

# 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)

#### IL PROGETTISTA



Dott. Ing. F. Colla  
 Ordine Ingegneri  
 Milano  
 n° 20355  
 Dott. Ing. E. Pagani  
 Ordine Ingegneri Milano  
 n° 15408



#### IL CONTRAENTE GENERALE

Project Manager  
 (Ing. P.P. Marcheselli)

STRETTO DI MESSINA  
 Direttore Generale e  
 RUP Validazione  
 (Ing. G. Fiammenghi)

STRETTO DI MESSINA  
 Amministratore Delegato  
 (Dott. P. Ciucci)

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI SICILIA	SS0776_F0
<i>Tipo di sistema</i>	INFRASTRUTTURE STRADALI - OPERE CIVILI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	SVINCOLO ANNUNZIATA	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	VIADOTTO DIREZIONE REGGIO CALABRIA	
<i>Titolo del documento</i>	RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	

CODICE

C G 0 7 0 0 P R G D S S C A 4 V I V 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> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

INDICE .....	3
PREMESSA.....	4
1 RIFERIMENTI NORMATIVI .....	4
2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	6
3 CARATTERISTICHE MATERIALI.....	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).....	11
3.3 Acciaio per cemento armato precompresso (Secondo NTC 2008 – D.M. 14/01/2008) ..	11
4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	13
4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA.....	13
4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO.....	17
Parametri principali assunti .....	50
4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO .....	51
4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE .....	52
4.4.1 Verifiche di resistenza.....	52
4.4.1.1 Verifiche di resistenza agli stati limite ultimi.....	53
4.4.2 Verifiche agli stati limite di esercizio.....	53
4.4.2.1 Definizione degli stati limite di fessurazione .....	53
4.4.2.2 Condizioni ambientali .....	54
4.4.2.3 Sensibilità delle armature alla corrosione .....	54
4.4.2.4 Scelta degli stati limite di fessurazione.....	54
4.4.2.5 Verifiche allo stato limite di fessurazione.....	55
4.4.2.6 Verifiche delle tensioni in esercizio.....	55
5 FASI COSTRUTTIVE.....	56
6 ELABORATI DI RIFERIMENTO .....	57

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## PREMESSA

La presente relazione tratta della realizzazione dello Svincolo “Annunziata”, carreggiata direzione Reggio Calabria (progressive Pk. Iniz. 10+163.34 - Pk. Fin. 10+178.34 km), facente parte dei collegamenti lato Sicilia del ponte sullo stretto di Messina.

### 1 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- Legge 5/11/1971 n° 1086: "Norme per le discipline delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica".
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- D.M. del 14/01/2008 - “Norme Tecniche per le Costruzioni 2008”
- Istruzioni per l’applicazione delle norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14/01/2008 – Circolare 2 febbraio 2009 n. 617
- CNR-DT 207/2008 - Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni
- UNI EN1990:2002 - Basi della progettazione strutturale
- UNI EN1991-2:2003 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti
- UNI EN1992-1-1:2004 - Progettazione delle strutture in cls - Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN1993-1-1:2005: Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN1993-1-5:2006: Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 1.5: Elementi strutturali a lastra
- UNI EN1993-1-8:2005: Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 1.8: Progettazione dei collegamenti
- UNI EN1993-1-9:2005: Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 1.9: Fatica
- UNI EN1993-2:2006: Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 2: Ponti in acciaio
- UNI EN1994-1-1:2004: Progettazione delle strutture miste acciaio-cls - Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA</b>		<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3 CARATTERISTICHE MATERIALI

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

##### Per sottofondazioni

classe di resistenza

C12/15

classe di esposizione

XC0

##### Per pali gettati in opera

classe di resistenza

C25/30

modulo elastico

$E_c = 31447 \text{ N/mm}^2$

resistenza caratteristica a compressione cilindrica

$f_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$

resistenza media a compressione cilindrica

$f_{cm} = 32.90 \text{ N/mm}^2$

resistenza di calcolo a compressione

$f_{cd} = 14.11 \text{ N/mm}^2$

resistenza a trazione ( valore medio )

$f_{ctm} = 2.56 \text{ N/mm}^2$

resistenza caratteristica a trazione (frattile al 5%)

$f_{ctk,5\%} = 1.79 \text{ N/mm}^2$

resistenza a trazione per flessione

$f_{ctm} = 3.07 \text{ N/mm}^2$

tensione a SLE – combinazione rara

$\sigma_c = 14.94 \text{ N/mm}^2$

tensione a SLE – combinazione quasi permanente

$\sigma_c = 11.20 \text{ N/mm}^2$

copriferro

$C = 60 \text{ mm}$

classe di esposizione

XC2

classe di consistenza slump

S4-S5

max dimensione aggregati

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

rapporto A/C massimo

0.50

##### Fondazioni pila e spalle

classe di resistenza

C25/30

modulo elastico

$E_c = 31447 \text{ N/mm}^2$

resistenza caratteristica a compressione cilindrica

$f_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$

resistenza media a compressione cilindrica

$f_{cm} = 32.90 \text{ N/mm}^2$

resistenza di calcolo a compressione

$f_{cd} = 14.11 \text{ N/mm}^2$

resistenza a trazione ( valore medio )

$f_{ctm} = 2.56 \text{ N/mm}^2$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

resistenza caratteristica a trazione (frattile al 5%)	$f_{ctk,5\%} =$	1.79	N/mm <sup>2</sup>
resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	3.07	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione rara	$\sigma_C =$	14.94	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione quasi permanente	$\sigma_C =$	11.20	N/mm <sup>2</sup>
copriferro	$C =$	40	mm
classe di esposizione		XC2	
classe di consistenza slump		S4	
max dimensione aggregati	$D_{max} =$	32	mm
rapporto A/C massimo		0.50	

### **Solette di transizione**

classe di resistenza		<b>C25/30</b>	
modulo elastico	$E_c =$	31447	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} =$	24.90	N/mm <sup>2</sup>
resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} =$	32.90	N/mm <sup>2</sup>
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} =$	14.11	N/mm <sup>2</sup>
resistenza a trazione ( valore medio )	$f_{ctm} =$	2.56	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica a trazione (frattile al 5%)	$f_{ctk,5\%} =$	1.79	N/mm <sup>2</sup>
resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	3.07	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione rara	$\sigma_C =$	14.94	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione quasi permanente	$\sigma_C =$	11.20	N/mm <sup>2</sup>
copriferro	$C =$	30	mm
classe di esposizione		XC2	
classe di consistenza slump		S3	
max dimensione aggregati	$D_{max} =$	32	mm
rapporto A/C massimo		0,50	

### **Baqgioli e ritegni sismici**

classe di resistenza		<b>C32/40</b>	
modulo elastico	$E_c =$	33643	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} =$	33.20	N/mm <sup>2</sup>
resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} =$	41.20	N/mm <sup>2</sup>
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} =$	18.81	N/mm <sup>2</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

resistenza a trazione ( valore medio )	$f_{ctm} =$	3.10	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica a trazione (frattile al 5%)	$f_{ctk,5\%} =$	2.17	N/mm <sup>2</sup>
resistenza a trazione per flessione	$f_{cfm} =$	3.72	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione rara	$\sigma_C =$	19.92	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione quasi permanente	$\sigma_C =$	14.94	N/mm <sup>2</sup>
copriferro	$C =$	35	mm
classe di esposizione		XS1	XF2
classe di consistenza slump		S4	
max dimensione aggregati	$D_{max} =$	20	mm
rapporto A/C massimo		0.50	

### **Elevazioni pila, spalle, muri, paraghiaia**

classe di resistenza	<b>C32/40</b>		
modulo elastico	$E_c =$	33643	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} =$	33.20	N/mm <sup>2</sup>
resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} =$	41.20	N/mm <sup>2</sup>
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} =$	18.81	N/mm <sup>2</sup>
resistenza a trazione ( valore medio )	$f_{ctm} =$	3.10	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica a trazione (frattile al 5%)	$f_{ctk,5\%} =$	2.17	N/mm <sup>2</sup>
resistenza a trazione per flessione	$f_{cfm} =$	3.72	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione rara	$\sigma_C =$	19.92	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione quasi permanente	$\sigma_C =$	14.94	N/mm <sup>2</sup>
copriferro	$C =$	45	mm
classe di esposizione	XC4	XS1	XF2
classe di consistenza slump		S4	
max dimensione aggregati	$D_{max} =$	32	mm
rapporto A/C massimo		0.50	

### **Soletta di impalcato**

classe di resistenza	<b>C32/40</b>		
modulo elastico	$E_c =$	33643	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} =$	33.20	N/mm <sup>2</sup>
resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} =$	41.20	N/mm <sup>2</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} =$	18.81	N/mm <sup>2</sup>
resistenza a trazione ( valore medio )	$f_{ctm} =$	3.10	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica a trazione (frattile al 5%)	$f_{ctk,5\%} =$	2.17	N/mm <sup>2</sup>
resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	3.72	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione rara	$\sigma_C =$	19.92	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione quasi permanente	$\sigma_C =$	14.94	N/mm <sup>2</sup>
copriferro estradosso	$C =$	40	mm
classe di esposizione		XF4	XS1
classe di consistenza slump		S4	
max dimensione aggregati	$D_{max} =$	20	mm
rapporto A/C massimo		0.50	

### **Cordoli di impalcato**

classe di resistenza		<b>C32/40</b>	
modulo elastico	$E_c =$	33643	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} =$	33.20	N/mm <sup>2</sup>
resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} =$	41.20	N/mm <sup>2</sup>
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} =$	18.81	N/mm <sup>2</sup>
resistenza a trazione ( valore medio )	$f_{ctm} =$	3.10	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica a trazione (frattile al 5%)	$f_{ctk,5\%} =$	2.17	N/mm <sup>2</sup>
resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	3.72	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione rara	$\sigma_C =$	19.92	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione quasi permanente	$\sigma_C =$	14,94	N/mm <sup>2</sup>
copriferro	$C =$	40	mm
classe di esposizione		XS1	XF2
classe di consistenza slump		S4	
max dimensione aggregati	$D_{max} =$	20	mm
rapporto A/C massimo		0.5	

### **Travi di impalcato**

classe di resistenza		<b>C45/55</b>	
modulo elastico	$E_c =$	36416	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} =$	45.65	N/mm <sup>2</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} =$	53,65	N/mm <sup>2</sup>
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} =$	25,87	N/mm <sup>2</sup>
resistenza a trazione ( valore medio )	$f_{ctm} =$	3,83	N/mm <sup>2</sup>
resistenza caratteristica a trazione (frattile al 5%)	$f_{ctk,5\%} =$	2,68	N/mm <sup>2</sup>
resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	4,60	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione rara	$\sigma_C =$	27,39	N/mm <sup>2</sup>
tensione a SLE – combinazione quasi permanente	$\sigma_C =$	20,54	N/mm <sup>2</sup>
copriferro estradosso	$C =$	35	mm
classe di esposizione		XC4	
classe di consistenza slump		S4	
max dimensione aggregati	$D_{max} =$	20	mm
rapporto A/C massimo		0,50	

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

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

### 3.2 Acciaio per armature di conglomerato cementizio armato (Secondo NTC 2008 – D.M. 14/01/2008)

		<b>B450C</b>	
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	

### 3.3 Acciaio per cemento armato precompresso (Secondo NTC 2008 – D.M. 14/01/2008)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

tensione caratteristica allo 0,1% di deformazione residua	$f_{p(0,1)_k} =$	1.600	N/mm <sup>2</sup>
tensione caratteristica allo 1% di deformazione totale	$f_{p(1)_k} =$	1.670	N/mm <sup>2</sup>
tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} =$	1.860	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{yd} =$	1.391	N/mm <sup>2</sup>
Deformazione caratteristica al carico massimo	$\epsilon_{uk}$	3,50	%
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> SS0776_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 viadotto direzione Reggio Calabria facente parte dello svincolo denominato Annunziata definito nel comprensorio dei collegamenti Sicilia del ponte sullo stretto di Messina. Da un inquadramento infrastrutturale dell'opera è possibile desumerne la strutturazione fondamentale utilizzata nel corso delle analisi.

Il viadotto è composto da una singola campata la cui luce di calcolo è pari a 15.00 m. L'impalcato è caratterizzato da un asse rettilineo, con sviluppo longitudinale pari a 15.0 m misurato tra gli assi di appoggio delle due spalle in cemento armato, e da una larghezza trasversale pari a 14.0 m. Nel particolare l'estensione trasversale del suddetto impalcato, può essere ripartita in 11.2 m di superficie bitumata, 0,80 m di cordolo destro e 2.0 m di cordolo sinistro, sui quali sono impostati i montanti delle barriere sicurvia e delle barriere di protezione. Allo scopo di sopperire a logiche necessità cinematiche e di servizio, viene conferita alla sovrastruttura, una pendenza trasversale del 4.5%. 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, con allineamento tra l'asse stradale e quello delle spalle. Le spalle afferenti a tale opera ed oggetto di studio del seguente elaborato, sono caratterizzate dalla compresenza su entrambe di appoggi in neoprene armato. Esse nel particolare risultano realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera. Geometricamente presentano ambedue un muro frontale di spessore pari a 1.80 m. In sommità al muro frontale è situato il muro paraghiaia di spessore costante pari a 0.60 m largo quanto il muro stesso e di altezza pari a 1.13 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 10.00 x 16.50 m e spessore 2.50 m. Le due spalle si differenziano in altezza, dove la maggiore risulta indicizzata con la sigla SPALLA A (lato Reggio Calabria), mentre la più bassa viene definita SPALLA B (lato Messina). Ai lati della spalla classica è presente un muro andatore parallelo all'asse del cavalcavia di spessore variabile pari a 0.80 m in sommità e 2.0 m alla base. L'analisi dei carichi e l'analisi sismica sono state effettuate in ottemperanza alla NTC del 14 Gennaio 2008; inoltre per il terreno sono state

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

assunte le ipotesi di spinta a riposo in condizioni statiche e spinta attiva in condizioni sismiche. Nel seguito si riportano la pianta e il profilo dell'opera in esame.

Le azioni orizzontali trasversali (vento e sisma) vengono contrastate dagli appoggi.

Nel seguito si riportano la sezione trasversale tipica e sulle spalle, la pianta e il profilo dell'opera in esame.

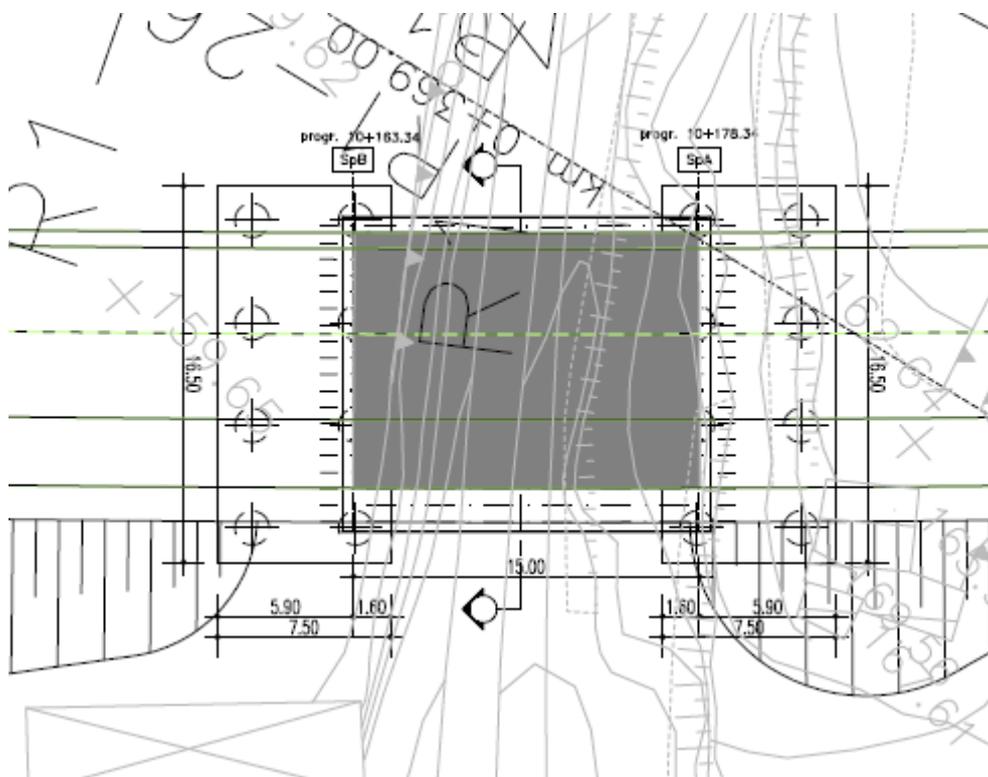


Figura 4.1 – Planimetria viadotto svincolo Annunziata direzione Reggio Calabria.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

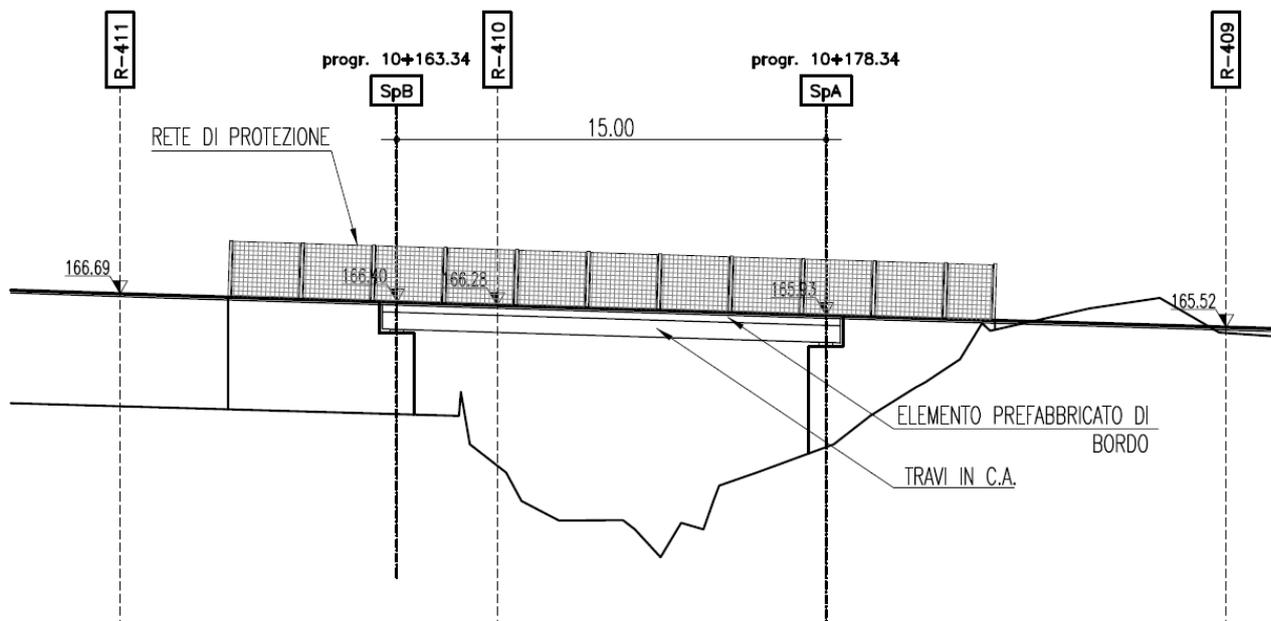


Figura 4.2 - Profilo longitudinale lato monte viadotto svincolo Annunziata direzione Reggio Calabria.

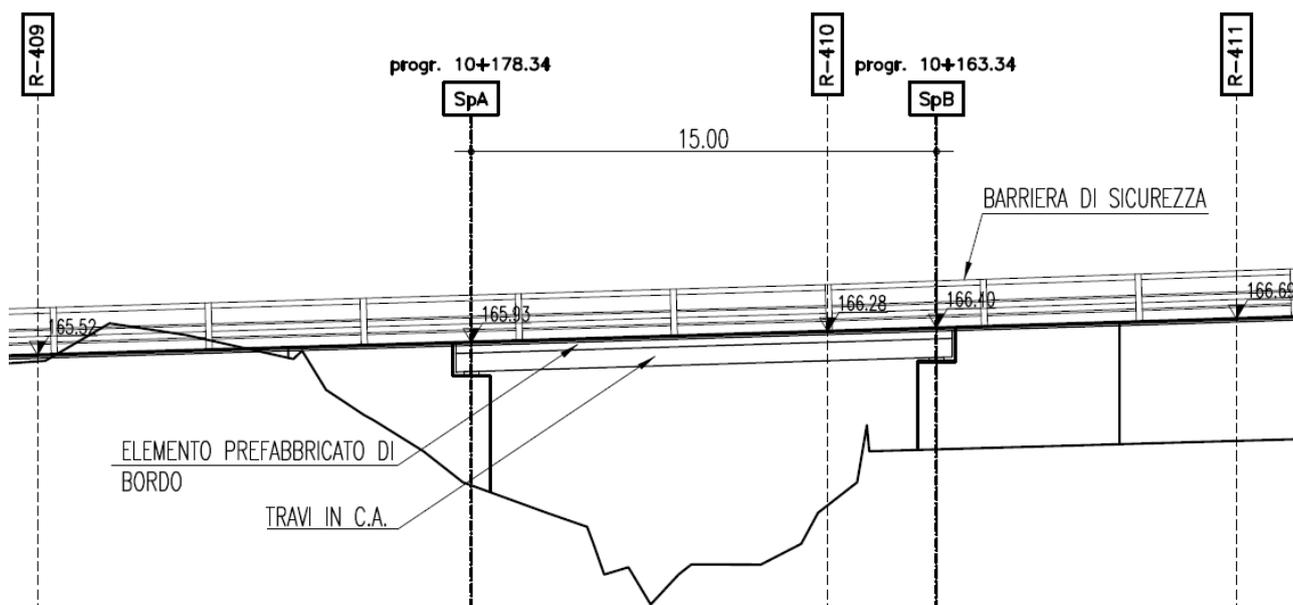


Figura 4.3 - Profilo longitudinale lato valle viadotto svincolo Annunziata direzione Reggio Calabria.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA</b>		<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

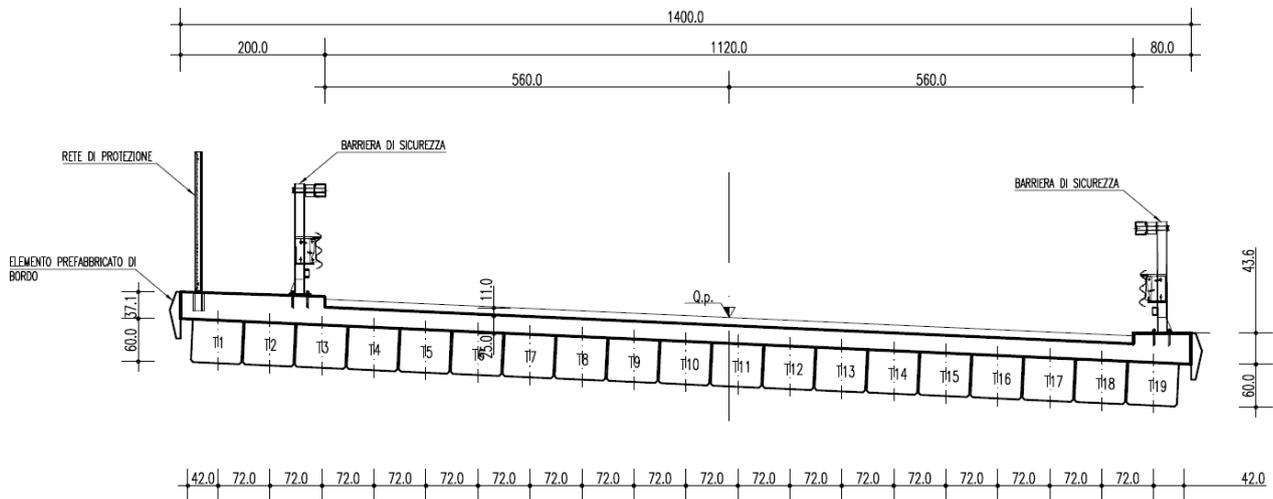


Figura 4.4 - Sezione trasversale impalcato viadotto svincolo Annunziata direzione Reggio Calabria.

L'impalcato ha le seguenti caratteristiche geometriche:

- Luce di calcolo 15.0 m
- Lunghezza totale 16.2 m
- Larghezza impalcato (media) 14.0 m
- Larghezza carreggiata (media) 11.2 m
- Larghezza cordolo destro 0,8 m
- Larghezza cordolo sinistro (medio) 2,0 m

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

### Descrizione delle litologie prevalenti

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

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

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

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

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

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

La falda risulta presente nei depositi alluvionali a quota assoluta 150 m s.l.m.

### Indagini previste

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

La categoria di suolo sismico, secondo N.T.C: 2008, risulta pari a **C** (sismica a rifrazione SR11, S441), come si evince dalle tabelle e figure in Allegato.

Le prove utilizzate nella caratterizzazione sono:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Depositi alluvionali

- prove SPT (S437 ,S441)
- prove sismiche a rifrazione (S432-SR11)
- prove di laboratorio per la determinazione delle granulometrie e delle caratteristiche fisiche (S430, S431, S432, S436, S437)

### San Pier Niceto argilloso

Le prove utilizzate nella caratterizzazione sono:

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

### San Pier Niceto Conglomeratico

Le prove utilizzate nella caratterizzazione sono:

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

### **Caratterizzazione geotecnica**

Per i criteri e per gli aspetti generali di caratterizzazione si rimanda a quanto riportato nella relazione Elab. CG0800PRBDCSBC8G00000001A. Per la definizione delle categorie di suolo si rimanda al medesimo elaborato ed alla relazione sismica di riferimento.

### **Depositi alluvionali**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

Con riferimento al fuso medio:

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

Il valore di  $D_{60}$  è pari a 2 mm

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

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

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

- **Dr:** I valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con il fattore correttivo  $C_{sg}=0.75$  corrispondente al  $d_{50}=0.8mm$ . I due valori di  $N_{SPT}$  a 4.5m e a 6m, riscontrati nel sondaggio S441 nel livello limoso tra 3.6m e 7.4m da p.c., non sono stati ritenuti rappresentativi e non sono stati utilizzati per la caratterizzazione della resistenza.
- **$e_o$ :** a partire dal  $d_{50}$  stimato si ottiene di  $e_{max}-e_{min}$  pari a 0.305 stimando per  $e_{max}$  un valore pari a 0.7: a partire dai valori di Dr è stato possibile determinare i valori di  $e_o$  in sito; il valore di  $e_o$  è mediamente pari a 0.5-0.6.
- **$\gamma_d$  :** si ottiene un pari a 17-19 KN/m<sup>3</sup>
- **$K_0$ :** si considera la relazione di Jaky.

<b>z(m)</b>	<b>Dr(%)</b>	<b><math>e_0</math></b>	<b><math>K_0</math></b>	<b><math>\phi'_p</math> (pff=0-272KPa) (°)</b>	<b><math>\phi'_{cv}</math> (°)</b>
<b>0-10</b>	<b>40-70</b>	<b>0.5-0.6</b>	<b>0.38-0.40</b>	<b>37-38</b>	<b>33</b>

Per i parametri di deformabilità dalle sismiche a rifrazione (S432-SR11) si ottengono valori di  $V_s$  che vanno mediamente da 200 m/s a 300 m/s.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$G_0$  varia conseguentemente da 80 a 150 Mpa fino a 10-15m di profondità.

I parametri ricavati dalle sismiche a rifrazione possono ritenersi rappresentativi della deformabilità delle lenti limose circoscritte che possono riscontrarsi (S441).

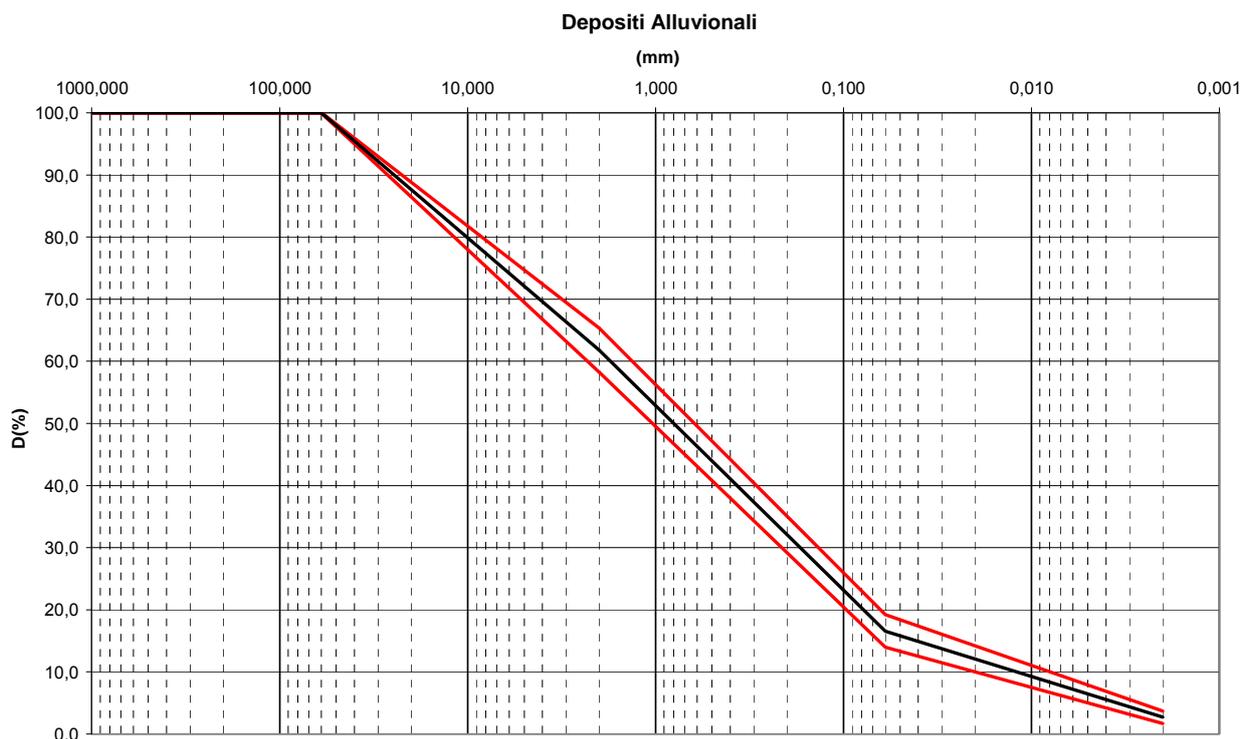
I valori di  $G_0$  da prove SPT hanno invece un andamento compatibile con le sismiche che, stimato graficamente con una linea di tendenza, risulta pari a:

$$G_o = 34 \cdot (z)^{0.65}$$

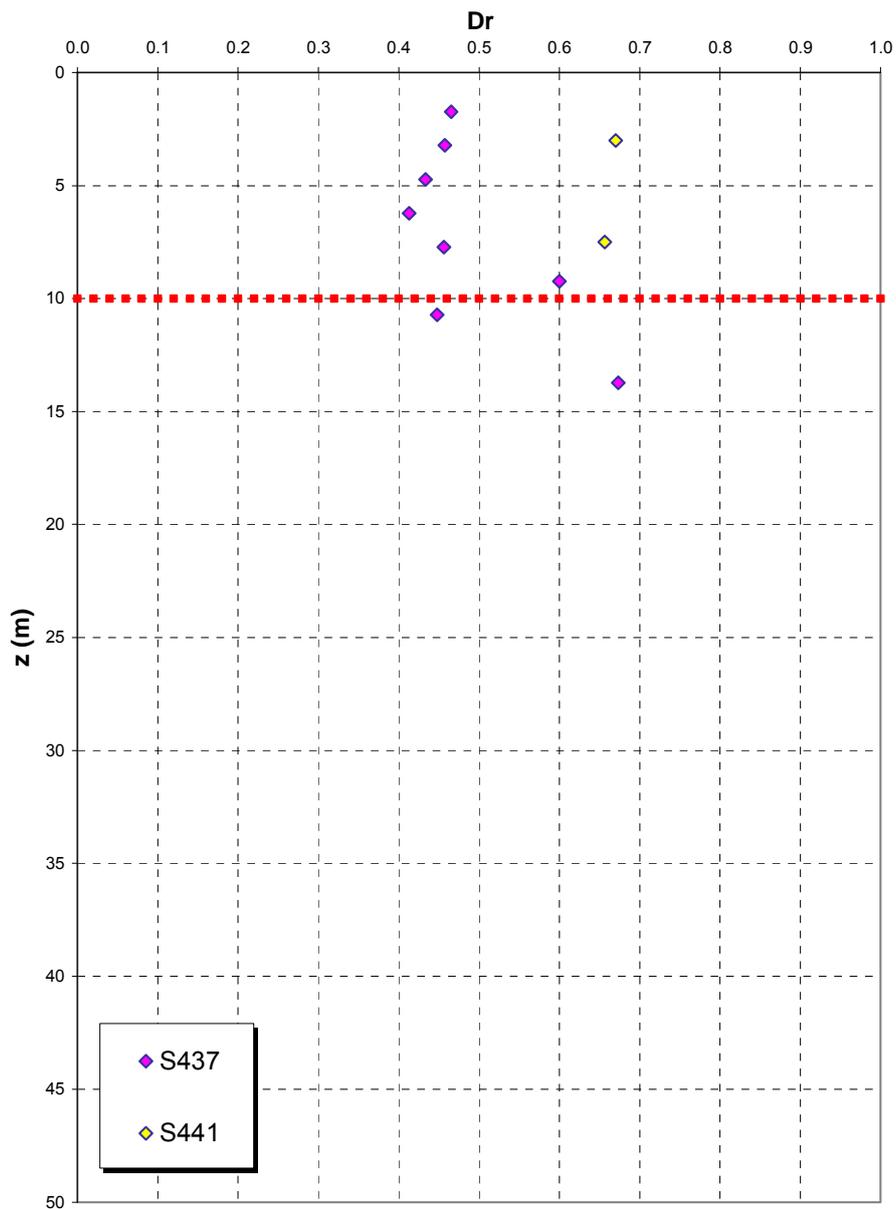
$$E_o = 80 \cdot (z)^{0.65}$$

$$E = (10 \div 25) \cdot (z)^{0.65}$$

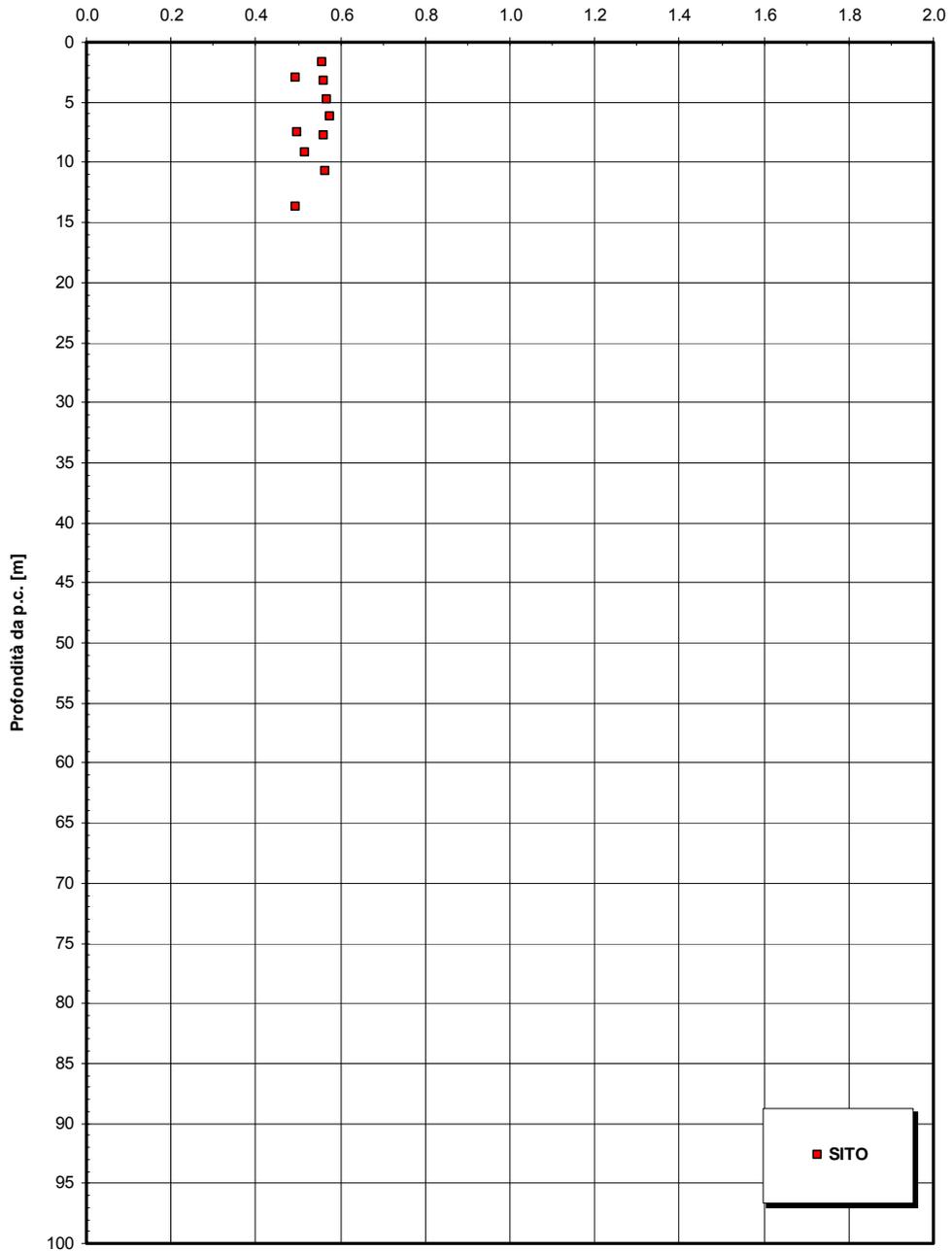
pari rispettivamente a circa 1/10 ÷ 1/5 (medio - alte deformazioni) ed ad 1/3 di quelli iniziali (piccole deformazioni). I valori minimi si riferiscono al progetto delle fondazioni.

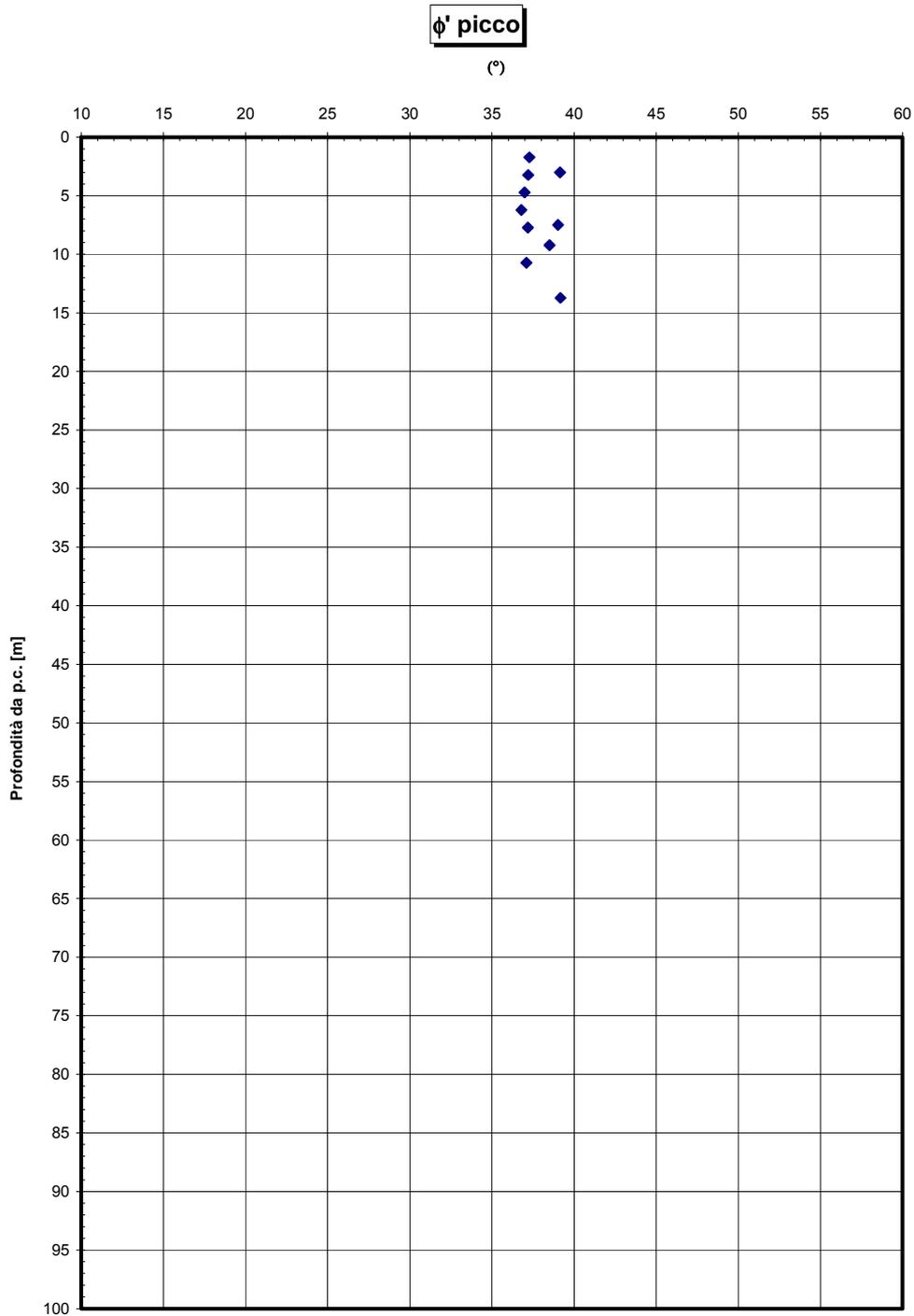


**Dr Skempton (1986)  
Componente sabbiosa prevalente  
DEPOSITI ALLUVIONALI**



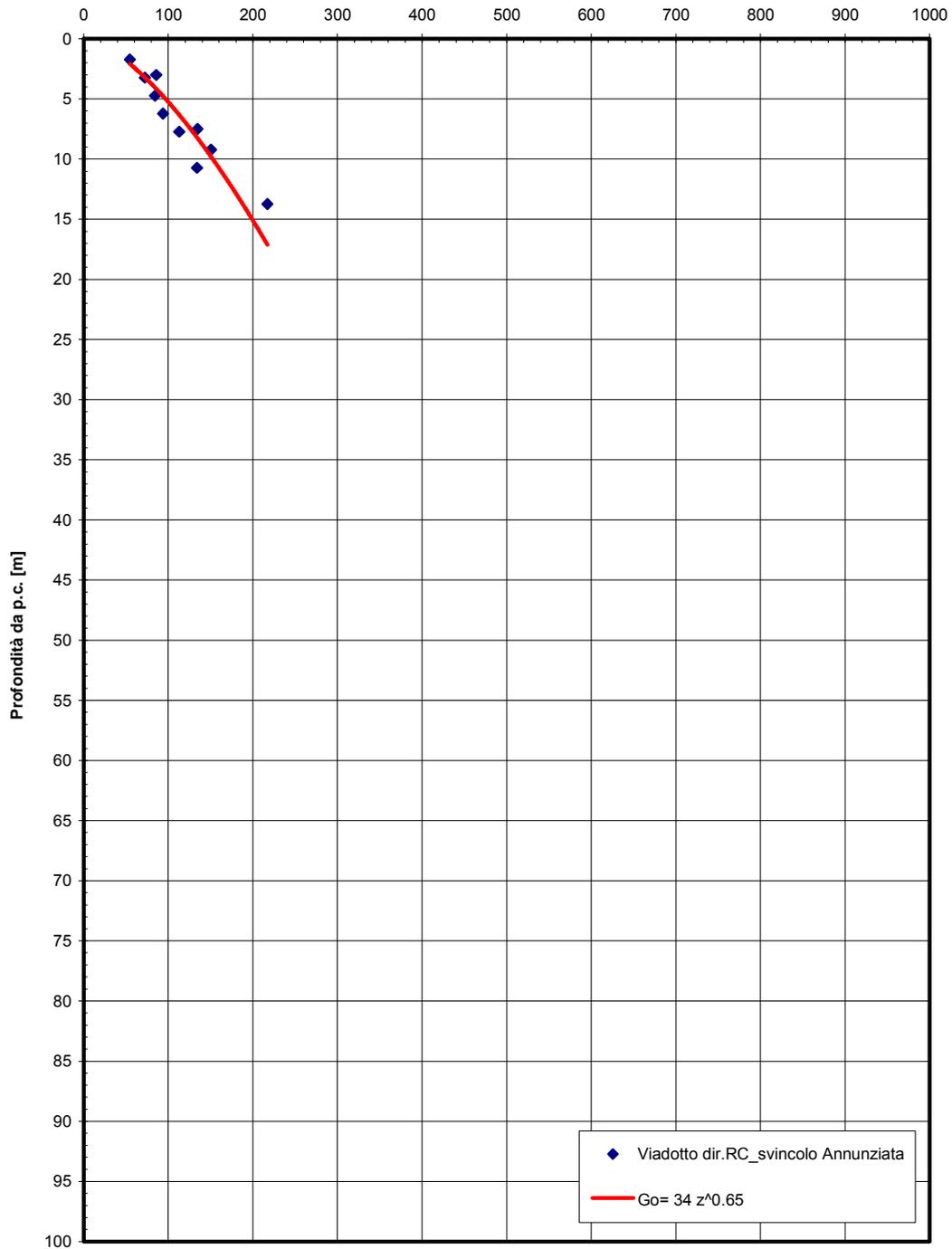
eo





**Go spt**

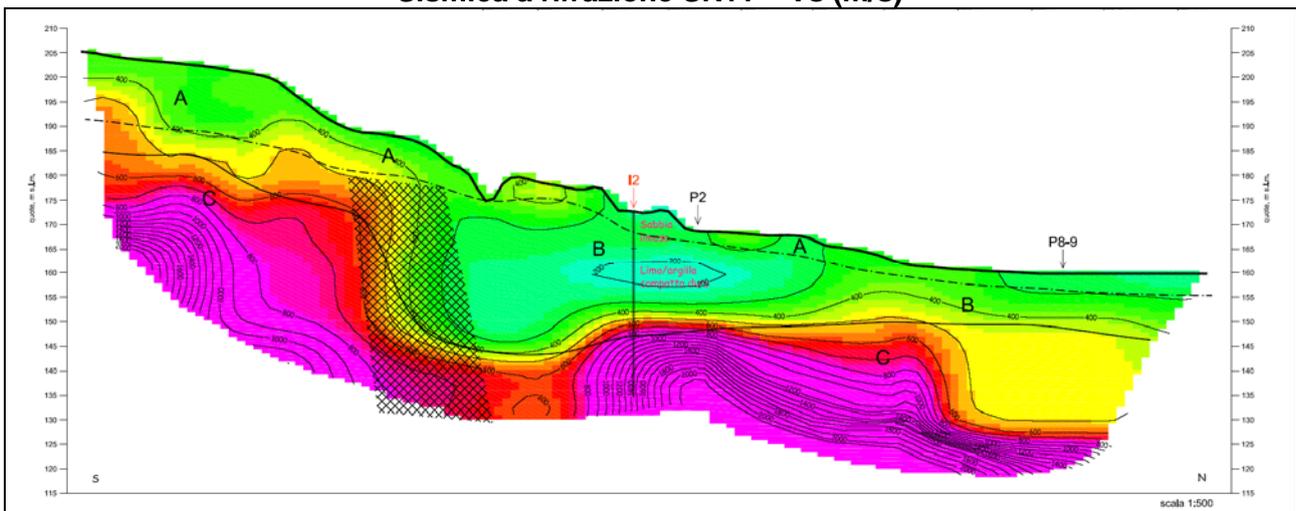
(MPa)



S441 - Nspt30

FORO	z [m]	Nspt	hi				
S441	3	25	3	0,12	0,649848	46	C
S441	4,5	20	1,5	0,075			
S441	6	26	1,5	0,057692			
S441	7,5	32	1,5	0,046875			
S441	9	57	1,5	0,026316			
S441	10,5	61	1,5	0,02459			
S441	12	40	1,5	0,0375			
S441	13,5	85	1,5	0,017647			
S441	15	73	1,5	0,020548			
S441	16,5	69	1,5	0,021739			
S441	18	61	1,5	0,02459			
S441	19,5	71	1,5	0,021127			
S441	21	75	1,5	0,02			
S441	22,5	51	1,5	0,029412			
S441	24	71	1,5	0,021127			
S441	25,5	46	1,5	0,032609			
S441	27	100	1,5	0,015			
S441	28,5	100	1,5	0,015			
S441	30	65	1,5	0,023077			

Sismica a rifrazione SR11 – Vs (m/s)



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### San Pier Niceto argilloso

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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

Tale discrepanza con i valori ottenuti dalle pressiometriche possono ascrivarsi

- alla difficoltà, nell'interpretazione delle sismiche a rifrazione, nell'individuare il sismostrato esattamente riferibile alla formazione in esame che rende eventualmente affetta da errore l'individuazione dell'esatto valore di  $V_s$ ,
- alla presenza, all'interno del pacchetto del San Pier Niceto argilloso, di strati arenacei cementati che condizionano la risposta elastica globale.
- all'eventuale disturbo del foro in cui sono state effettuate le prove pressiometriche
- al fatto che quasi tutte le dilatometriche (tranne S459bis) forniscono valori di primo carico.

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

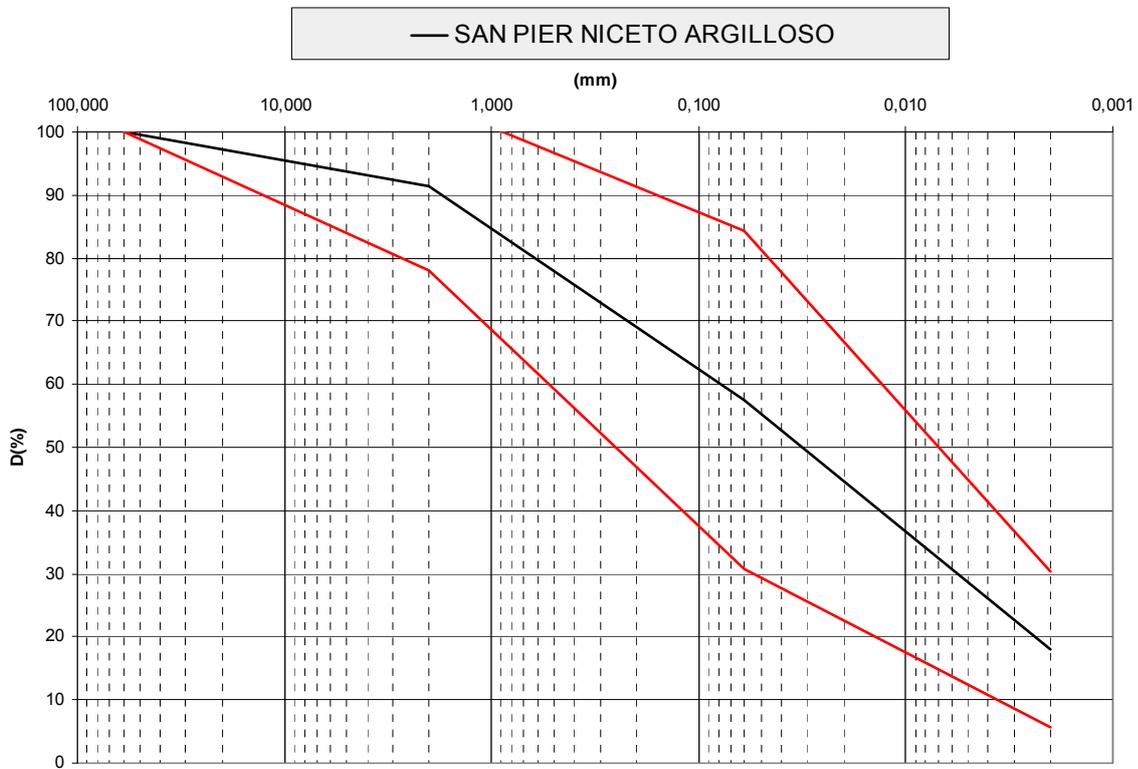
$E' = 70 \div 120$  MPa

compatibili rispettivamente con:

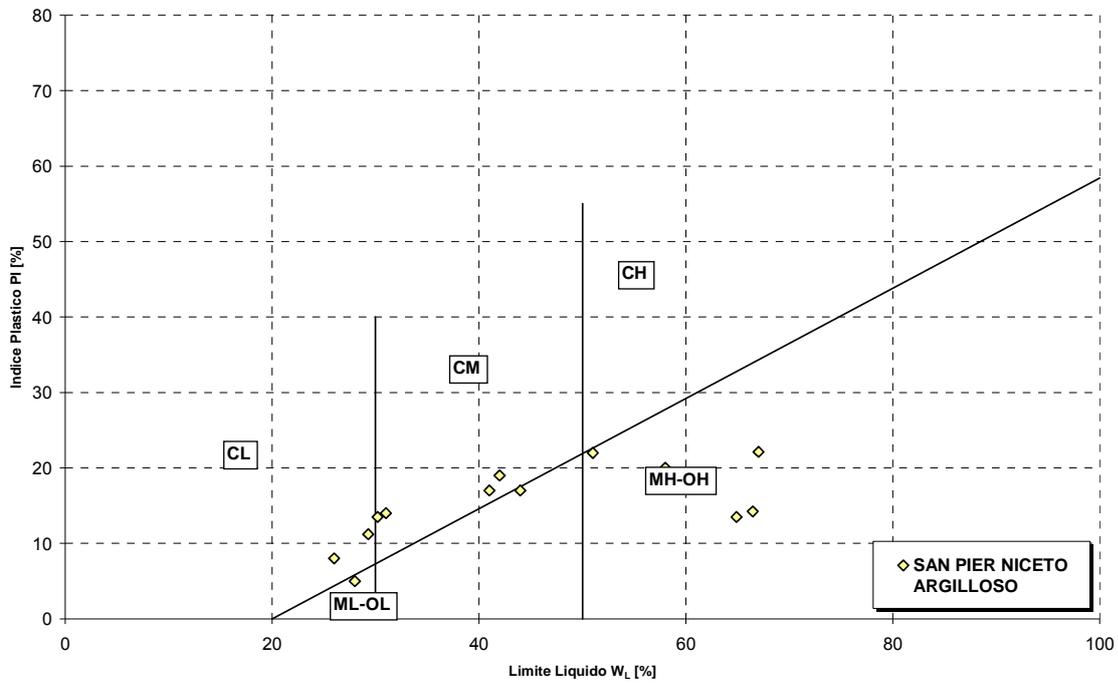
$E' = 200$  Cu (valore minimo)

$E' = 400$  Cu (valore massimo)

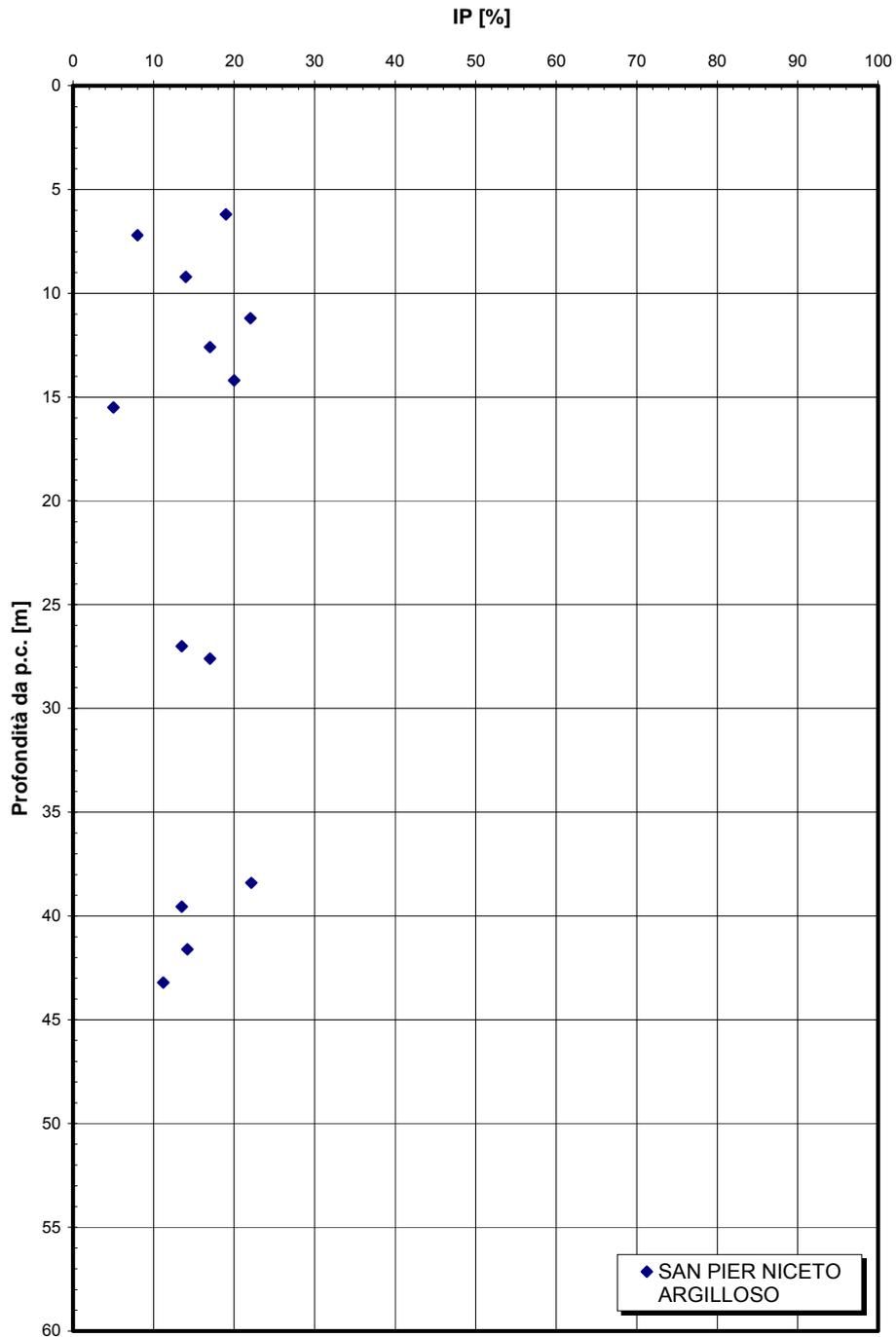
avendo posto un valore cautelativo di  $Cu = 300$  Kpa



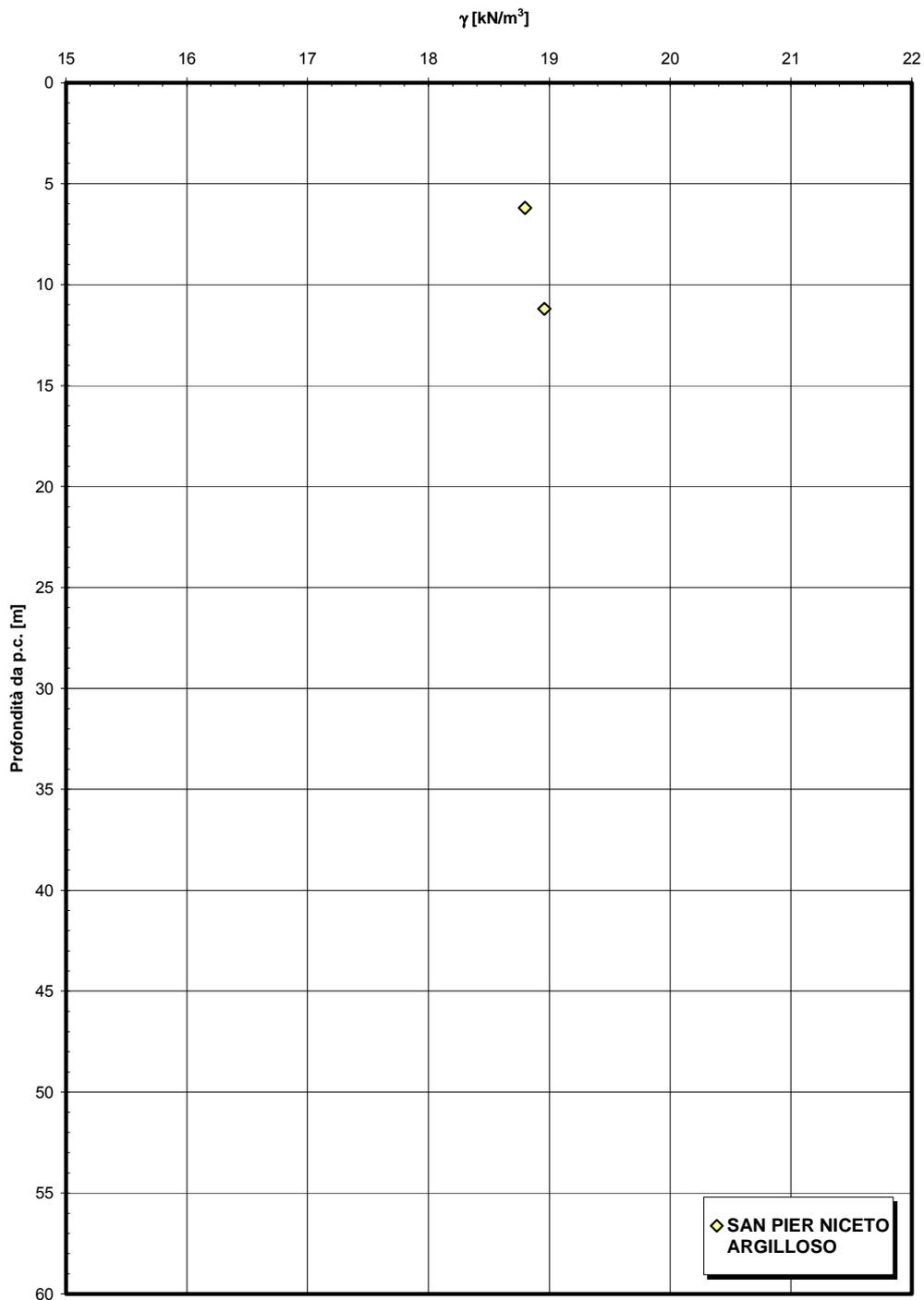
**Carta di Plasticità di Casagrande**



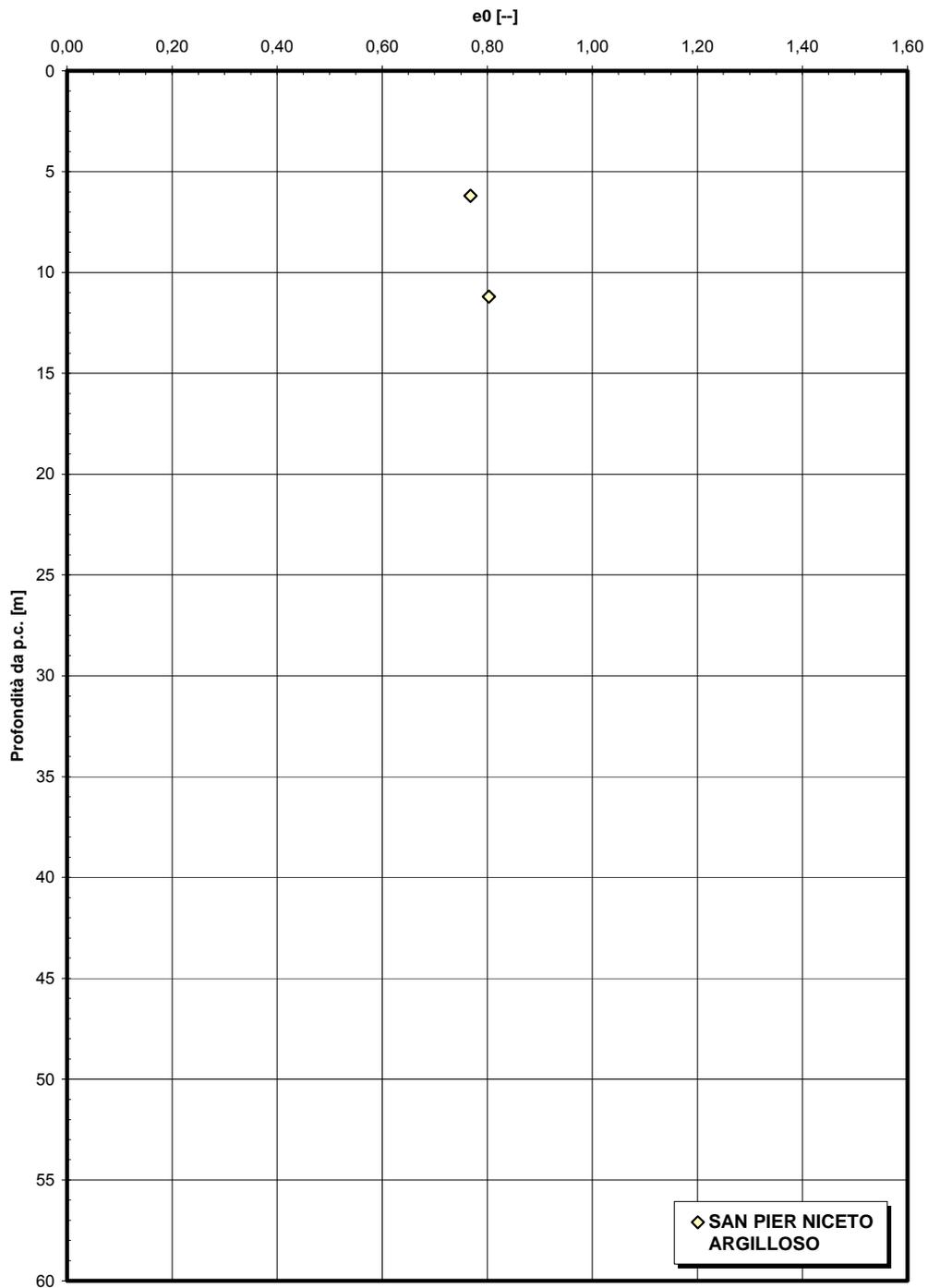
**Indice di plasticità**



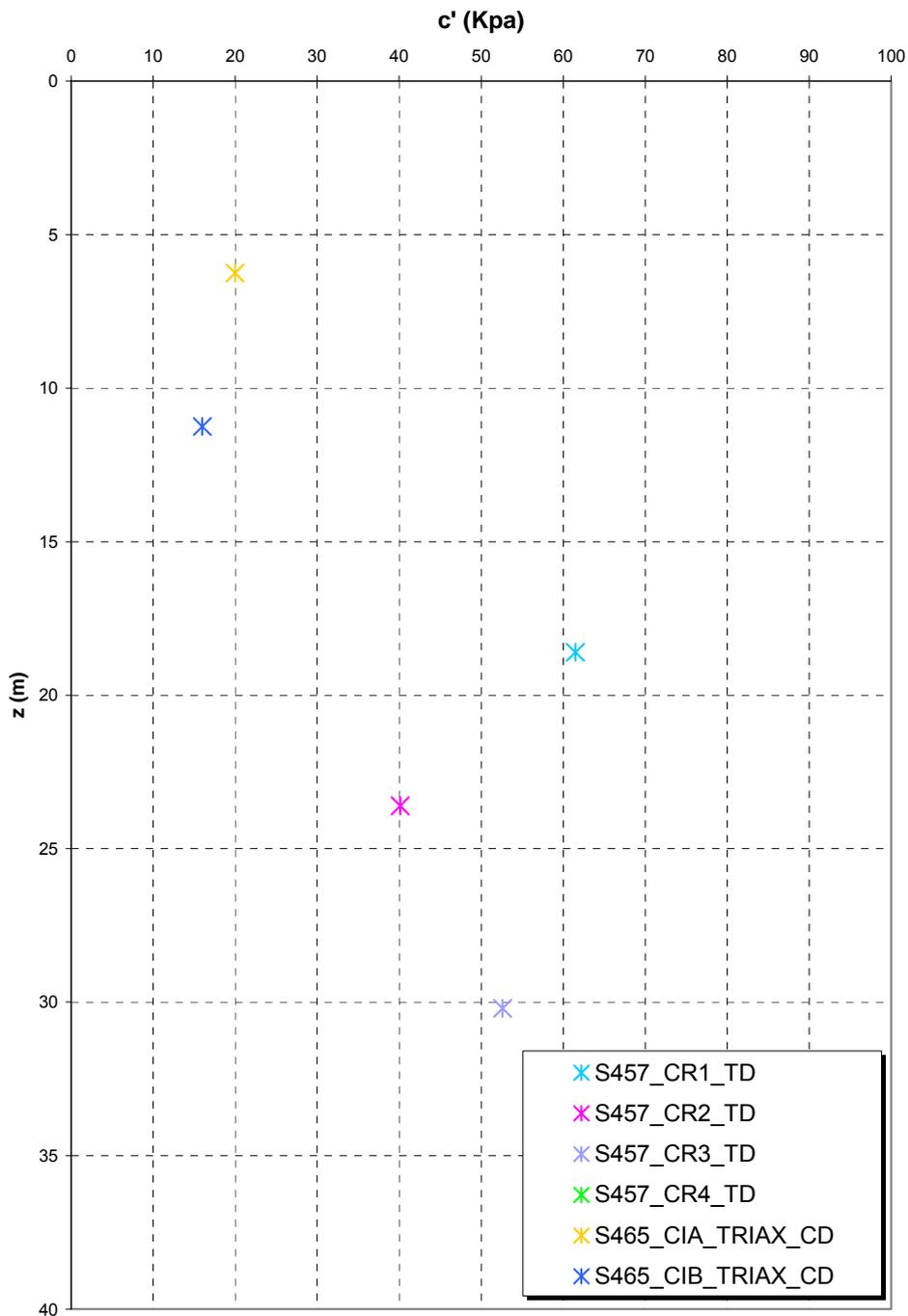
**Peso di volume naturale**



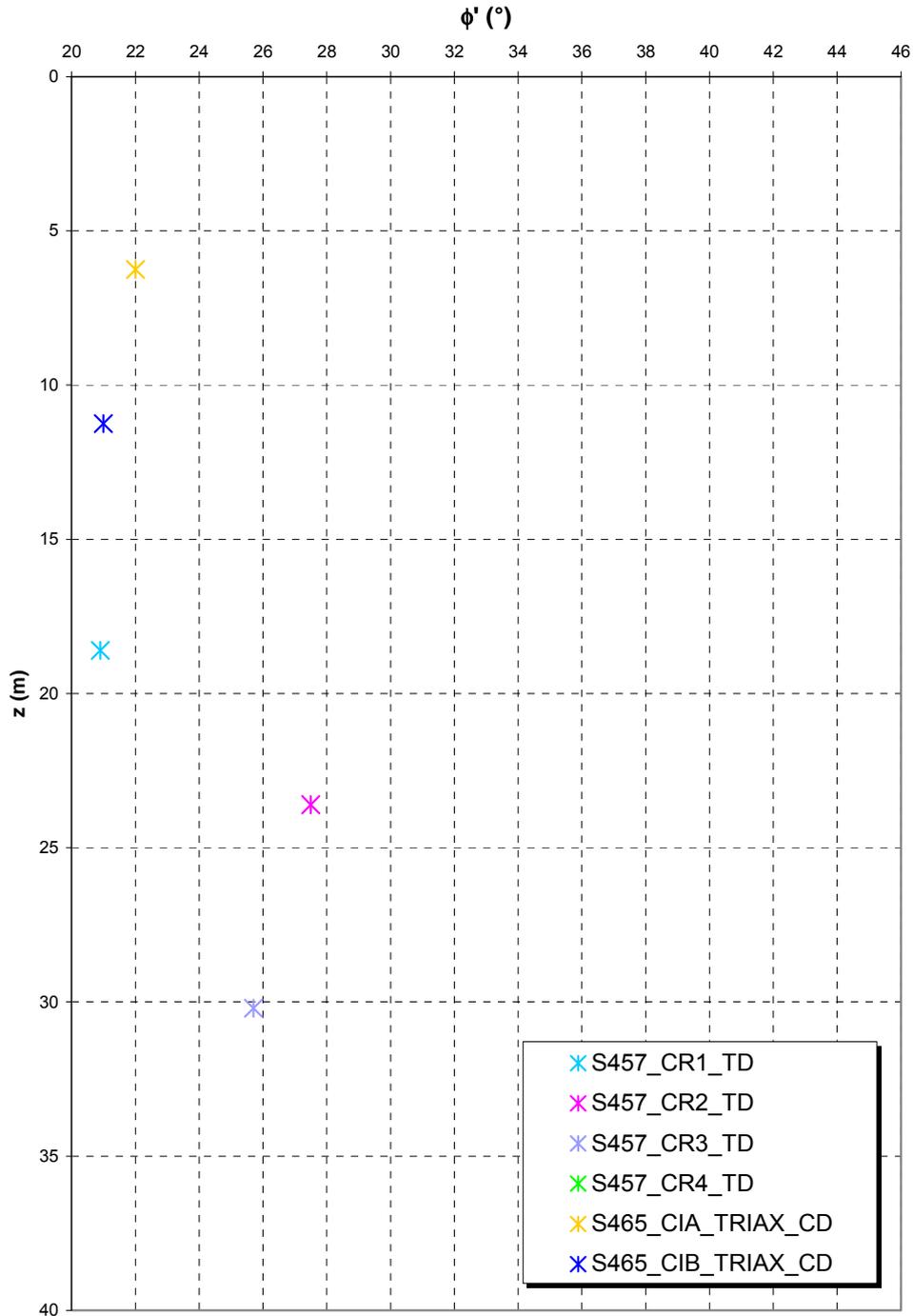
**Indice dei vuoti iniziale**



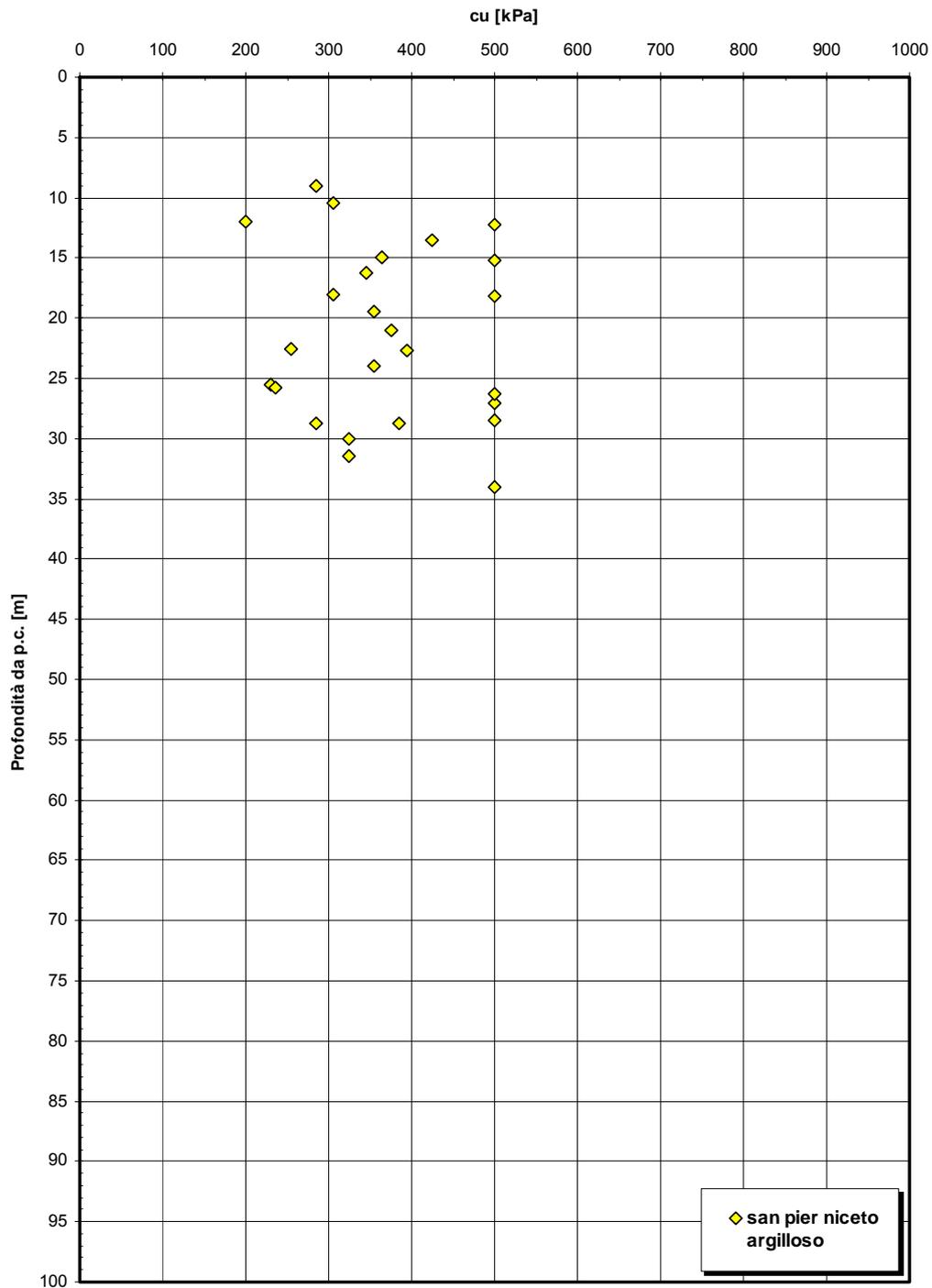
**Coesione  
SAN PIER NICETO ARGILLOSO**

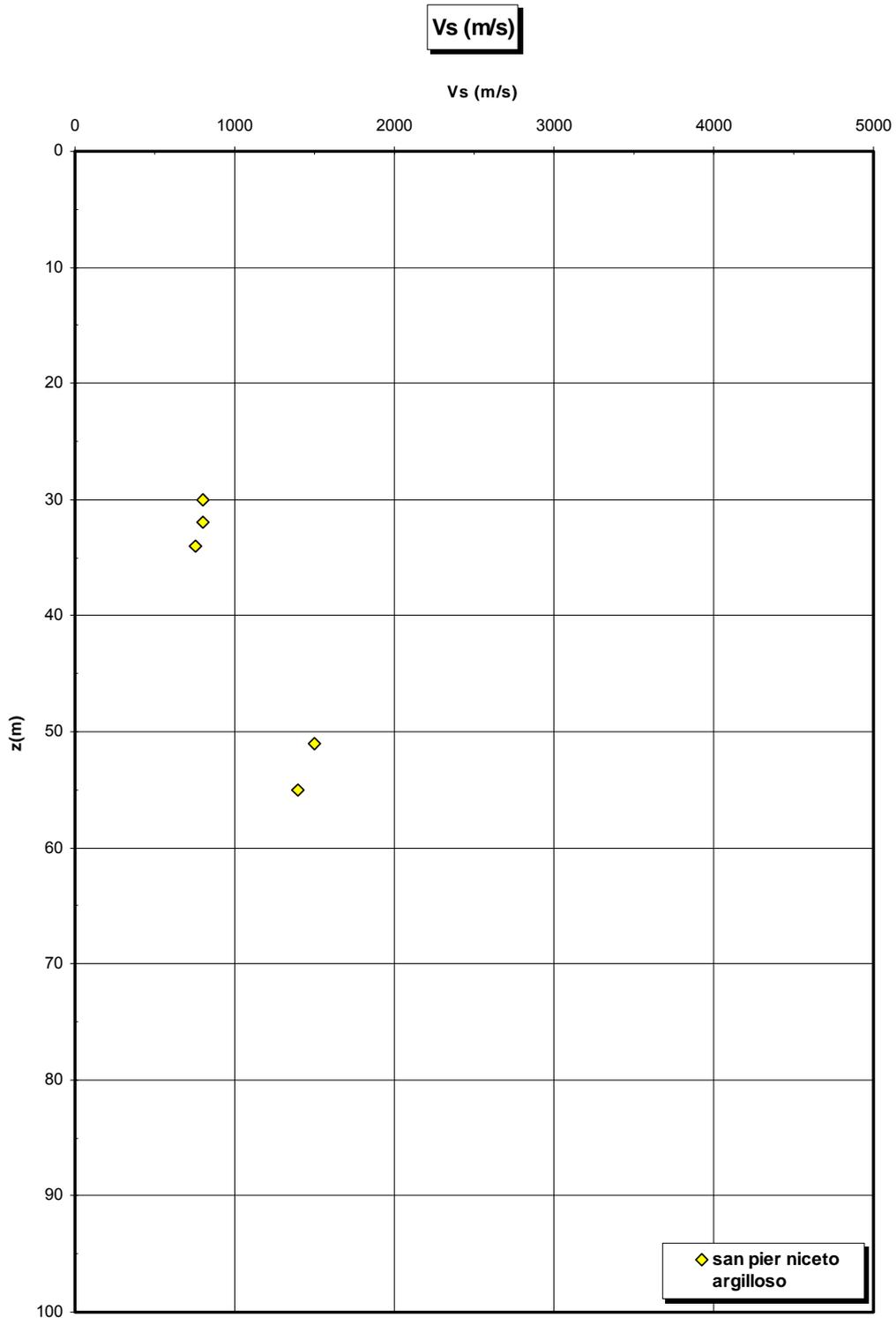


**Angolo di attrito  
SAN PIER NICETO ARGILLOSO**

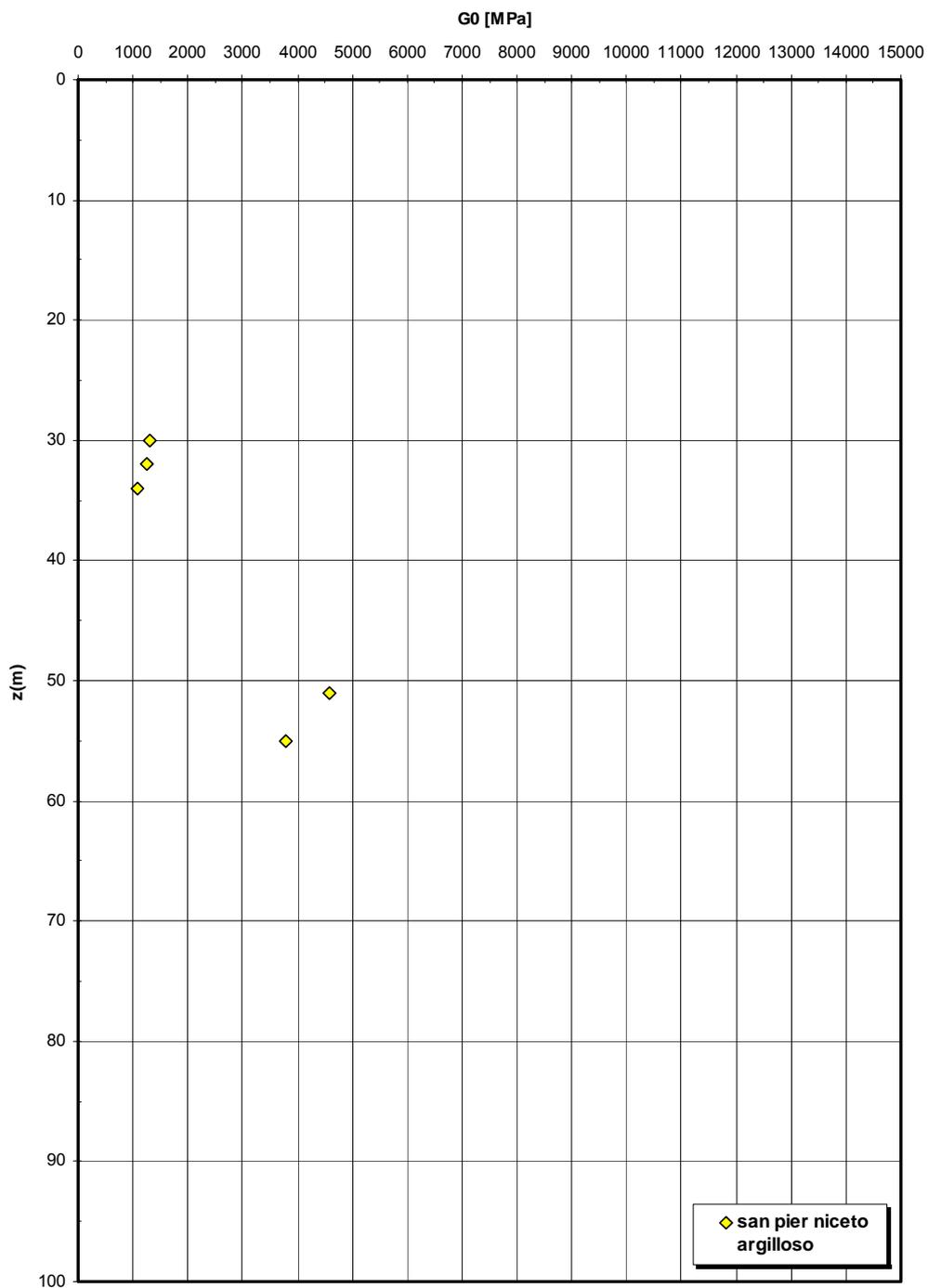


**Coesione non drenata da prove SPT**

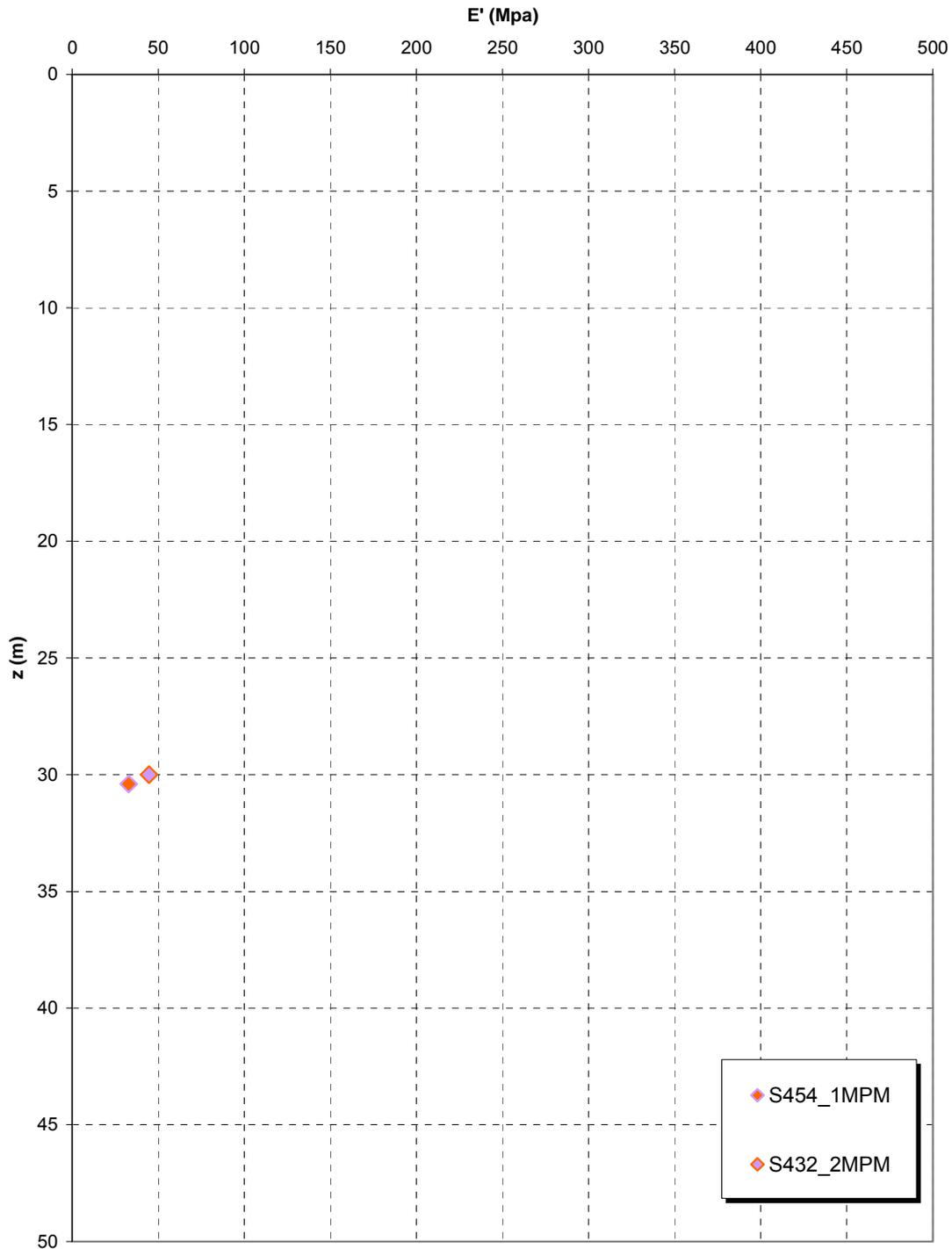




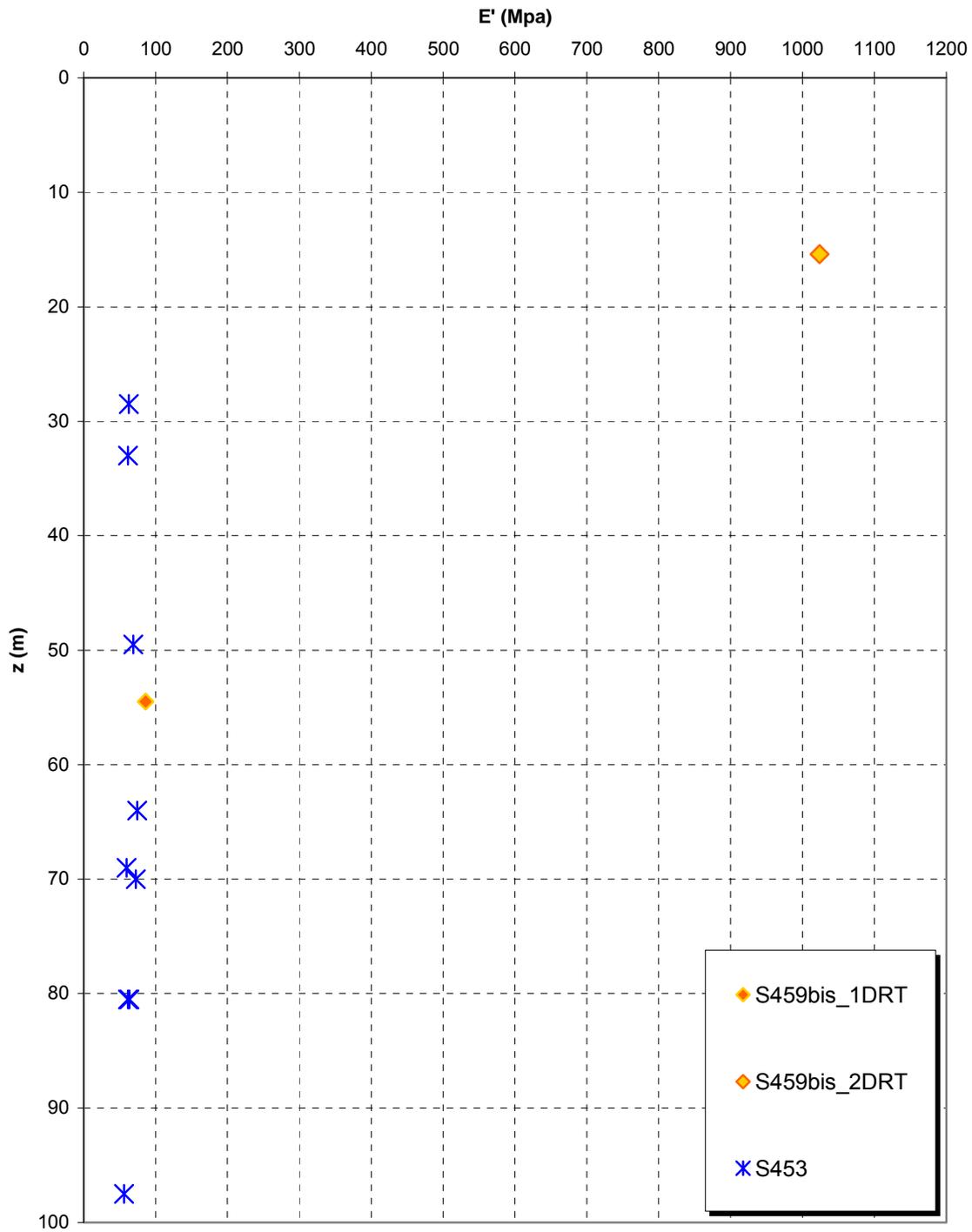
**G0 (Mpa)**



**Prove pressiometriche  
SAN PIER NICETO ARGILLOSO**



**Prove dilatometriche  
SAN PIER NICETO ARGILLOSO**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## San Pier Niceto Conglomeratico

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

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

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

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

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

Per quanto concerne lo stato iniziale si ha:

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

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

$K_0$ : si considera la relazione di Mesri.

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

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

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

del valore GSI di cui in precedenza;

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

I risultati che si ottengono per  $GSI = 46$  sono riportati nella tabella, sia per le condizioni di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

resistenza di picco (“undisturbed rock mass”) che per le condizioni di resistenza residua (“disturbed rock mass”) per tensioni normali corrispondenti a profondità massime di circa 20m.

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

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

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

Si pone quindi:

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

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

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

Il numero di dati a disposizione è molto esiguo;

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

$G_0=100 z$  (Mpa)

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

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

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

Per i moduli di Young “operativi” a medie e piccole deformazioni si dà quindi il seguente

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

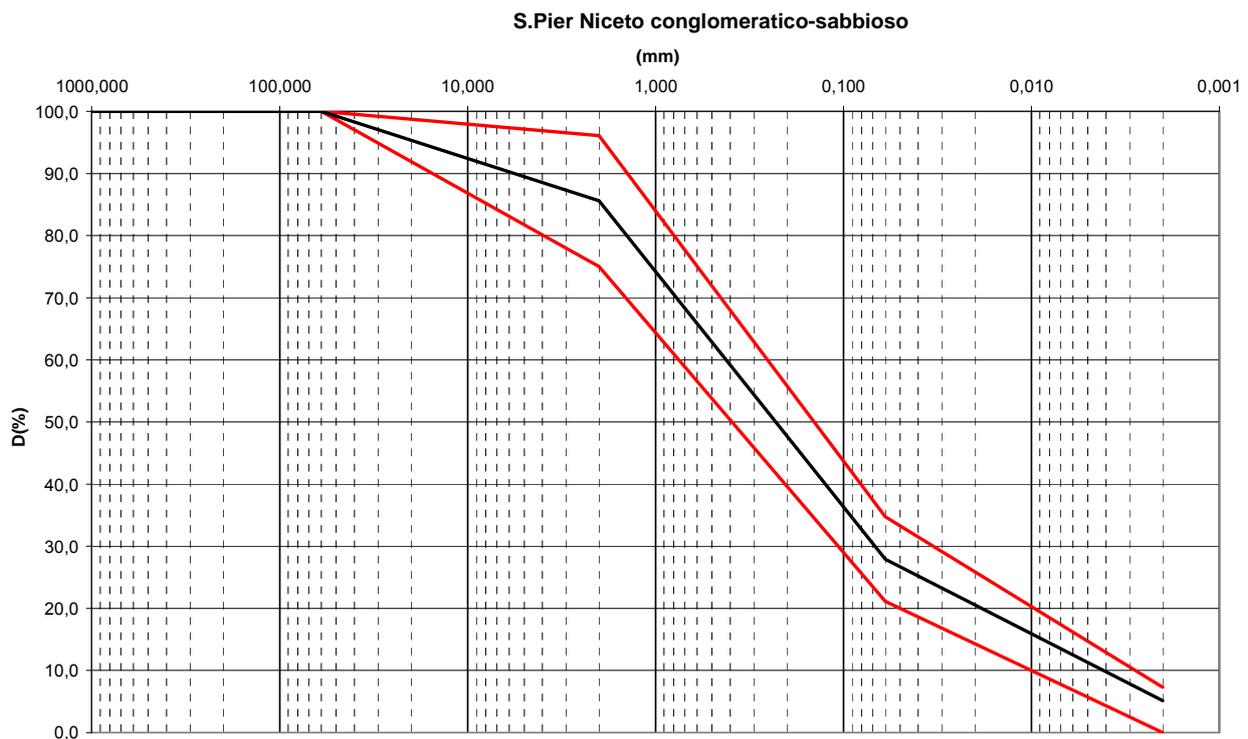
andamento cautelativo:

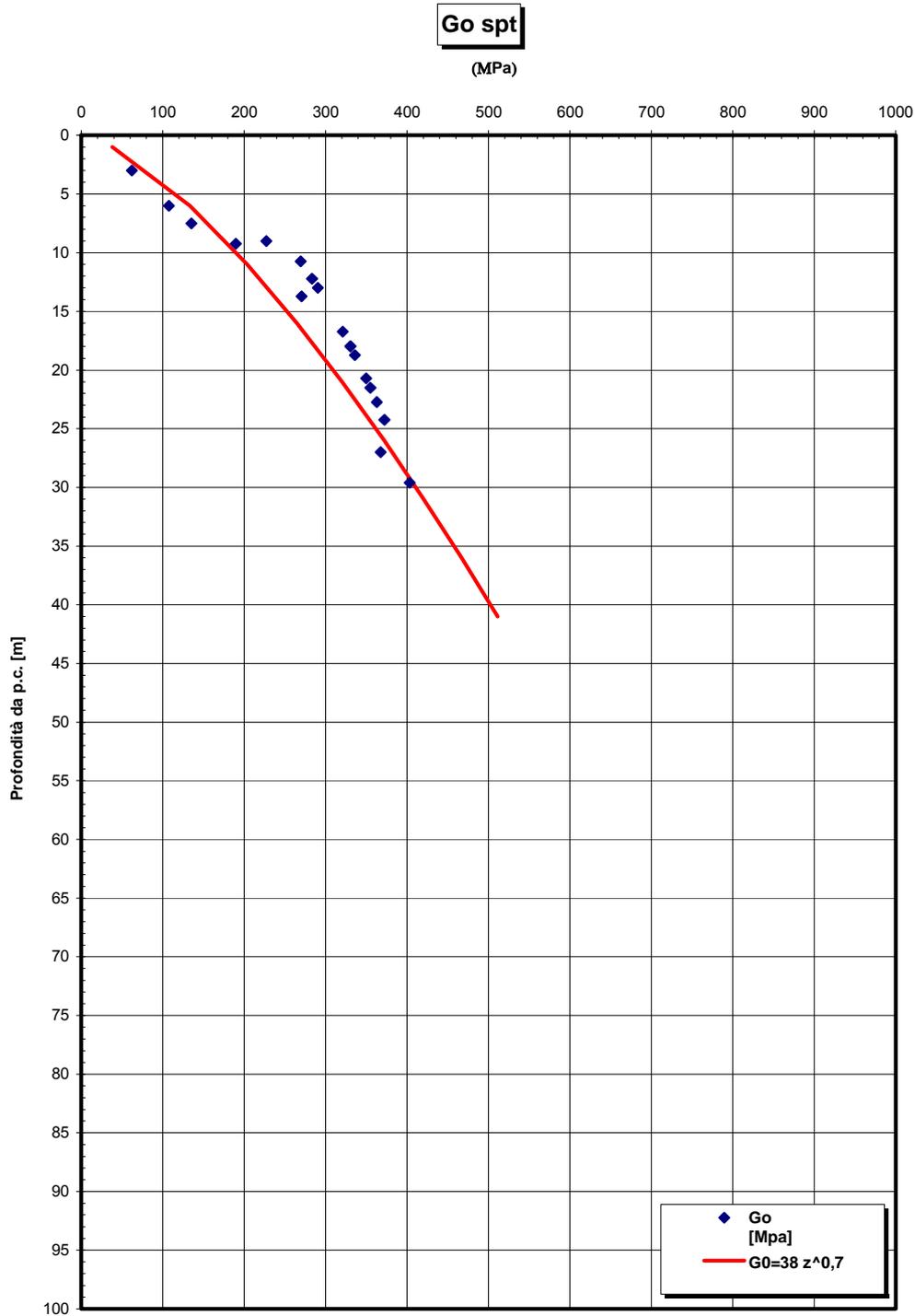
$$E_o = 90 \cdot (z)^{0.7}$$

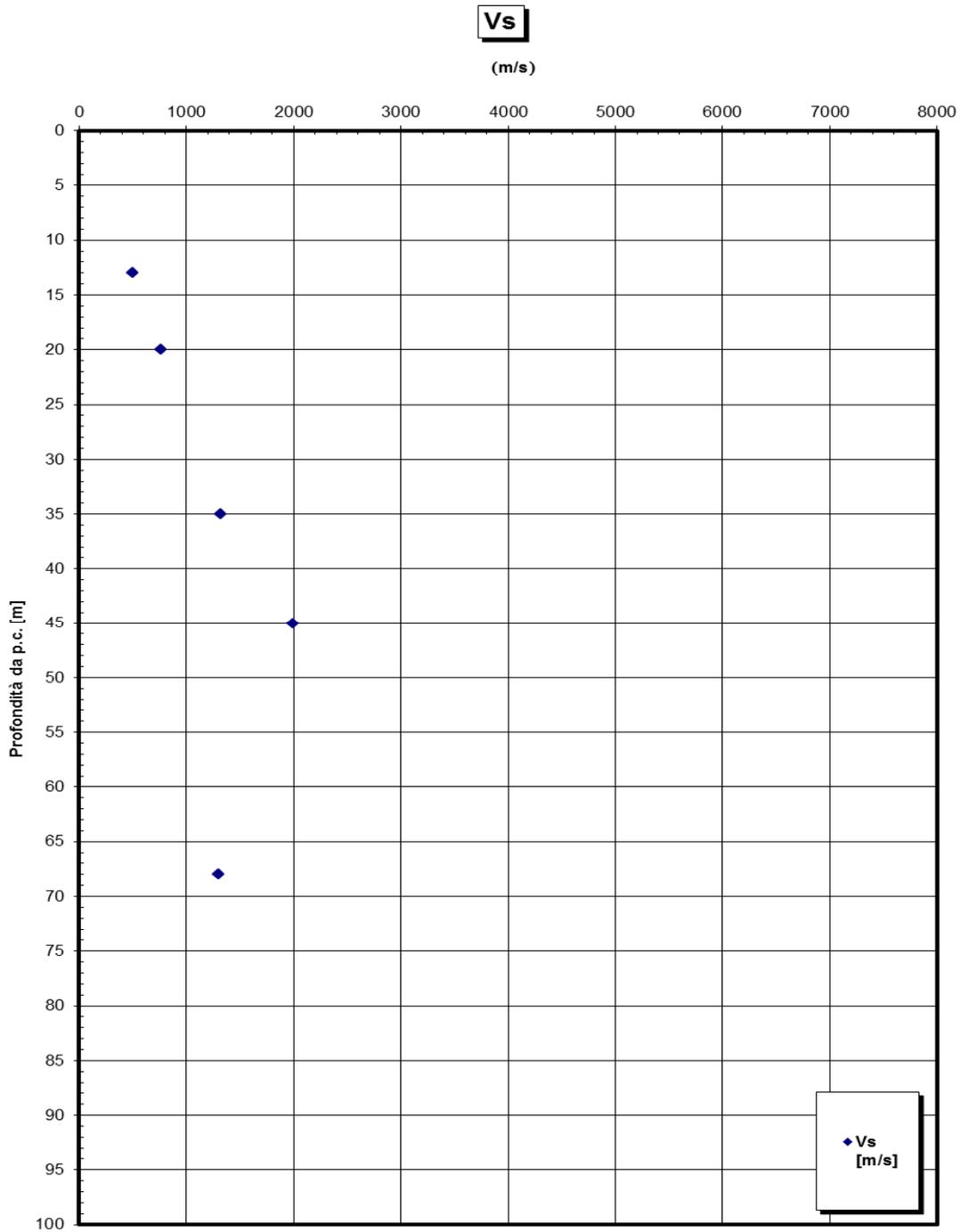
$$E = (20 \div 30) \cdot (z)^{0.7}$$

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

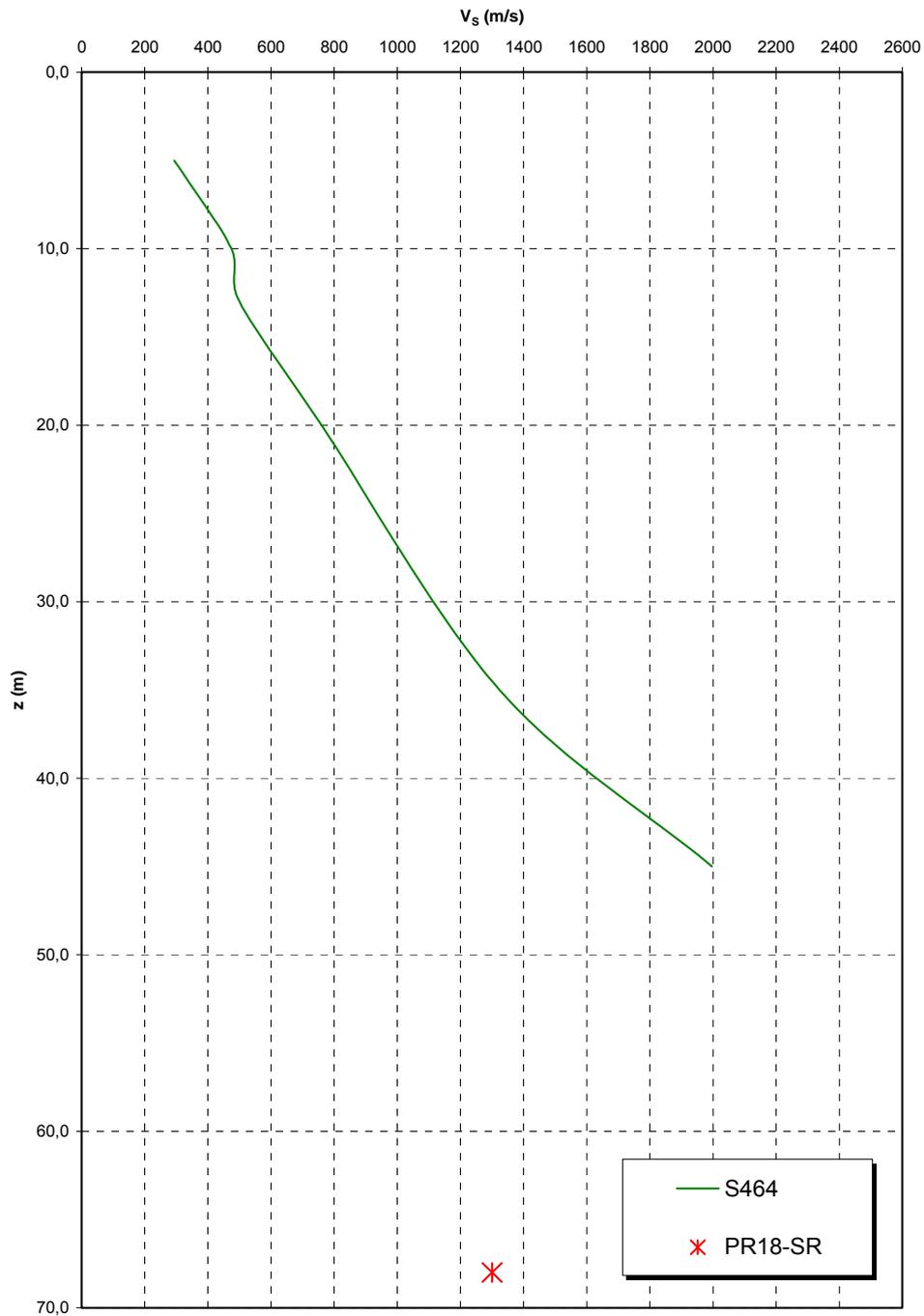
Dalle prove dilatometriche (S464bis, S443, S456) effettuate nella nuova campagna di indagine 2010 i valori di  $E'$  (ciclo scarico – ricarica) risultano pari a 200 e 745 MPa a elevate profondità (55m e 60m).

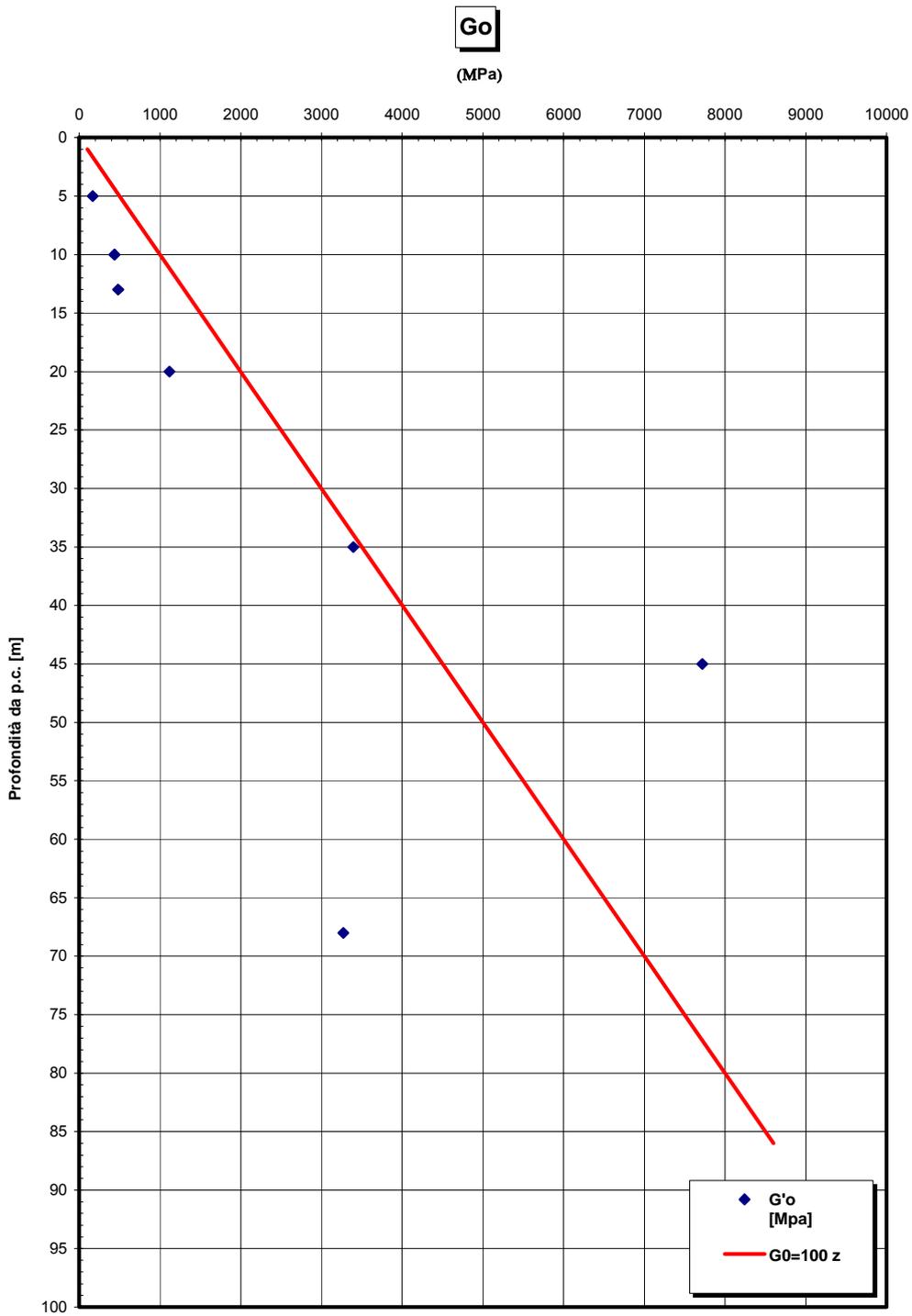




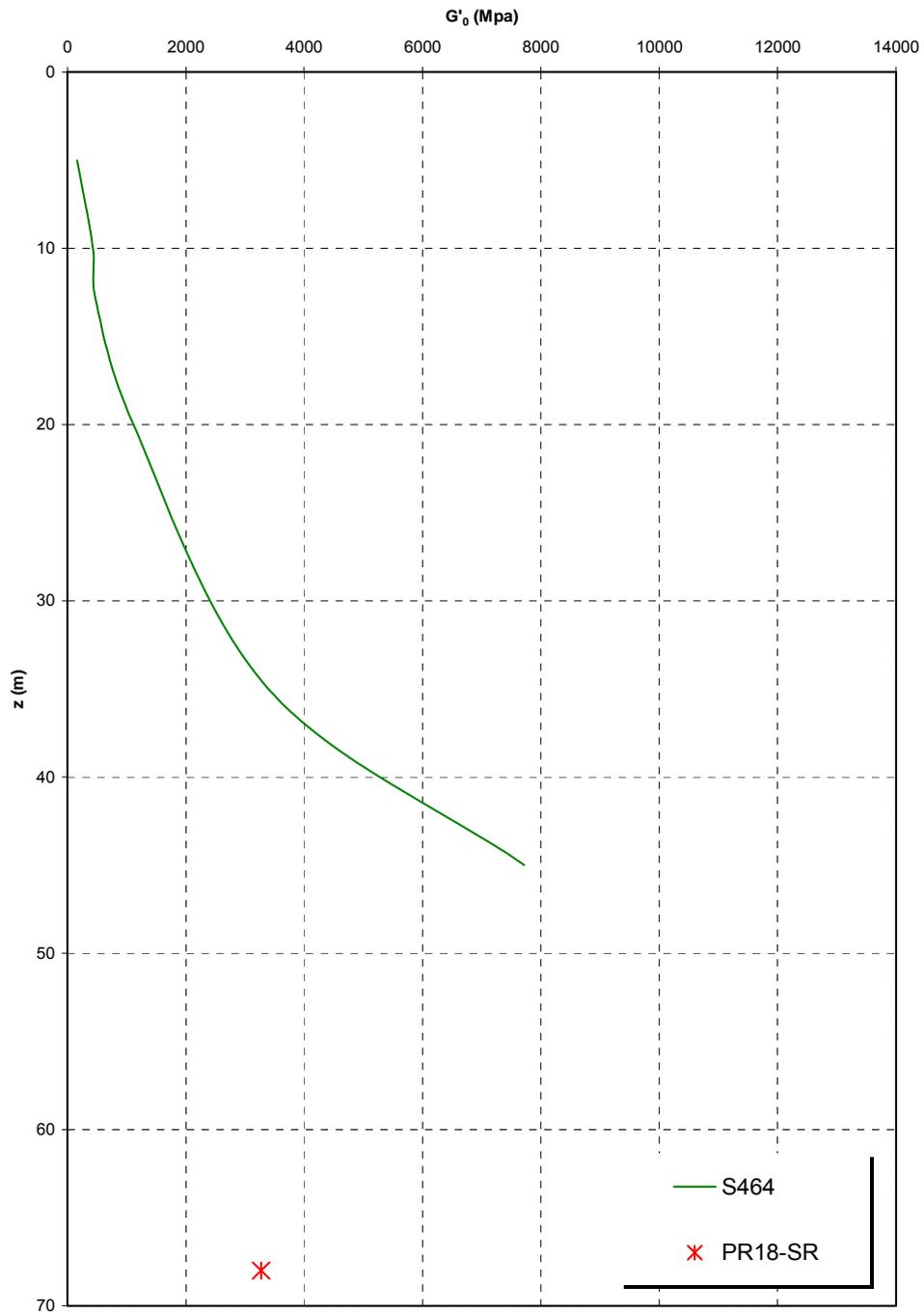


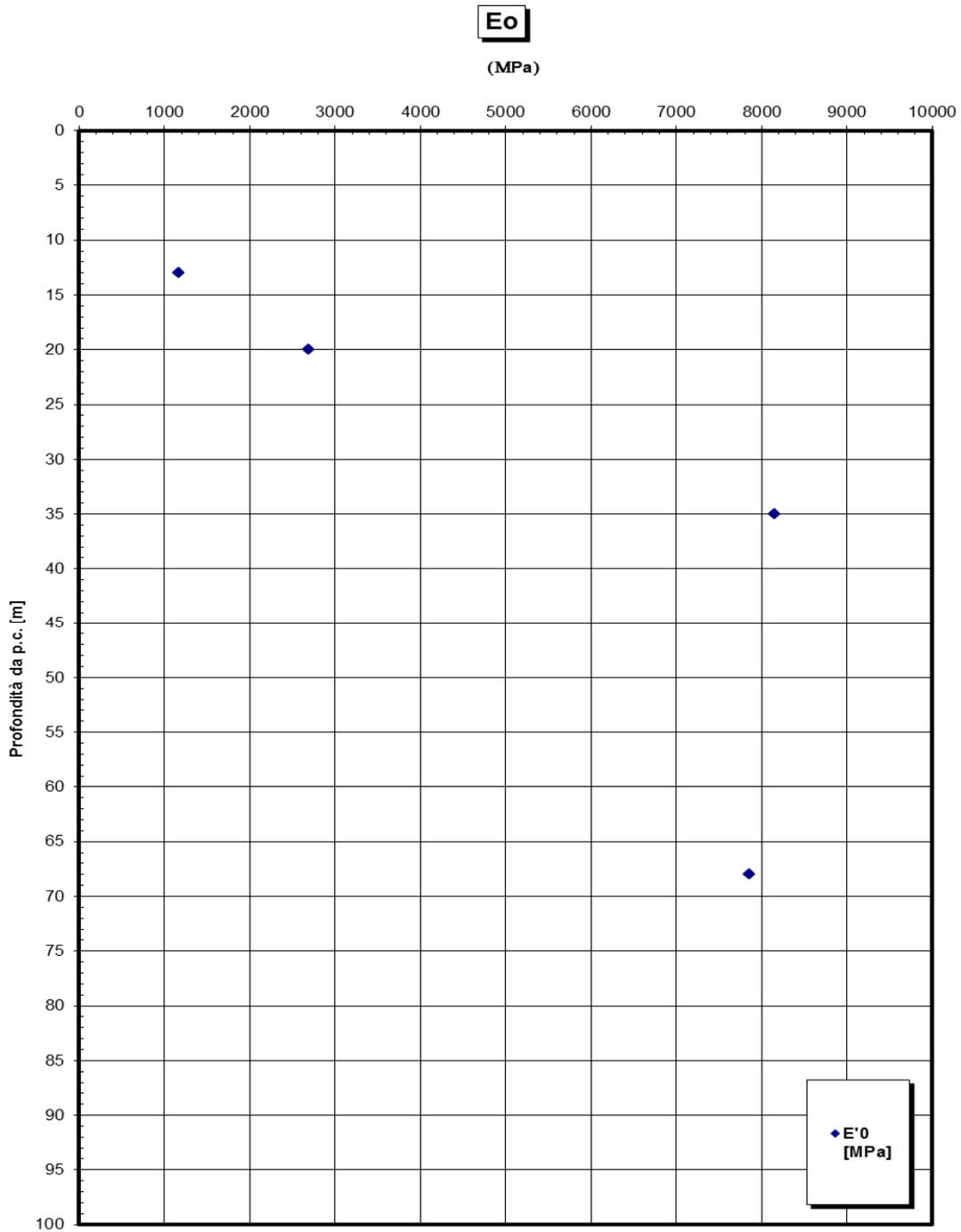
**Prove sismiche  
SAN PIER NICETO SABBIOSO CONGLOMERATICO**



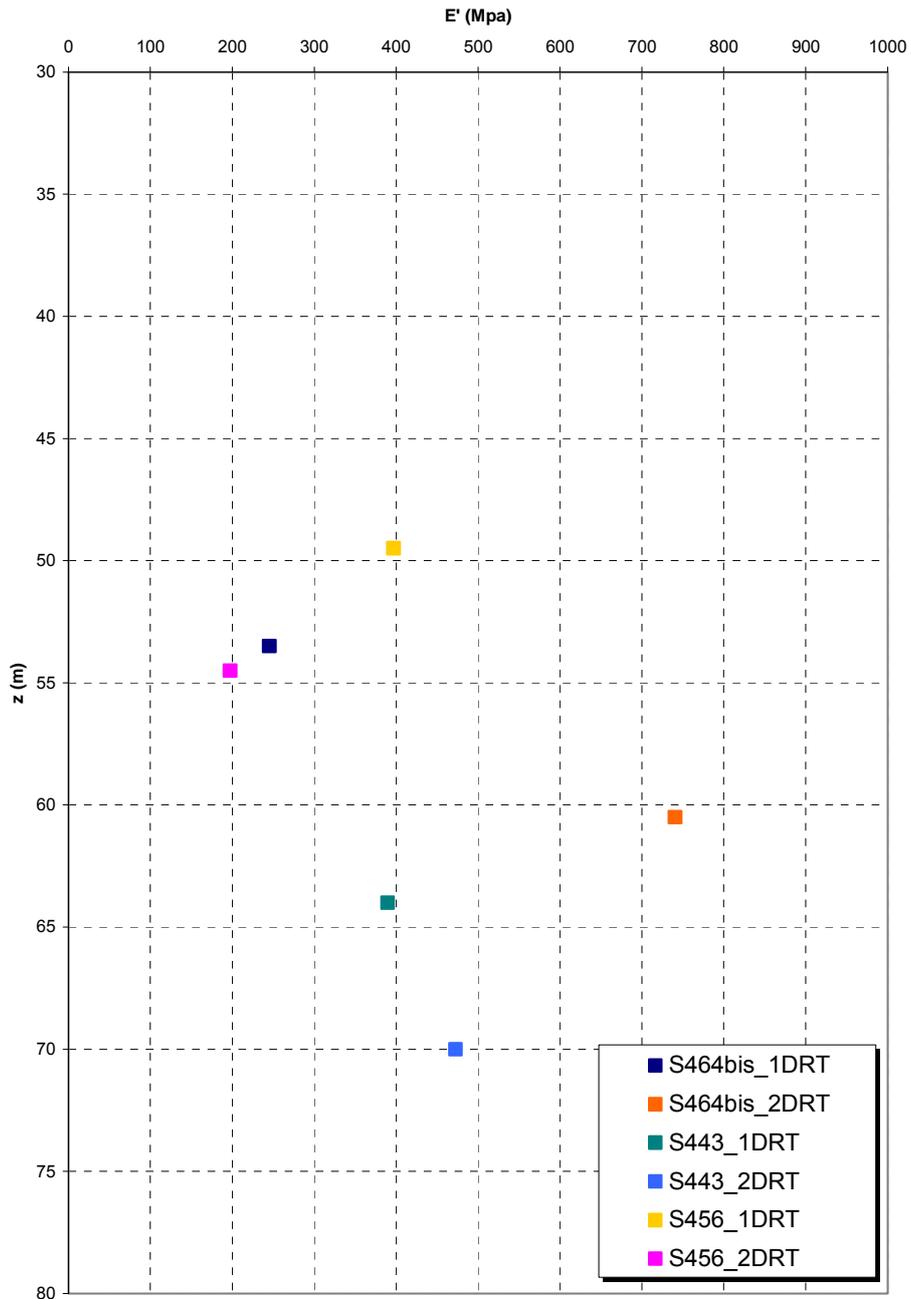


**Prove sismiche  
SAN PIER NICETO SABBIOSO CONGLOMERATICO**





**Prove dilatometriche  
SAN PIER NICETO SABBIOSO CONGLOMERATICO**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Parametri principali assunti

Dall'esame del profilo geotecnico ed in base alla stratigrafia riscontrata dal sondaggio **S441**, posto in corrispondenza delle opere da realizzarsi, le fondazioni dell'opera in esame appaiono intercettare le formazioni di seguito riportate. Si sono riportati i parametri geotecnici di maggiore interesse per i calcoli e le verifiche successivamente eseguite.

Litologia	prof. (m)	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso del secco	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso totale	$c'$ (Kpa)	$\phi'$ (°)	$E' *$ (MPa)	Cu (KPa)	$E'$ (MPa)
Riporti	0-0.5	-	-	-	-	-	-	-
Depositi alluvionali Sabbie limose	0.5-3.6	17-19	19-20	0	37	$(10 \div 25)z^{0.65}$	-	-
Depositi alluvionali Limo argilloso	3.6-7.4	-	***	***	***	-	150**	30**
Depositi alluvionali Sabbie limose	7.4-8.2	17-19	19-20	0	37	$(10 \div 25)z^{0.65}$	-	-
San Pier Niceto argilloso	8.2 -37	-	19-21	20-50	30-22	70-120	200-400	-
San Pier Niceto conglomeratico	>37	-	20-22	0-50	38-40	$(20 \div 30) z^{0.7}$	-	-

Tabella 1 – Parametri geotecnici utilizzati

\* 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.

\*\* Si è posto  $Cu=5.5 N_{spt}$  ed  $E'=200 Cu$

\*\*\* Per i parametri drenati del limo argilloso (3.6-7.4m da p.c.) rilevato in S441 in assenza di prove locali si può porre:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$\gamma=19 \text{ KN/m}^3$   
 $C'=10 \text{ KPa}$   
 $\phi'=30^\circ$

La falda risulta presente nei depositi alluvionali a quota assoluta 150 m s.l.m..

### 4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

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

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno TR 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  $P_{VR}$  associate agli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

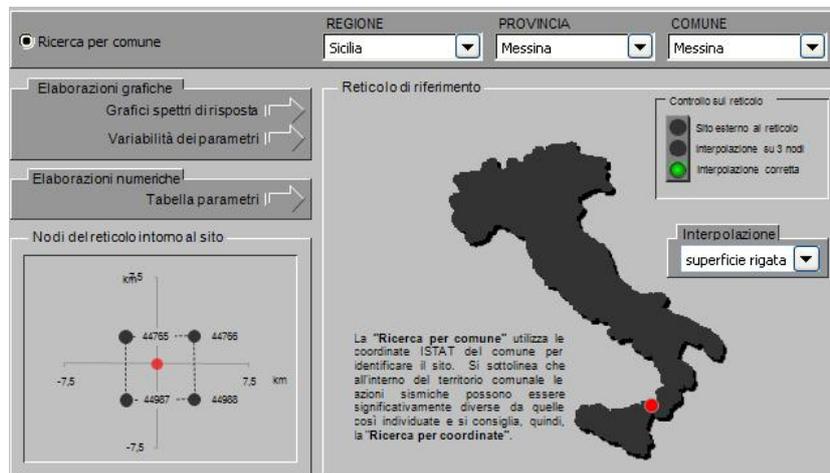
A tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$ , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento  $V_R$ , i due parametri  $T_R$  e  $P_{VR}$  sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

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

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



$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0,061	2,364	0,277
50	0,081	2,318	0,294
72	0,099	2,305	0,312
101	0,118	2,319	0,319
140	0,139	2,343	0,326
201	0,166	2,361	0,334
475	0,247	2,411	0,359
975	0,336	2,446	0,384
2475	0,482	2,491	0,432

Figura 4.5 - Parametri della sismicità del comune di Messina.

## 4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

### 4.4.1 Verifiche di resistenza

Le verifiche delle sezioni più sollecitate sono state condotte seguendo le prescrizioni del

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

D.M.14.01.08 e seguendo le indicazioni della norma UNI EN 1992-2005.

Più specificatamente la verifica di resistenza delle sezioni nei vari elementi strutturali, viene condotta tenendo conto della verifica agli stati limite ultimi, e delle verifiche nei riguardi della fessurazione e delle tensioni di esercizio.

#### 4.4.1.1 Verifiche di resistenza agli stati limite ultimi

Si è verificato che il valore di progetto degli effetti delle azioni, ovvero delle sollecitazioni flettenti  $M_d$  sia minore dei corrispondenti momenti resistenti  $M_r$  delle sezioni di progetto.

La verifica di resistenza delle sezioni nei vari elementi strutturali, viene condotta tenendo conto delle condizioni più gravose che si individuano dall'involuppo delle sollecitazioni agenti nelle diverse combinazioni di carico.

Le combinazioni e i coefficienti moltiplicativi delle singole azioni vengono definiti in base a quanto indicato nel D.M. 14 gennaio 2008.

Per quanto riguarda le verifiche a taglio ultimo, si è fatto riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3 "Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti" del D.M. 14 gennaio 2008.

#### 4.4.2 Verifiche agli stati limite di esercizio

##### 4.4.2.1 Definizione degli stati limite di fessurazione

In ordine di severità crescente si distinguono i seguenti stati limite:

a) stato limite di decompressione nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0 ;

b) stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:  $\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2}$

c) stato limite di apertura delle fessure nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione.

#### 4.4.2.2 Condizioni ambientali

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella tabella seguente:

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Nel caso in esame si considera la soletta di impalcato sottoposta a condizioni molto aggressive e le elevazioni spalle sottoposte a condizioni aggressive.

#### 4.4.2.3 Sensibilità delle armature alla corrosione

Le armature si distinguono in due gruppi:

- armature sensibili;
- armature poco sensibili.

Appartengono al primo gruppo gli acciai da precompresso. Appartengono al secondo gruppo gli acciai ordinari. Per gli acciai zincati e per quelli inossidabili si può tener conto della loro minor sensibilità alla corrosione.

#### 4.4.2.4 Scelta degli stati limite di fessurazione

Nella tabella sottostante sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle esigenze sopra riportate.

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.4.2.5 Verifiche allo stato limite di fessurazione

##### Stato limite di decompressione e di formazione delle fessure

Le tensioni sono calcolate in base alle caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione omogeneizzata non fessurata.

##### Stato limite di apertura delle fessure

Il valore caratteristico di calcolo di apertura delle fessure ( $w_d$ ) non deve superare i valori nominali  $w_1, w_2, w_3$  secondo quanto riportato nella Tabella sopra riportata. Il valore caratteristico di calcolo è dato da:  $w_d = 1,7 \cdot w_m$  dove  $w_m$  rappresenta l'ampiezza media delle fessure.

L'ampiezza media delle fessure  $w_m$  è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura  $\varepsilon_{sm}$  per la distanza media tra le fessure  $\Delta_{sm}$ :  $w_m = \varepsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm}$

Per il calcolo di  $\varepsilon_{sm}$  e  $\Delta_{sm}$  vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.  $\varepsilon_{sm}$  può essere calcolato tenendo conto dell'effetto del "tension stiffening" nel rispetto della limitazione:

$\varepsilon_{sm} \geq 0.6 \cdot \sigma_s / E_s$  con  $\sigma_s$  tensione nell'acciaio dell'armatura tesa (per sezione fessurata) nelle condizioni di carico considerate ed  $E_s$  è il modulo elastico dell'acciaio.

#### 4.4.2.6 Verifiche delle tensioni in esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

##### Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$  per la combinazione caratteristica (rara);

$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$  per la combinazione caratteristica quasi permanente.

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra scritti vanno ridotti del 20%.

##### Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

Per l'acciaio la tensione massima,  $\sigma_s$ , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:  $\sigma_s < 0.8 \cdot f_{yk}$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 5 FASI COSTRUTTIVE

Le fasi costruttive per l'esecuzione dell'opera in oggetto sono le seguenti:

- Scavo di sbancamento;
- Realizzazione opere provvisionali;
- Scavo di fondazione;
- Realizzazione pali di grande diametro;
- Costruzione delle spalle;
- Messa in opera del sistema di appoggi;
- Varo delle travi in c.a.p.;
- Getto della soletta di impalcato;
- Getto dei cordoli in c.a.;
- Realizzazione opere di finitura (pavimentazione, barriere di sicurezza, reti di protezione ecc.).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> SS0776_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 6 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Nell'eseguire le verifiche relative all'opera di cui alla presente relazione si fa riferimento ai seguenti elaborati:

CG0700	P	RG	D	S	SC	A4	VI	V3	00	00	01	C
CG0700	P	CL	D	S	SC	A4	VI	V3	00	00	01	C
CG0700	P	P7	D	S	SC	A4	VI	V3	00	00	01	C
CG0700	P	FZ	D	S	SC	A4	VI	V3	00	00	01	C
CG0700	P	P8	D	S	SC	A4	VI	V3	00	00	01	C
CG0700	P	Z9	D	S	SC	A4	VI	V3	00	00	01	C
CG0700	P	PA	D	S	SC	A4	VI	V3	00	00	01	C
CG0700	P	BA	D	S	SC	A4	VI	V3	00	00	01	C
CG0700	P	BA	D	S	SC	A4	VI	V3	00	00	02	C
CG0700	P	BZ	D	S	SC	A4	VI	V3	00	00	01	C
CG0700	P	BZ	D	S	SC	A4	VI	V3	00	00	02	C
CG0700	P	SZ	D	S	SC	A4	VI	V3	00	00	01	C
CG0700	P	CL	D	S	SC	A4	VI	V3	00	00	02	A