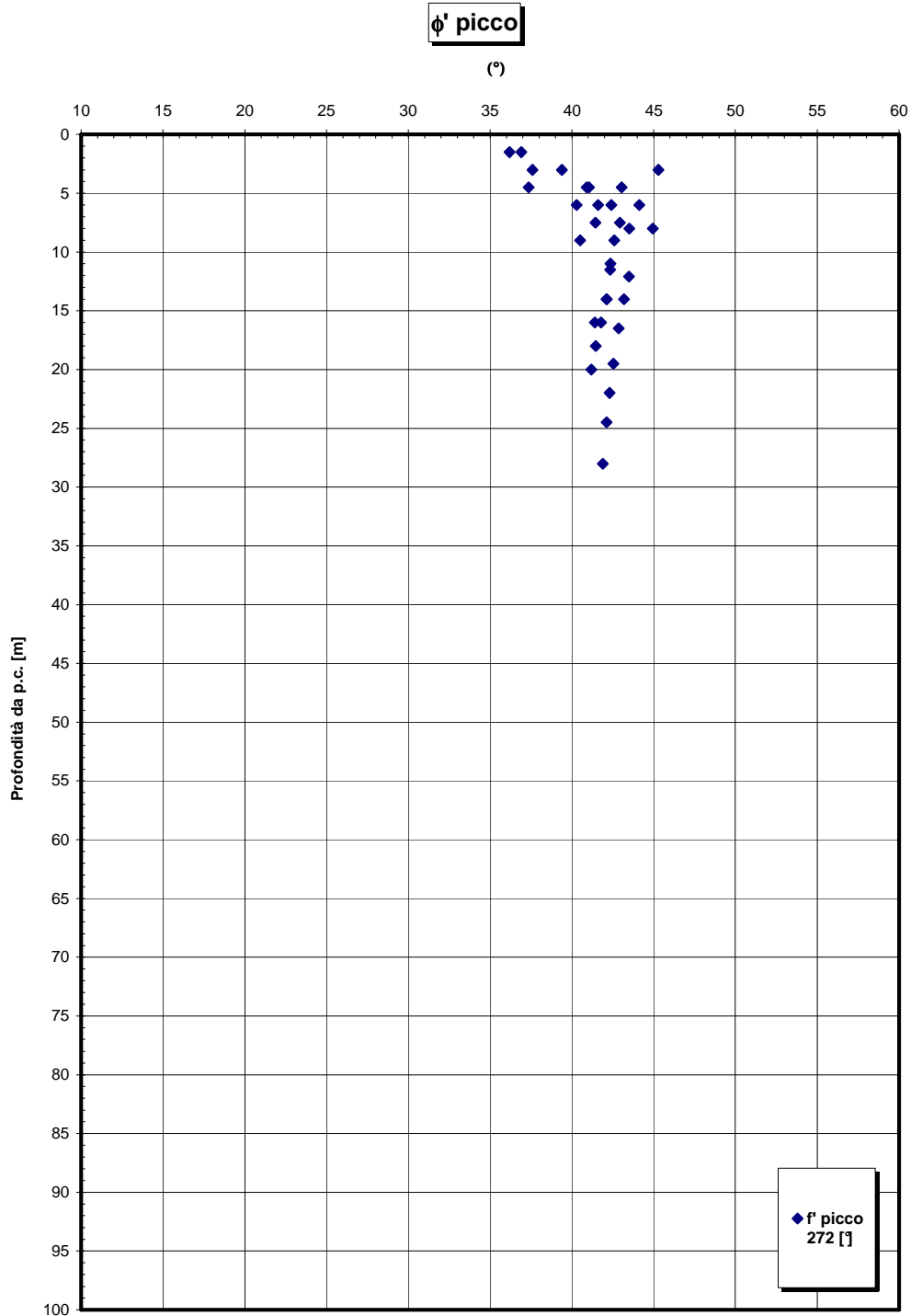


**Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)**  
**Componente ghiaiosa e sabbiosa**  
**SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**

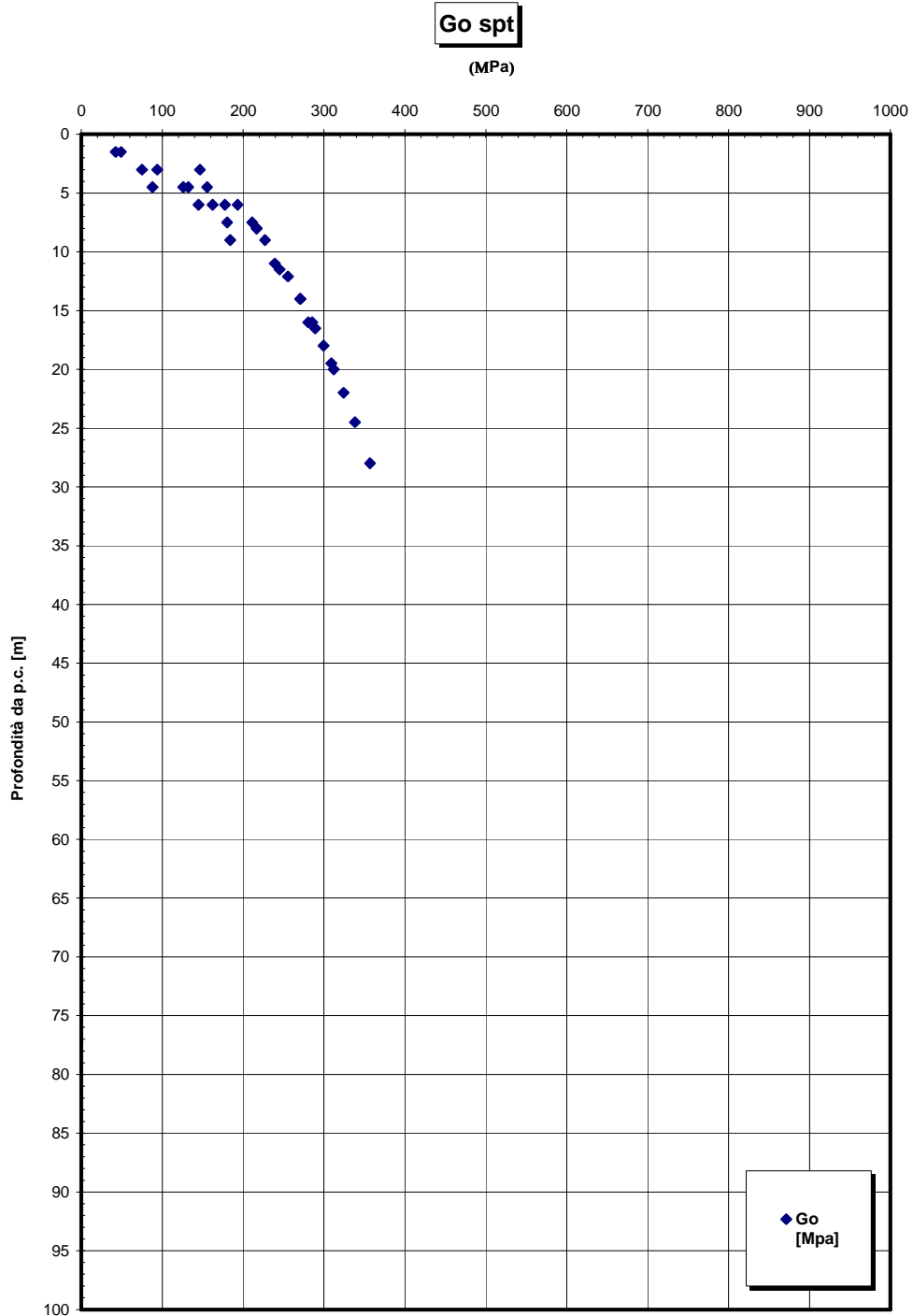


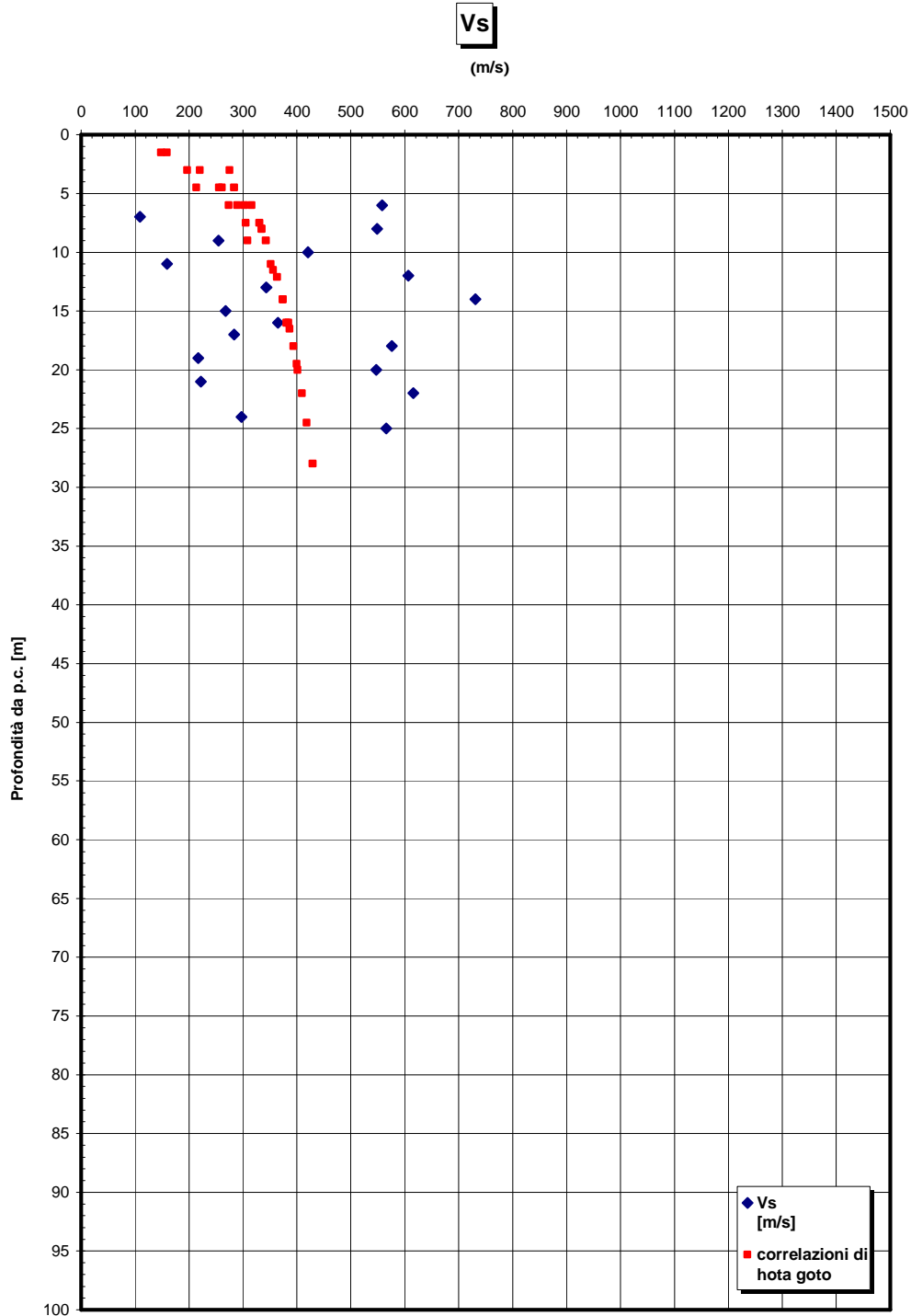




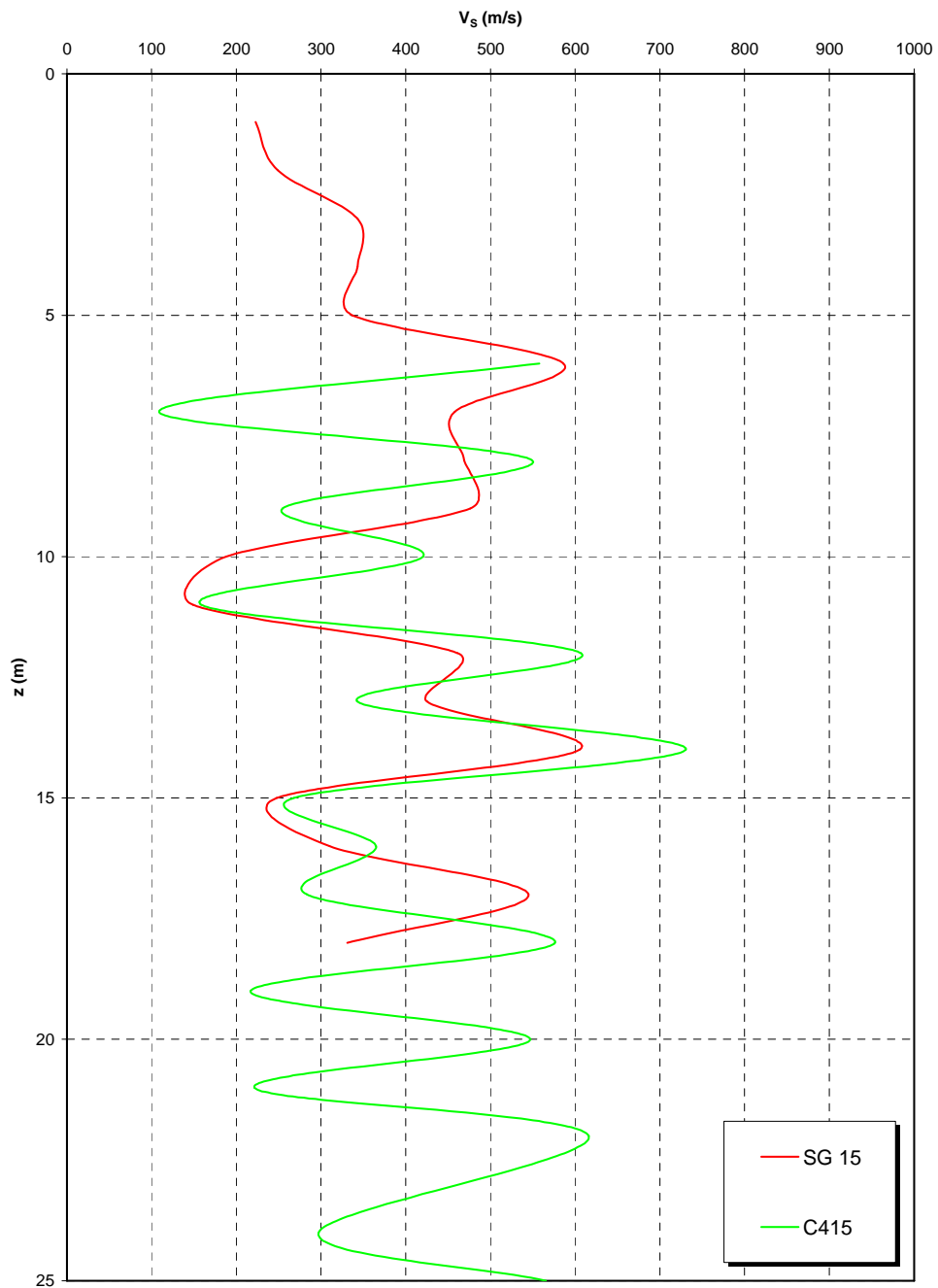




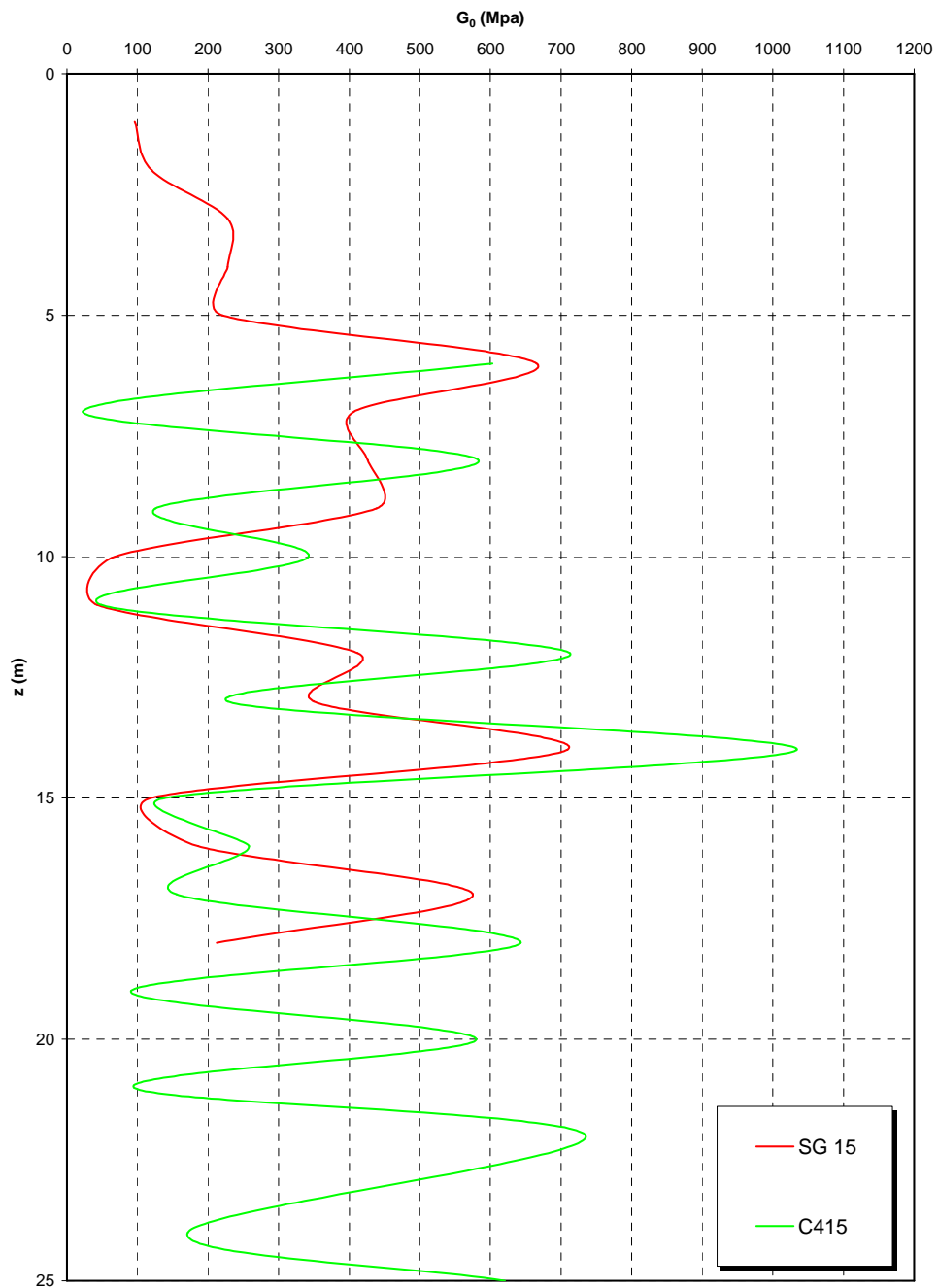




**Prove sismiche  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**



**Prove sismiche  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### 4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO

L'effetto dell'azione sismica di progetto sull'opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali e non, nonché gli impianti, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma.

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Per Stato Limite di Danno (SLD) s'intende che l'opera, nel suo complesso, a seguito del terremoto, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non provocare rischi agli utenti e non compromette significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali. Lo stato limite di esercizio comporta la verifica delle tensioni di lavoro, in conformità al § 4.1.2.2.5 [NT\_1].

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si intende che l'opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidezza) nei confronti delle azioni verticali.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

Per la definizione dell'azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento  $P_{VR}$  in funzione dello stato limite considerato.

La vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera è stata assunta pari a  $V_N = 100$  anni.

La classe d'uso assunta è la IV, da cui  $C_u = 2$ .

Il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso vale:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 200 \text{ anni}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I valori di probabilità di superamento del periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente è:

$$P_{VR}(SLD) = 63\%$$

$$P_{VR}(SLV) = 10\%$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  espresso in anni, vale:

$$T_R(SLD) = \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 201 \text{ anni}$$

$$T_R(SLV) = \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 1898 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ .

$a_g$  → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0$  → 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;

$S$  → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_t$ );

I valori delle caratteristiche sismiche ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ) per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita sono:

Per SLD → ( $a_g=0,171g$  ;  $F_0=2,358$  ;  $T_c^*=0,337s$ )

Per SLV → ( $a_g=0,440g$  ;  $F_0=2,489$  ;  $T_c^*=0,422s$ )

Il sottosuolo su cui insiste l'opera può essere inserito nella categoria "B".

Il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafico risulta:

$S_s(SLD) = 1,4 - 0,4 \cdot F_0 \cdot a_g/g = 1,238$  essendo il valore  $> 1,2$  si assume  $S_s(SLD) = 1,2$

$S_s(SLV) = 1,4 - 0,4 \cdot F_0 \cdot a_g/g = 0,962$  essendo il valore  $< 1$  si assume  $S_s(SLV) = 1,0$

Le caratteristiche della superficie topografica possono essere assunte come categoria T1, adottando di conseguenza un valore di amplificazione topografica  $S_T = 1,0$ .

L'accelerazione massima è valutata con la relazione:

$$a_{\max}(SLD) = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,171g = 0,206g$$

$$a_{\max}(SLV) = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,440g = 0,440g$$

Per completezza di riportano gli spettri elastici di progetto (in forma tabellare) sia per gli SLD che

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	Codice documento CS0498_F0	Rev F0

per gli SLV in direzione orizzontale e verticale:

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0,171 g
$F_0$	2,358
$T_C$	0,337 s
$S_S$	1,200
$C_C$	1,367
$S_T$	1,000
$q$	1,000

**Parametri dipendenti**

$S$	1,200
$\eta$	1,000
$T_B$	0,154 s
$T_C$	0,461 s
$T_D$	2,286 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

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

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

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

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

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,206
$T_B$ ←	0,154	0,485
$T_C$ ←	0,461	0,485
	0,548	0,408
	0,635	0,352
	0,722	0,310
	0,809	0,276
	0,895	0,250
	0,982	0,228
	1,069	0,209
	1,156	0,193
	1,243	0,180
	1,330	0,168
	1,417	0,158
	1,504	0,149
	1,590	0,141
	1,677	0,133
	1,764	0,127
	1,851	0,121
	1,938	0,115
	2,025	0,110
	2,112	0,106
	2,199	0,102
$T_D$ ←	2,286	0,098
	2,367	0,091
	2,449	0,085
	2,530	0,080
	2,612	0,075
	2,694	0,070
	2,775	0,066
	2,857	0,063
	2,939	0,059
	3,020	0,056
	3,102	0,053
	3,184	0,050
	3,265	0,048
	3,347	0,046
	3,429	0,043
	3,510	0,041
	3,592	0,040
	3,673	0,038
	3,755	0,036
	3,837	0,035
	3,918	0,033
	4,000	0,032

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLD**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_{gv}$	0,096 g
$S_S$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,000
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1,318
$S$	1,000
$\eta$	1,000

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,096
$T_B \leftarrow$	0,050	0,226
$T_C \leftarrow$	0,150	0,226
	0,235	0,144
	0,320	0,106
	0,405	0,084
	0,490	0,069
	0,575	0,059
	0,660	0,051
	0,745	0,045
	0,830	0,041
	0,915	0,037
$T_D \leftarrow$	1,000	0,034
	1,094	0,028
	1,188	0,024
	1,281	0,021
	1,375	0,018
	1,469	0,016
	1,563	0,014
	1,656	0,012
	1,750	0,011
	1,844	0,010
	1,938	0,009
	2,031	0,008
	2,125	0,008
	2,219	0,007
	2,313	0,006
	2,406	0,006
	2,500	0,005
	2,594	0,005
	2,688	0,005
	2,781	0,004
	2,875	0,004
	2,969	0,004
	3,063	0,004
	3,156	0,003
	3,250	0,003
	3,344	0,003
	3,438	0,003
	3,531	0,003
	3,625	0,003
	3,719	0,002
	3,813	0,002
	3,906	0,002
	4,000	0,002

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

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

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

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

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	Codice documento CS0498_F0	Rev F0

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,440 g
$F_0$	2,489
$T_C$	0,422 s
$S_S$	1,000
$C_C$	1,307
$S_T$	1,000
$q$	1,000

#### Parametri dipendenti

$S$	1,000
$\eta$	1,000
$T_B$	0,184 s
$T_C$	0,551 s
$T_D$	3,358 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

#### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

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

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

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

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

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,440
$T_B \leftarrow$	0,184	1,094
$T_C \leftarrow$	0,551	1,094
	0,685	0,881
	0,819	0,737
	0,952	0,633
	1,086	0,555
	1,220	0,495
	1,353	0,446
	1,487	0,406
	1,621	0,372
	1,754	0,344
	1,888	0,320
	2,022	0,298
	2,155	0,280
	2,289	0,264
	2,423	0,249
	2,556	0,236
	2,690	0,224
	2,824	0,214
	2,957	0,204
	3,091	0,195
	3,225	0,187
$T_D \leftarrow$	3,358	0,180
	3,389	0,176
	3,419	0,173
	3,450	0,170
	3,481	0,167
	3,511	0,164
	3,542	0,162
	3,572	0,159
	3,603	0,156
	3,633	0,153
	3,664	0,151
	3,694	0,148
	3,725	0,146
	3,756	0,144
	3,786	0,141
	3,817	0,139
	3,847	0,137
	3,878	0,135
	3,908	0,133
	3,939	0,131
	3,969	0,129
	4,000	0,127

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	Codice documento CS0498_F0	Rev F0

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{gv}$	0,393 g
$S_S$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,000
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	2,227
$S$	1,000
$\eta$	1,000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

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

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,393
$T_B$ ←	0,050	0,979
$T_C$ ←	0,150	0,979
	0,235	0,625
	0,320	0,459
	0,405	0,363
	0,490	0,300
	0,575	0,255
	0,660	0,223
	0,745	0,197
	0,830	0,177
	0,915	0,161
$T_D$ ←	1,000	0,147
	1,094	0,123
	1,188	0,104
	1,281	0,089
	1,375	0,078
	1,469	0,068
	1,563	0,060
	1,656	0,054
	1,750	0,048
	1,844	0,043
	1,938	0,039
	2,031	0,036
	2,125	0,033
	2,219	0,030
	2,313	0,027
	2,406	0,025
	2,500	0,023
	2,594	0,022
	2,688	0,020
	2,781	0,019
	2,875	0,018
	2,969	0,017
	3,063	0,016
	3,156	0,015
	3,250	0,014
	3,344	0,013
	3,438	0,012
	3,531	0,012
	3,625	0,011
	3,719	0,011
	3,813	0,010
	3,906	0,010
	4,000	0,009

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

L'applicazione delle azioni sismiche alle sottostrutture viene affrontato mediante il metodo pseudostatico ([NT\_1] § 7.11.6). In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. L'analisi sismica è stata fatta considerando il valore di ancoraggio dello spettro.

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti.

In merito alle opere scatolari di cui trattasi, nel rispetto del punto § 7.9.2., assimilando l'opera scatolare alla categoria delle spalle da ponte, rientrando tra le opere che si muovono con il terreno (§ 7.9.2.1), si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica un comportamento elastico; queste categorie di opere che si muovono con il terreno non subiscono le amplificazioni dell'accelerazione del suolo.

Nelle verifiche allo Stato Limite Ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontali  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} \qquad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove

$a_{\max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità;

$\beta$  = parametro riduttivo dell'azione sismica in accordo con il §7.11.6.2.1

Essendo lo scatolare una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente  $\beta_m$ , assume il valore 1.

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti (NT § 7.11.6.2.1 e EC8-5 § .7.3.2.1), sono calcolate in regime di spinta a riposo che comporta il calcolo delle spinte sismiche in tali condizioni; l'incremento dinamico di spinta del terreno può essere calcolato come:

$$\Delta P_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{\text{tot}}^2$$

Il punto di applicazione della spinta che interessa lo scatolare è posto  $h_{\text{scat}}/2$ , con " $h_{\text{tot}}$ " altezza dal piano stradale alla fondazione dello scatolare e  $h_{\text{scat}}$  l'altezza dello scatolare (fuori terra).

Essendo " $\Delta P_d$ " la risultante globale, ed il diagramma di spinta di tipo rettangolare, è immediato ricavare la quota parte della spinta che agisce sul piedritto dello scatolare.

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti, di cui la componente

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

verticale è considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

## 4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

### 4.4.1 Durabilità delle opere

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Per le opere della presente relazione si adottano le classi di esposizione indicate al §3.1 ricordando che per ciascuna classe di esposizione le condizioni ambientali da considerare sono le seguenti (in accordo con [NT\_1]):

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
<i>Ordinarie</i>	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
<i>Aggressive</i>	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
<i>Molto aggressive</i>	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Nella tabella seguente si riportano per completezza anche i limiti di apertura delle fessure in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature secondo [NT\_1]:

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

Per tutte le parti strutturali componenti l'opera in progetto si utilizzano armature **poco sensibili**.

Da sottolineare che per gli elementi in c.a.p. deve essere verificata la condizione di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> CS0498_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

**decompressione**, evitando quindi la presenza di trazione e assicurando di conseguenza l'integrità delle armature da precompresso.

## 5 FASI COSTRUTTIVE

La realizzazione dell'opera prevede le seguenti fasi principali di costruzione:

### *ESECUZIONI DI PRIMA FASE:*

- sbancamento e preparazione del piano di posa del cls magro di sottofondazione;
- realizzazione dei diaframmi, calaggio delle armature e getto di calcestruzzo;

### *ESECUZIONI DI SECONDA FASE*

- casseratura delle elevazioni e getto delle parti in c.a. della spalla;
- rimodellazione del terreno antistante la spalla allo scopo di ottenere un piano di lavoro a quota costante per lo stoccaggio delle travi.

### *ESECUZIONI DI TERZA FASE*

- posizionamento della gru;
- varo dell'impalcato;
- sistemazione dei rilevati come progetto da elaborato: CG0700PP8DCSC00SV73C00001F0

## 6 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Gli elaborati di riferimento per l'opera in esame sono i seguenti:

Relazione tecnico descrittiva dell'opera	CG0700 P RG D C SC 00 SV 3C 00 00 01 F0
Scheda riassuntiva di rintracciabilità dell'opera	CG0700 P SH D C SC 00 SV 3C 00 00 01 F0
Relazione di calcolo	CG0700 P CL D C SC 00 SV 3C 00 00 01 F0
relazione geotecnica	CG0700 P RB D C SC 00 SV 3C 00 00 01 F0
Planimetria di progetto	CG0700 P P8 D C SC 00 SV 3C 00 00 01 F0
Pianta dell'opera, prospetti e sezioni trasversali	CG0700 P PZ D C SC 00 SV 3C 00 00 01 F0