

# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

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

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

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

<p><i>Unità Funzionale</i></p> <p><i>Tipo di sistema</i></p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i></p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i></p> <p><i>Titolo del documento</i></p>	<p>COLLEGAMENTI CALABRIA</p> <p>INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI</p> <p>ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE</p> <p>FABBRICATI TECNOLOGICI</p> <p>CABINE- RELAZIONI DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</p>	<p>CS0727_F0</p>
---	--	------------------

CODICE	G	C	0	7	0	0	P	C	L	D	C	S	C	0	0	F	A	0	0	0	0	0	0	0	1	F	0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

PREMESSA.....		6
1 RIFERIMENTI NORMATIVI .....		7
2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....		8
3 CARATTERISTICHE MATERIALI.....		8
4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....		9
4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA.....		9
5 CARATTERIZZAZIONE DEL LUOGO .....		13
5.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO .....		13
5.2 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO.....		14
5.3 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE.....		16
5.3.1 Combinazione delle Azioni.....		16
5.3.2 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU).....		17
5.3.3 Tabella Combinazioni .....		18
6 ELABORATI DI RIFERIMENTO.....		19
7 ANALISI FONDAZIONE CABINE ELETTRICHE – CAPACITA' PORTANTE .....		20
7.1 ANALISI DEI CARICHI .....		20
7.2 MODELLO DI CALCOLO.....		21
7.2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....		21
7.2.2 Calcolo Del Carico Limite Secondo Brich-Hansen .....		21
7.2.3 Verifica scorrimento .....		22
7.3 CABINA TIPO A - CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE.....		23
7.3.1 Fondazione Interrata.....		23
7.3.2 Fondazione Superficiale .....		26
7.4 CABINA TIPO C - CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE.....		29
8 ANALISI FONDAZIONE CABINE ELETTRICHE – SEZIONE E ARMATURE – DIREZIONE LONGITUDINALE .....		32
8.1 ANALISI DEI CARICHI .....		32
8.2 MODELLO DI CALCOLO.....		33
8.2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....		33
8.2.2 Calcolo della Trave su Suolo Elastico .....		33
8.3 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....		34

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8.3.1	Fondazione L=25.00 m .....	34
8.3.2	Fondazione L=7.70 m .....	36
8.4	VERIFICA DELLE SEZIONI.....	38
<b>9</b>	<b>ANALISI FONDAZIONE CABINE ELETTRICHE – SEZIONE E ARMATURE – DIREZIONE TRASVERSALE .....</b>	<b>38</b>
9.1	ANALISI DEI CARICHI .....	38
9.2	MODELLO DI CALCOLO.....	39
9.2.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	39
9.2.2	Calcolo della Trave su Suolo Elastico (direzione trasversale) .....	39
9.3	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	40
9.4	VERIFICA DELLE SEZIONI.....	41
<b>10</b>	<b>ANALISI STRUTTURE LOCALE ANTINCENDIO .....</b>	<b>42</b>
10.1	ANALISI DEI CARICHI .....	42
10.2	MODELLO DI CALCOLO.....	43
10.2.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	43
10.3	CABINA TIPO A - CALCOLO DELLE AZIONI DEL TERRENO.....	45
10.4	VERIFICA DELLE SEZIONI.....	46
<b>11</b>	<b>ALLEGATO “A” .....</b>	<b>49</b>
11.1	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	49
11.1.1	Elenco Degli Elaborati Di Riferimento .....	49
11.1.2	Riassunto Caratteristiche.....	50
11.2	CABINA RAMPA N3 .....	51
11.2.1	Conglomerato di Pezzo.....	53
11.2.2	Depositi terrazzati marini .....	61
11.2.3	Trubi .....	72
11.3	CABINA RAMPA N1 .....	81
11.3.1	Conglomerato di Pezzo.....	84
11.4	Depositi terrazzati marini .....	92
11.5	CABINA AREA DI SOSTA E CONTROLLO ZAGARELLA .....	103
11.5.1	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO .....	103
11.5.2	CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO.....	128
11.6	CABINA PIAN DI LASTRICO LATO RC.....	128
11.6.1	Stratigrafia di progetto.....	128

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.7	Parametri di spinta.....	132
11.7.1	Coefficienti di spinta in fase statica .....	132
11.7.2	CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' .....	133
11.8	CABINA CAMPANELLA LATO RC .....	134
11.8.1	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO .....	134
11.8.2	CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO.....	149
11.9	CABINA AREA DI SOSTA E CONTROLLO SOLARO .....	149
11.9.1	Descrizione delle litologie prevalenti .....	149
11.9.2	Caratterizzazione geotecnica.....	149
11.9.3	Stratigrafia di progetto.....	154
11.9.4	CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITÀ .....	154

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## PREMESSA

La presente relazione di calcolo è relativa alla verifica delle fondazioni delle cabine elettriche MT/BT sul versante Calabria.

Le cabine sono di due differenti tipologie:

- Cabina A:
  - lunghezza fondazione:           36.40 m
  - larghezza fondazione:           7.70 m
  - spessore fondazione:           0.50 m
  - (di cui una porzione interrata delle dimensioni di 8.00 m x 6.50 m in corrispondenza del locale antincendio )
  
- Cabina C:
  - lunghezza fondazione:           14.45 m
  - larghezza fondazione:           7.20 m
  - spessore fondazione:           0.50 m

Le cabine sono situate nell'area del Comune di Villa San Giovanni (RC).

A favore di sicurezza si studiano le fondazioni in base al tipologico nella condizione più gravosa.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 1 RIFERIMENTI NORMATIVI

- Eurocodice 1 (ENV 1991) - "Basi del progetto e azioni sulle strutture".
- Legge n°64 del 2 Febbraio 1974 - "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- Legge n°219 del 14 Maggio 1981 - "Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma".
- D.M. 20 Novembre 1987 - "Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
- D.M. 14 Febbraio 1992 - "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture di cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. 9 Gennaio 1996 - "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. 16 Gennaio 1996 - "Norme Tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. 16 Gennaio 1996 - "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici del 4 Luglio 1996 - "Istruzioni per l'applicazione delle « norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi» di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996".
- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici n°252 del 15 Ottobre 1996 - "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 gennaio 1996".
- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici n°65 del 10 Aprile 1997 - "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 gennaio 1996".
- Ordinanza ministeriale 3274 del 20 Marzo 2003 - "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche - Individuazione, formazione ed aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone".
- Ordinanza ministeriale 3274 del 20 Marzo 2003 - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica: norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici."
- Ordinanza ministeriale 3316 del 2 Marzo 2003 - "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/3/2003"
- Ordinanza ministeriale 3333 del 23 Gennaio 2004 - "Disposizioni urgenti di protezione civile"
- G.U. 222 23/9/2005 - "Norme tecniche per le costruzioni"

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- D.M. 14 Gennaio 2008 - “Norme Tecniche per le costruzioni”.
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n°17 del 2 Febbraio 2009 - “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.

## 2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Joseph E. Bowles (1991) *Fondazioni, Progetto e analisi*, McGraw-Hill

## 3 CARATTERISTICHE MATERIALI

### **CALCESTRUZZO**

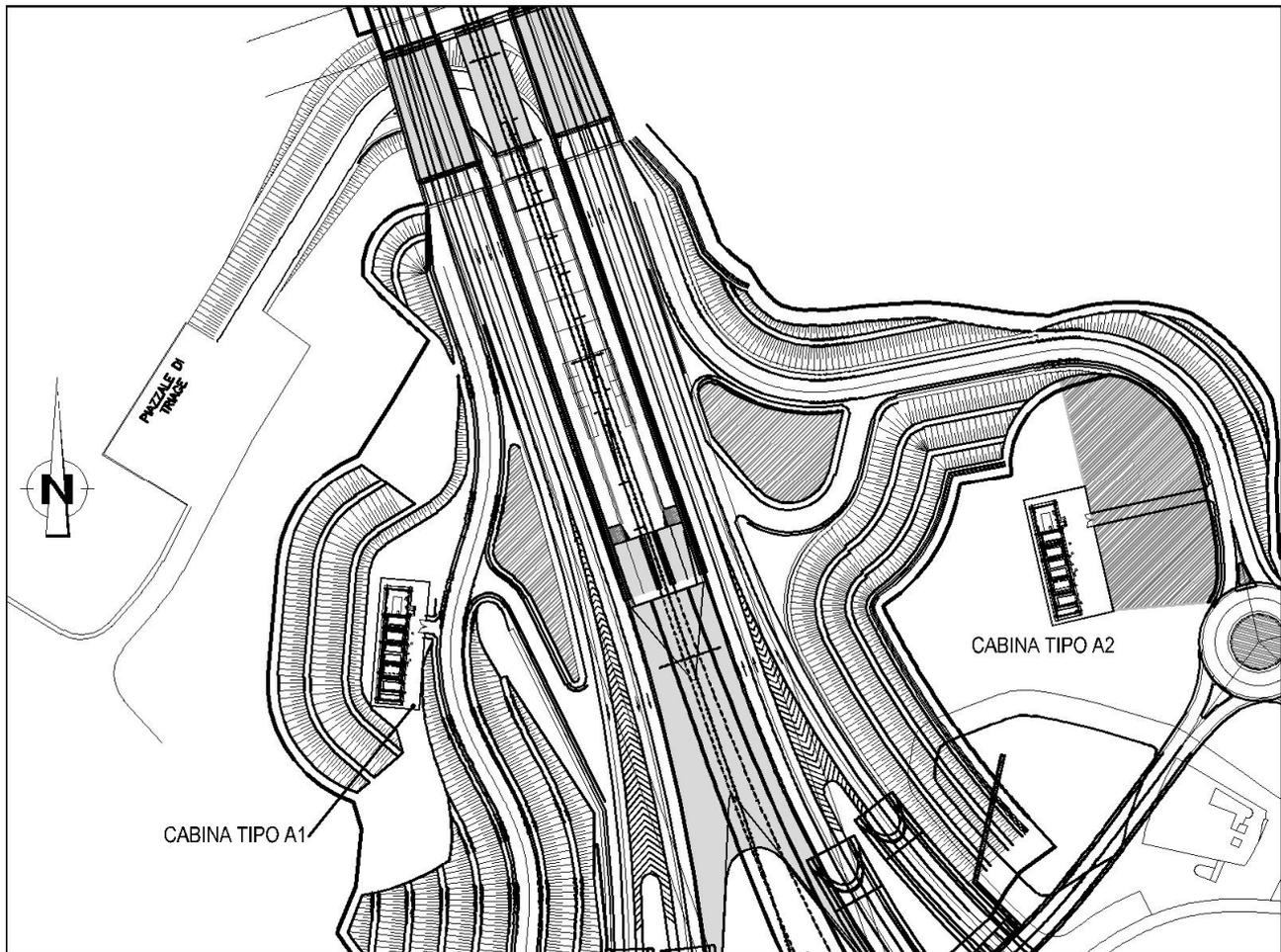
Classe di resistenza C25/30	$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione	$f_{ck} = 0.83 R_{ck} = 24.9 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo SLU	$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_C = 14.1 \text{ N/mm}^2$

### **ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO NORMALE**

Acciaio	B450C
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$

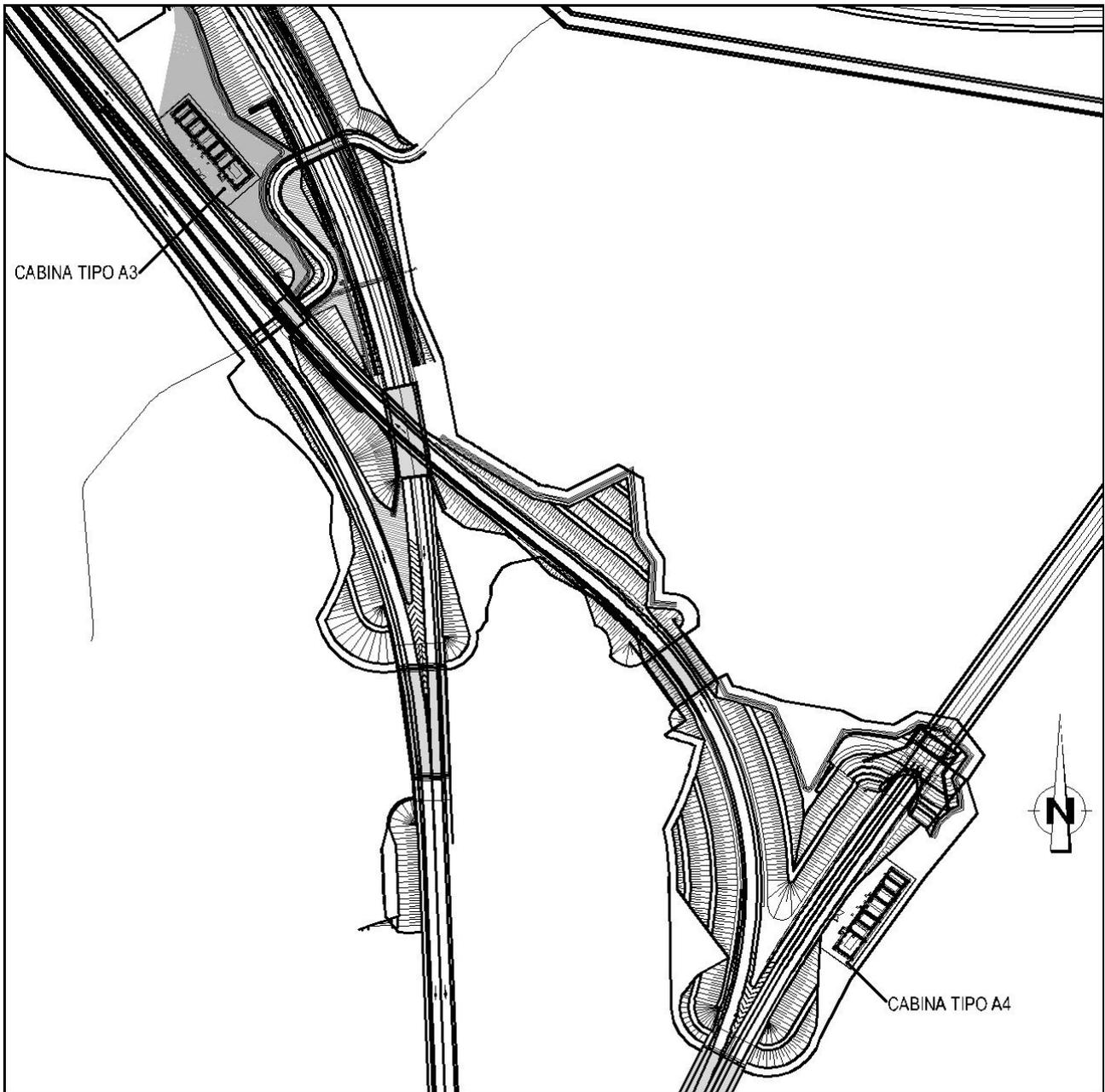
## 4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

### 4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA



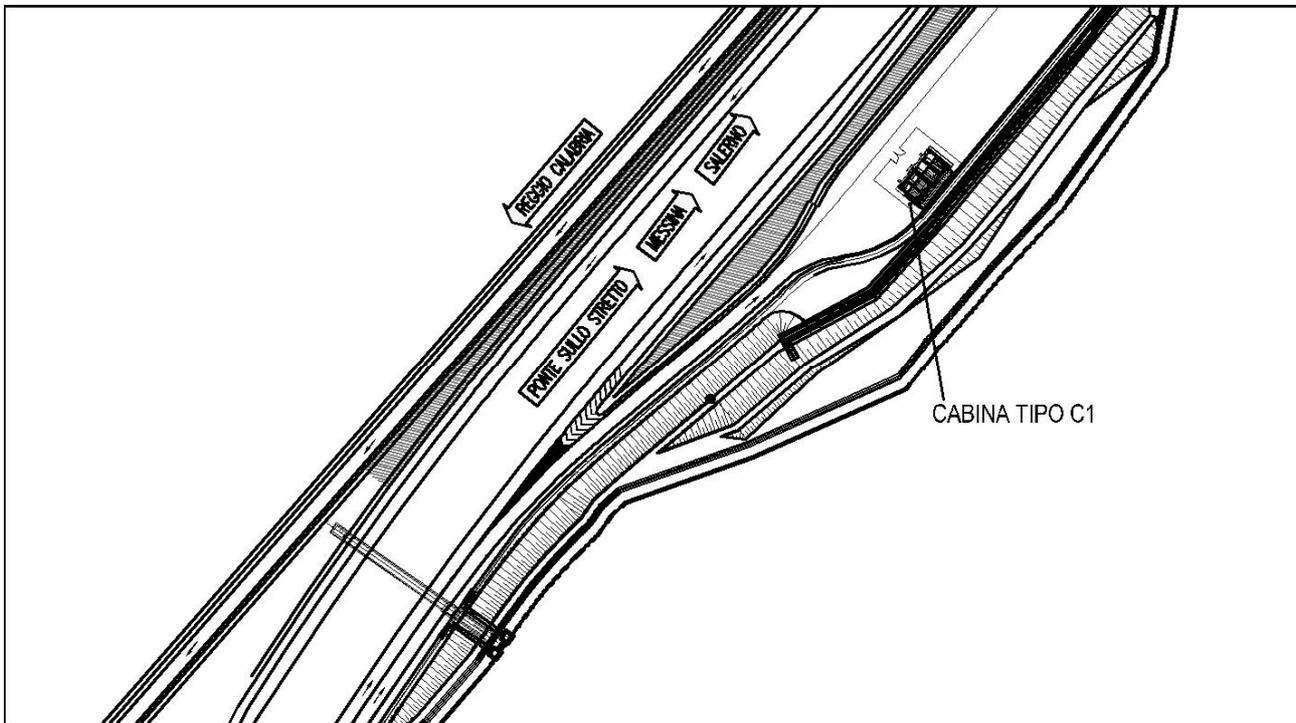
Cabina A1 - rampa B dir. RC pk. 0+200

Cabina A2 - viabilità di servizio

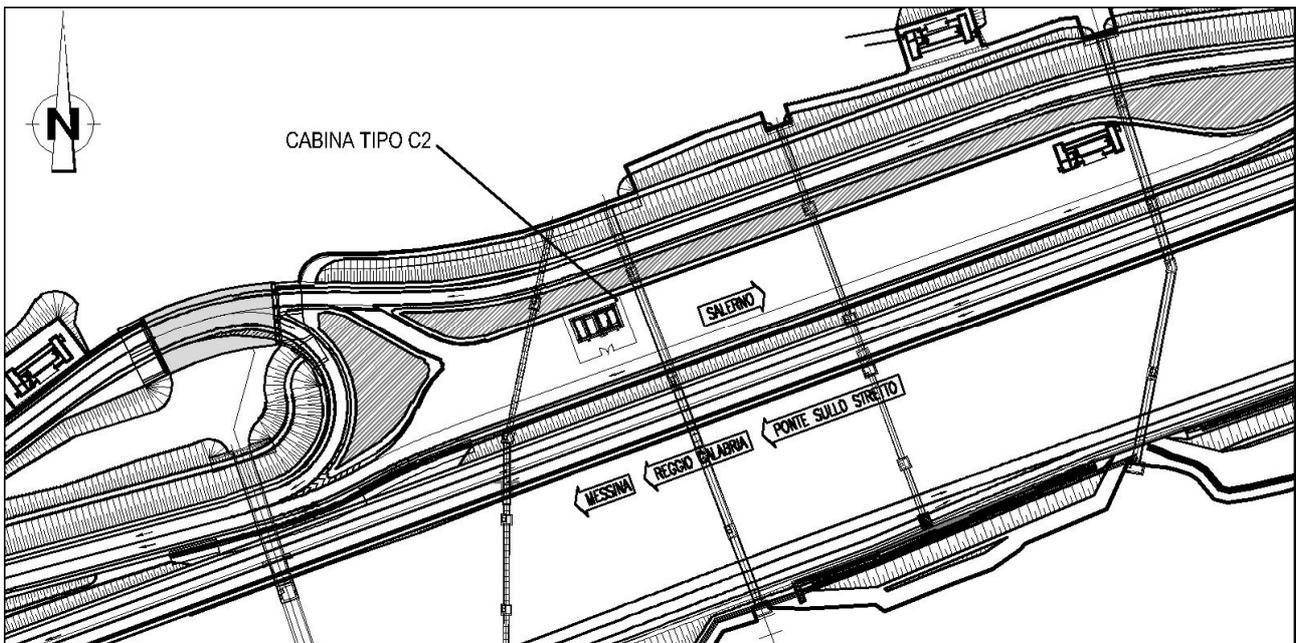


Cabina A3 - rampa B pk 0+400

Cabina A4 - rampa D dir. ME



Cabina C1 - c/o area sosta e controllo carreggiata dir. ME pk. 2+500



Cabina C2 - c/o area sosta e controllo

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le cabine sono di due differenti tipologie:

- Cabina A:
  - lunghezza fondazione: 36.40 m
  - larghezza fondazione: 7.70 m
  - spessore fondazione: 0.50 m
(di cui una porzione interrata delle dimensioni di 8.00 m x 6.50 m in corrispondenza del locale antincendio )
  
- Cabina C:
  - lunghezza fondazione: 14.45 m
  - larghezza fondazione: 7.20 m
  - spessore fondazione: 0.50 m

#### **COORDINATE TOPOGRAFICHE**

Comune Villa San Giovanni (RC)  
Longitudine: 15.6394  
Latitudine: 38.2286

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## 5 CARATTERIZZAZIONE DEL LUOGO

### 5.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

Nell'allegato A sono riportate le caratteristiche geotecniche dei vari siti oggetto dell'intervento. In sicurezza per la valutazione dell'angolo di attrito del terreno, la dove si è riscontrata discordanza tra i valori indicati nei documenti della caratterizzazione geologica del tracciato stradale e i sondaggi di riferimento per le cabine, si è provveduto a calcolare tale parametro con il metodo di correlazione diretta RBS (Road Bridge Specification) adottando il valore più basso tra i due.

Il metodo RBS si basa sulla seguente relazione:

$$\phi' = \sqrt{(15 \cdot N_{NORM})} + 15$$

dove  $N_{NORM}$  è il numero di colpi normalizzato.

I valori di  $N_{SPT}$  sono normalizzati per tener conto dell'influenza della pressione del terreno sovrastante, riferendoli ad un valore unitario della tensione verticale efficace, mediante l'espressione:

$$N_{NORM} = C_N \cdot N_{SPT}$$

dove:

- $N_{SPT}$  è il numero dei colpi misurato con la prova standard;
- $N_{NORM}$  è il valore di N riferito a  $\sigma'v = 100 \text{ kPa}$ ;
- $C_N$  è un coefficiente di correzione dipendente dal valore della tensione verticale efficace  $\sigma'v_0$  (Liao e Whitman, 1986):

$$C_N = (Pa / \sigma'v_0)^{0.5}$$

con  $Pa = 100 \text{ kPa}$

#### **CABINA TIPO A**

Tipo di terreno:	conglomerato di pezzo
Categoria	C
peso specifico $\gamma$	18.0 kN/mc
angolo d'attrito $\phi$	22° da calcolo RBS-su dati sondaggio C403bis
falda	assente

#### **CABINA TIPO C**

Tipo di terreno:	depositi terrazzati marini
------------------	----------------------------

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Categoria C

Per le cabine tipo C, vista la loro localizzazione su rilevato stradale si sono adottati i seguenti parametri:

peso specifico  $\gamma = 19.0 \text{ kN/mc}$

angolo d'attrito  $\phi = 30^\circ$

falda assente

## 5.2 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO

### CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO

A favore di sicurezza si sono considerati i parametri che massimizzano l'azione sismica legata alle caratteristiche del terreno.

Categoria di sottosuolo: C

Amplificazione topografica: T1

#### 5.2.1.1 Caratteristiche della Struttura

Opere interferenti, opere connesse agli impianti, opere di sostegno:

Tipo 2 tipo di costruzione

$V_N > 50$  anni vita nominale § 2.4.1 NTC 2008

(Come da NTC 2008 §2.4.1: opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale)

Classe III classe d'uso

(Come da NTC 2008 §2.4.2: costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.)

$C_U = 1.50$  coefficiente d'uso § 2.4.2 NTC 2008

$V_R = 75$  anni periodo di riferimento § 2.4.3 NTC 2008

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E  VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 5.2.1.2 Parametri relativi allo Spettro Sismico (Stato Limite Ultimo: SLV)

$a_g = 0.297 \text{ g}$	accelerazione di riferimento
$F_0 = 2.437$	fattore di accelerazione orizzontale massima su suolo
$T^*_c = 0.377 \text{ s}$	periodo caratteristico dello spettro
$S = 1.265$	coefficiente correttivo stratigrafico e topografico
$k_h = 0.376$	coefficiente sismico orizzontale
$k_v = 0.188$	coefficiente sismico verticale

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 5.3 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

### 5.3.1 Combinazione delle Azioni

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

SLU:	$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2}$
SLE Rara:	$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2}$
SLE Frequente:	$G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2}$
SLE Quasi Permanente:	$G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2}$
Sismica:	$E + G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2}$

Valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qi}$ :

Carichi	$\psi_{0i}$	$\gamma_f$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.10	1.30	1.00
Permanenti non strutturali	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
Variabili	favorevoli	$\gamma_{Qj}$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30

Valori dei coefficienti di combinazione  $\psi_{0ij}$ ,  $\psi_{1ij}$  e  $\psi_{2ij}$ :

Categoria	$\psi_{0i}$	$\psi_{1i}$	$\psi_{2i}$
Cat. A/B	0.70	0.50	0.30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnica del terreno:

Parametro	$\gamma_M$	M1	M2
$\phi$	$\gamma_\phi$	1.00	1.25
$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 5.3.3 Tabella Combinazioni

Le condizioni di carico elementari (CCE) considerate nel calcolo della struttura sono le seguenti:

1. peso proprio delle strutture
2. carichi permanenti non strutturali
3. carichi variabili
4. spinta del terreno
5. sisma direzione x
6. sisma direzione y

Sono state definite le combinazioni delle condizioni di carico elementari riportate nelle tabelle seguenti.

#### FONDAZIONI SUPERFICIALI

TABELLA 5-1 – COEFFICIENTI PARZIALI

CCE		1	2	3	4	5	6
		P.P.	Perm.	Var.	Terr	Sisma X	Sisma Y
F 01	SLU	1.30	1.50	1.50	---	0.00	0.00
F 02	SLU	1.00	1.00	1.00	---	1.00	0.30
F 03	SLU	1.00	1.00	1.00	---	0.30	1.00

Le combinazioni di carico per la verifica della resistenza della sezione in c.a. saranno meglio specificate nei capitoli 8 e 9, in cui è esplicitato il posizionamento dei carichi variabili e permanenti per massimizzare le azioni.

#### MURI CONTROTERRA

TABELLA 5-2 – COEFFICIENTI PARZIALI

CCE		1	2	3	4	5
		P.P.	Perm.	Var.	Terr	Sisma
M 01	SLU	1.00	0.00	1.50	1.30	0.00
M 02	SLU	1.30	1.50	1.50	1.30	0.00
M 03	Sisma	1.00	0.00	0.30	1.00	1.00

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CCE		1	2	3	4	5
		P.P.	Perm.	Var.	Terr	Sisma
M 04	Sisma	1.00	1.00	0.30	1.00	1.00
M 05	Rara	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00
M 06	Rara	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
M 07	Freq.	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00
M 08	Freq.	1.00	1.00	0.50	1.00	0.00
M 09	Q.P.	1.00	0.00	0.30	1.00	0.00
M 10	Q.P.	1.00	1.00	0.30	1.00	0.00

Le combinazioni di carico per la verifica della resistenza della sezione in c.a. saranno meglio specificate nei capitoli 10, in cui è esplicitato il posizionamento dei carichi variabili e la spinta del terreno nelle varie condizioni (spinta attiva e a riposo) per massimizzare le azioni.

N.B.: la spinta del terreno è sempre a sfavore di sicurezza (coeff. 1.30)

Il peso proprio e i permanenti sono alternativamente a sfavore di sicurezza e a favore di sicurezza, per massimizzare nel primo caso l'azione flettente, nel secondo caso l'azione assiale.

I carichi variabili sono sempre a sfavore di sicurezza, poiché si ipotizza la presenza di un carico sul terreno adiacente al muro che massimizza la spinta sulle pareti.

## 6 ELABORATI DI RIFERIMENTO

- Cabina tipo A1 - piante prospetti sezioni e particolari costruttivi CG0700PSZDCSC00FA00000001
- Cabina tipo A2 - piante prospetti sezioni e particolari costruttivi CG0700PSZDCSC00FA00000002
- Cabina tipo A3 - piante prospetti sezioni e particolari costruttivi CG0700PSZDCSC00FA00000003
- Cabina tipo A4 - piante prospetti sezioni e particolari costruttivi CG0700PSZDCSC00FA00000004
- Cabina tipo C1 - piante prospetti sezioni e particolari costruttivi CG0700PSZDCSC00FA00000005
- Cabina tipo C2 - piante prospetti sezioni e particolari costruttivi CG0700PSZDCSC00FA00000006

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 7 ANALISI FONDAZIONE CABINE ELETTRICHE – CAPACITA' PORTANTE

### 7.1 ANALISI DEI CARICHI

Si riporta di seguito l'analisi dei carichi (oltre ai pesi propri) derivante dalla localizzazione e dalla geometria della struttura secondo la normativa vigente.

#### **CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI**

Si considera un carico uniformemente distribuito su tutta la fondazione comprendente il peso dei macchinari e il peso delle finiture

$$p = 10.00 \text{ kN/mq}$$

#### **CARICHI VARIABILI**

Si considera un carico uniformemente distribuito su tutta la fondazione.

Il carico si considera equivalente Cat. A o B1 (§ 3.1.4 NTC 2008) ipotizzando comunque che l'accesso sia consentito solo al personale addetto alla manutenzione.

$$q = 2.00 \text{ kN/mq}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 7.2 MODELLO DI CALCOLO

### 7.2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

#### 7.2.2 Calcolo Del Carico Limite Secondo Brich-Hansen

Il calcolo viene effettuato con la formula trinomia alla quale si aggiungono i coefficiente correttivi per tenere conto di:

forma della fondazione;

carichi inclinati;

carichi eccentrici.

Inoltre la formulazione è diversa a seconda che ci si trovi in condizioni drenate o meno; per cui la relazione completa è:

$$\text{condizioni non drenate} \rightarrow q_{lim} = (2 + \pi)c_u s_c i_c + q$$

$$\text{condizioni drenate} \rightarrow q_{lim} = c' N_c s_c i_c d_c g_c b_c + q' N_q s_q i_q d_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma d_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Dove:

Coefficienti di carico limite

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 (45 + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \phi$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \tan \phi$$

Coefficienti correttivi per la forma della fondazione ed eccentricità del carico

$$e_B = M_B / Q_v \quad \text{eccentricità in direzione parallela a B}$$

$$e_L = M_L / Q_v \quad \text{eccentricità in direzione parallela a L}$$

$$B' = B - 2 \cdot e_B \quad \text{dimensioni della fondazione ridotta}$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L \quad \text{dimensioni della fondazione ridotta}$$

$$A_f = B' \cdot L' \quad \text{area efficace della fondazione}$$

$$s_q = 1 + B' / L' \cdot \sin \phi$$

$$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$$

$$s_\gamma = 1 - 0.3 \cdot B' / L'$$

Coefficienti correttivi per la presenza di carichi inclinati

$$i_q = (1 - 0.7 \cdot Q_H / (Q_v + A_f \cdot c / \tan \phi))^3$$

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$i_{\gamma} = (1 - Q_H / (Q_V + A_f \cdot c / \tan \phi))^3$$

Coefficienti correttivi per la profondità del piano di posa della fondazione

$$\text{se } B > D \quad k = D/B$$

$$\text{se } B < D \quad k = \arctan D/B$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot k$$

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot k$$

$$d_{\gamma} = 1$$

Coefficienti correttivi per l'inclinazione del terreno ai lati della fondazione

$$g_q = 1 - \tan^5 \omega$$

$$g_c = 1 - \omega/147$$

$$g_{\gamma} = 1 - \tan^5 \omega$$

Coefficienti correttivi per l'inclinazione del piano di posa

$$b_q = e^{-2 \cdot \varepsilon \cdot \tan \phi}$$

$$b_c = 1 - \varepsilon/147$$

$$b_{\gamma} = e^{-2.7 \cdot \varepsilon \cdot \tan \phi}$$

Valore di calcolo del peso dell'unità di volume del terreno per falda sotto al piano di posa:

$$\gamma_{med}^* = (\gamma \cdot z + \gamma' \cdot (B - z)) / B \quad \text{con valore massimo } \gamma$$

### 7.2.3 Verifica scorrimento

La forza massima di attrito viene calcolata nel modo seguente:

$$F_{\phi} = N \tan \phi$$

In sicurezza si trascura il contributo della spinta passiva del terreno laterale.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 7.3 CABINA TIPO A - CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE

La fondazione è costituita su due livelli.

Si verificano separatamente la fondazione interrata e quella superficiale.

#### 7.3.1 Fondazione Interrata

##### GEOMETRIA

Si verifica una piastra di fondazione avente le seguenti caratteristiche:

$B_y =$	7.70 m	larghezza della fondazione
$L_x =$	8.00 m	lunghezza della fondazione
$h_z =$	0.50 m	spessore della fondazione
$D =$	4.20 m	profondità del piano di posa della fondazione
$z =$	----- m	distanza tra quota falda e quota intradosso fondazione
$\varepsilon =$	0.00 °	angolo di inclinazione del piano di posa della fondazione
$\omega =$	0.00 °	angolo di inclinazione del terreno a lato della fondazione
Drenate		condizioni terreno

##### DATI DEL TERRENO

$\gamma_1 =$	18.00 kN/mc	peso del terreno sopra al piano di posa della fondazione
$\gamma_{2 \text{ sat}} =$	18.00 kN/mc	peso del terreno sotto al piano di posa della fondazione
$\gamma_2' =$	8.00 kN/mc	peso del terreno sotto al piano di posa della fondazione
$\gamma_{\text{med}}^* =$	18.00 kN/mc	valore di calcolo per falda sotto al piano di posa
$c =$	0.00 kN/mq	coesione del terreno sotto al piano di posa della fondazione
$\phi =$	22.00 °	angolo di attrito interno del terreno

Si trascura a favore di sicurezza il contributo della coesione.

**TABELLA 7-1 COMBINAZIONI DI CARICO**

Comb.	Tipo	N [kN]	$H_x$ [kN]	$H_y$ [kN]	$M_x$ [kNm]	$M_y$ [kNm]
F 01	Slu	5497.80	0.00	0.00	0.00	0.00
F 02	Sisma	3763.76	1415.17	424.55	0.00	0.00
F 03	Sisma	3763.76	424.55	1415.17	0.00	0.00

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- N componente verticale del carico agente sulla fondazione  
H componente orizzontale del carico agente sulla fondazione  
 $M_x$  momento agente sulla fondazione in direzione parallela a B  
 $M_y$  momento agente sulla fondazione in direzione parallela a L

**TABELLA 7-2 PRESSIONE DI CONTATTO NEI PUNTI SIGNIFICATIVI**

Comb.	Tipo	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$	$\sigma_4$	$q_{media}$
		[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]
F 01	Slu A1	89.3	89.3	89.3	89.3	89.25
F 02	Sisma	61.1	61.1	61.1	61.1	61.1
F 03	Sisma	61.1	61.1	61.1	61.1	61.1

(i punti significativi corrispondono ai quattro vertici della fondazione, in questo caso non sono presenti differenze di pressione, poiché sono stati trascurati gli effetti flessionali)

**TABELLA 7-3 CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI**

Comb.	Tipo	$e_B$	$B'$	$e_L$	$L'$	$A'$	$q'$
		[m]	[m]	[m]	[m]	[mq]	[kN/mq]
F 01	Slu A1	0.00	7.70	0.00	8.00	61.60	89.3
F 02	Sisma	0.00	7.70	0.00	8.00	61.60	61.1
F 03	Sisma	0.00	7.70	0.00	8.00	61.60	61.1

**TABELLA 7-4 COEFFICIENTI DI CARICO LIMITE**

Comb.	Tipo	$N_q$	$N_c$	$N_\gamma$
F 01	Slu A1	7.821	16.883	7.128
F 02	Sisma	7.821	16.883	7.128
F 03	Sisma	7.821	16.883	7.128

**TABELLA 7-5 COEFFICIENTI CORRETTIVI PER LA FORMA DELLA FONDAZIONE ED ECCENTRICITA' DEL CARICO**

Comb.	Tipo	$S_q$	$S_c$	$S_\gamma$
F 01	Slu A1	1.361	1.413	0.711
F 02	Sisma	1.361	1.413	0.711
F 03	Sisma	1.361	1.413	0.711

**TABELLA 7-6 COEFFICIENTI CORRETTIVI PER LA PRESENZA DI CARICHI INCLINATI**

Comb.	Tipo	$i_q$	$i_c$	$i_\gamma$	$i_q$	$i_c$	$i_\gamma$
		$b_y$	$b_y$	$b_y$	$b_x$	$b_x$	$b_x$
F 01	Slu A1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
F 02	Sisma	0.624	0.569	0.624	0.781	0.749	0.698

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

F 03	Sisma	0.887	0.871	0.887	0.400	0.312	0.243
------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

**TABELLA 7-7 COEFFICIENTI CORRETTIVI PER LA PROFONDITA' DEL PIANO DI POSA DELLA FONDAZIONE**

Comb.	Tipo	$d_q$	$d_c$	$d_\gamma$
F 01	Slu A1	1.172	1.218	1.000
F 02	Sisma	1.172	1.218	1.000
F 03	Sisma	1.172	1.218	1.000

**TABELLA 7-8 CALCOLO DEL CARICO LIMITE CONDIZIONE DRENATA**

Comb.	Tipo	$q_q$	$q_c$	$q_\gamma$	$q_{lim}$	$q'$	FS	
F 01	Slu A1	0.0	943.1	351.3	1294.5	89.25	14.50	> 2.3
F 02	Sisma	0.0	459.8	153.1	612.9	61.10	10.03	> 1.0
F 03	Sisma	0.0	334.7	75.7	410.4	61.10	6.72	> 1.0

**TABELLA 7-9 VERIFICA A SCORRIMENTO**

Comb.	Tipo	N [kN]	$tg\phi$	$F\phi$	$H_{max}$	FS	
F 01	Slu A1	5497.80	0.404	2221.26	0.00	-----	> 1.10
F 02	Sisma	3763.76	0.404	1520.66	1477.48	1.03	> 1.00
F 03	Sisma	3763.76	0.404	1520.66	1477.48	1.03	> 1.00

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 7.3.2 Fondazione Superficiale

#### GEOMETRIA

Si verifica una piastra di fondazione avente le seguenti caratteristiche:

$B_y =$	7.70 m	lato minore della fondazione
$L_x =$	27.80 m	lato maggiore della fondazione
$h_z =$	0.50 m	spessore della fondazione
$D =$	4.20 m	profondità del piano di posa della fondazione
$z =$	----- m	distanza tra quota falda e quota intradosso fondazione
$e =$	0.00 °	angolo di inclinazione del piano di posa della fondazione
$w =$	0.00 °	angolo di inclinazione del terreno a lato della fondazione
Drenate		condizioni terreno

#### DATI DEL TERRENO

$\gamma_1 =$	18.00 kN/mc	peso del terreno sopra al piano di posa della fondazione
$\gamma_{2 \text{ sat}} =$	18.00 kN/mc	peso del terreno sotto al piano di posa della fondazione
$\gamma_2' =$	8.00 kN/mc	peso del terreno sotto al piano di posa della fondazione
$\gamma_{\text{med}}^* =$	18.00 kN/mc	valore di calcolo per falda sotto al piano di posa
$c =$	0.00 kN/mq	coesione del terreno sotto al piano di posa della fondazione
$\phi =$	22.00 °	angolo di attrito interno del terreno

Si trascura a favore di sicurezza il contributo della coesione.

**TABELLA 7-10 COMBINAZIONI DI CARICO**

Comb.	Tipo	N [kN]	$H_x$ [kN]	$H_y$ [kN]	$M_x$ [kNm]	$M_y$ [kNm]
F 01	Slu A1	7331.56	0.00	0.00	0.00	0.00
F 02	Sisma	4944.79	1859.24	557.77	0.00	0.00
F 03	Sisma	4944.79	557.77	1859.24	0.00	0.00

**TABELLA 7-11 PRESSIONE DI CONTATTO NEI PUNTI SIGNIFICATIVI**

Comb.	Tipo	$\sigma_1$ [kN/mq]	$\sigma_2$ [kN/mq]	$\sigma_3$ [kN/mq]	$\sigma_4$ [kN/mq]	$q_{\text{media}}$ [kN/mq]
F 01	Slu A1	34.3	34.3	34.3	34.3	34.25
F 02	Sisma	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1
F 03	Sisma	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**TABELLA 7-12 CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI**

Comb.	Tipo	$e_B$ [m]	$B'$ [m]	$e_L$ [m]	$L'$ [m]	$A'$ [mq]	$q'$ [kN/mq]
F 01	Slu A1	0.00	7.70	0.00	27.80	214.06	34.3
F 02	Sisma	0.00	7.70	0.00	27.80	214.06	23.1
F 03	Sisma	0.00	7.70	0.00	27.80	214.06	23.1

**TABELLA 7-13 COEFFICIENTI DI CARICO LIMITE**

Comb.	Tipo	$N_q$	$N_c$	$N_\gamma$
F 01	Slu A1	7.821	16.883	7.128
F 02	Sisma	7.821	16.883	7.128
F 03	Sisma	7.821	16.883	7.128

**TABELLA 7-14 COEFFICIENTI CORRETTIVI PER LA FORMA DELLA FONDAZIONE ED ECCENTRICITA' DEL CARICO**

Comb.	Tipo	$s_q$	$s_c$	$s_\gamma$
F 01	Slu A1	1.104	1.119	0.917
F 02	Sisma	1.104	1.119	0.917
F 03	Sisma	1.104	1.119	0.917

**TABELLA 7-15 COEFFICIENTI CORRETTIVI PER LA PRESENZA DI CARICHI INCLINATI**

Comb.	Tipo	$i_q$ [dir x]	$i_c$ [dir x]	$i_\gamma$ [dir x]	$i_q$ [dir y]	$i_c$ [dir y]	$i_\gamma$ [dir y]
F 01	Slu A1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
F 02	Sisma	0.624	0.569	0.624	0.781	0.749	0.698
F 03	Sisma	0.887	0.871	0.887	0.400	0.312	0.243

**TABELLA 7-16 COEFFICIENTI CORRETTIVI PER LA PROFONDITA' DEL PIANO DI POSA DELLA FONDAZIONE**

Comb.	Tipo	$d_q$	$d_c$	$d_\gamma$
F 01	Slu A1	1.021	1.026	1.000
F 02	Sisma	1.021	1.026	1.000
F 03	Sisma	1.021	1.026	1.000

**TABELLA 7-17 CALCOLO DEL CARICO LIMITE CONDIZIONE DRENATA**

Comb.	Tipo	$q_q$	$q_c$	$q_\gamma$	$q_{lim}$	$q'$	FS	
F 01	Slu A1	0.0	79.3	452.9	532.2	34.25	15.54	> 2.3
F 02	Sisma	0.0	38.7	197.4	236.0	23.10	10.22	> 1.0
F 03	Sisma	0.0	28.1	97.6	125.8	23.10	5.44	> 1.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**TABELLA 7-18 VERIFICA A SCORRIMENTO**

Comb.	Tipo	N [kN]	$tg\phi$	$F\phi$	$H_{max}$	FS	
F 01	Slu A1	7331.56	0.404	2962.14	0.00	-----	> 1.10
F 02	Sisma	4944.79	0.404	1997.82	1941.10	1.03	> 1.00
F 03	Sisma	4944.79	0.404	1997.82	1941.10	1.03	> 1.00

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 7.4 CABINA TIPO C - CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE

### GEOMETRIA

Si verifica una piastra di fondazione avente le seguenti caratteristiche:

$B_y =$	7.20 m	lato minore della fondazione
$L_x =$	14.45 m	lato maggiore della fondazione
$h_z =$	0.50 m	spessore della fondazione
$D =$	0.50 m	profondità del piano di posa della fondazione
$z =$	----- m	distanza tra quota falda e quota intradosso fondazione
$e =$	0.00 °	angolo di inclinazione del piano di posa della fondazione
$w =$	0.00 °	angolo di inclinazione del terreno a lato della fondazione
Drenate		condizioni terreno

### DATI DEL TERRENO

$\gamma_1 =$	19.00 kN/mc	peso del terreno sopra al piano di posa della fondazione
$\gamma_{2\text{ sat}} =$	19.00 kN/mc	peso del terreno sotto al piano di posa della fondazione
$\gamma_2' =$	9.00 kN/mc	peso del terreno sotto al piano di posa della fondazione
$\gamma_{\text{med}}^* =$	19.00 kN/mc	valore di calcolo per falda sotto al piano di posa
$c =$	0.00 kN/mq	coesione del terreno sotto al piano di posa della fondazione
$\phi =$	30.00 °	angolo di attrito interno del terreno

Si trascura a favore di sicurezza il contributo della coesione.

**TABELLA 7-19 COMBINAZIONI DI CARICO**

Comb.	Tipo	N [kN]	$H_x$ [kN]	$H_y$ [kN]	$M_x$ [kNm]	$M_y$ [kNm]
F 01	Slu A1	3563.37	0.00	0.00	0.00	0.00
F 02	Sisma	2403.32	903.65	271.09	0.00	0.00
F 03	Sisma	2403.32	271.09	903.65	0.00	0.00

**TABELLA 7-20 PRESSIONE DI CONTATTO NEI PUNTI SIGNIFICATIVI**

Comb.	Tipo	$\sigma_1$ [kN/mq]	$\sigma_2$ [kN/mq]	$\sigma_3$ [kN/mq]	$\sigma_4$ [kN/mq]	$q_{\text{media}}$ [kN/mq]
F 01	Slu A1	34.3	34.3	34.3	34.3	34.25
F 02	Sisma	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1
F 03	Sisma	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**TABELLA 7-21 CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI**

Comb.	Tipo	$e_B$ [m]	$B'$ [m]	$e_L$ [m]	$L'$ [m]	$A'$ [mq]	$q'$ [kN/mq]
F 01	Slu A1	0.00	0.00	7.20	0.00	14.45	104.04
F 02	Sisma	0.00	0.00	7.20	0.00	14.45	104.04
F 03	Sisma	0.00	0.00	7.20	0.00	14.45	104.04

**TABELLA 7-22 COEFFICIENTI DI CARICO LIMITE**

Comb.	Tipo	$N_q$	$N_c$	$N_\gamma$
F 01	Slu A1	18.401	30.140	22.402
F 02	Sisma	18.401	30.140	22.402
F 03	Sisma	18.401	30.140	22.402

**TABELLA 7-23 COEFFICIENTI CORRETTIVI PER LA FORMA DELLA FONDAZIONE ED ECCENTRICITA' DEL CARICO**

Comb.	Tipo	$s_q$	$s_c$	$s_\gamma$
F 01	Slu A1	1.249	1.263	0.851
F 02	Sisma	1.249	1.263	0.851
F 03	Sisma	1.249	1.263	0.851

**TABELLA 7-24 COEFFICIENTI CORRETTIVI PER LA PRESENZA DI CARICHI INCLINATI**

Comb.	Tipo	$i_q$ [dir x]	$i_c$ [dir x]	$i_\gamma$ [dir x]	$i_q$ [dir y]	$i_c$ [dir y]	$i_\gamma$ [dir y]
F 01	Slu A1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
F 02	Sisma	0.624	0.602	0.624	0.781	0.769	0.698
F 03	Sisma	0.887	0.881	0.887	0.400	0.366	0.243

**TABELLA 7-25 COEFFICIENTI CORRETTIVI PER LA PROFONDITA' DEL PIANO DI POSA DELLA FONDAZIONE**

Comb.	Tipo	$d_q$	$d_c$	$d_\gamma$
F 01	Slu A1	1.020	1.028	1.000
F 02	Sisma	1.020	1.028	1.000
F 03	Sisma	1.020	1.028	1.000

**TABELLA 7-26 CALCOLO DEL CARICO LIMITE CONDIZIONE DRENATA**

Comb.	Tipo	$q_c$	$q_q$	$q_\gamma$	$q_{lim}$	$q'$	FS
F 01	Slu A1	0.0	222.7	1303.3	1526.0	34.25	44.56 > 2.30
F 02	Sisma	0.0	108.6	567.9	676.5	23.10	29.29 > 1.00
F 03	Sisma	0.0	79.0	280.9	360.0	23.10	15.58 > 1.00

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E  VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**TABELLA 7-27 VERIFICA A SCORRIMENTO**

Comb.	Tipo	N [kN]	$tg\phi$	$F\phi$	$H_{max}$	FS	
F 01	Slu A1	3563.37	0.577	2057.31	0.00	-----	> 1.10
F 02	Sisma	2403.32	0.577	1387.56	943.44	1.47	> 1.00
F 03	Sisma	2403.32	0.577	1387.56	943.44	1.47	> 1.00

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 8 ANALISI FONDAZIONE CABINE ELETTRICHE – SEZIONE E ARMATURE – DIREZIONE LONGITUDINALE

### 8.1 ANALISI DEI CARICHI

Si riporta di seguito l'analisi dei carichi (oltre ai pesi propri) derivante dalla localizzazione e dalla geometria della struttura secondo la normativa vigente.

#### **CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI**

Si considera un carico uniformemente distribuito su tutta la fondazione comprendente il peso dei macchinari e il peso delle finiture

$$p = 5.00 \text{ kN/mq}$$

Si considera inoltre un carico distribuito solo su porzioni di fondazione, ipotizzando la posa non uniforme dei macchinari

$$p = 5.00 \text{ kN/mq}$$

#### **CARICHI VARIABILI**

Si considera un carico uniformemente distribuito solo su porzioni di fondazione.

Il carico si considera equivalente Cat. A o B1 (§ 3.1.4 NTC 2008) ipotizzando comunque che l'accesso sia consentito solo al personale addetto alla manutenzione.

$$q = 2.00 \text{ kN/mq}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 8.2 MODELLO DI CALCOLO

### 8.2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

#### 8.2.2 Calcolo della Trave su Suolo Elastico

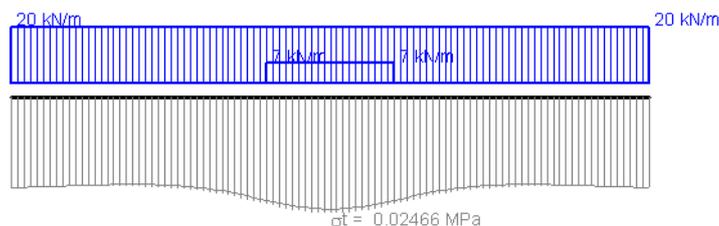
Si determina il valore del modulo di reazione  $k_s$

$$k_s = 40 q_u$$

Dove  $k_s$  è indipendente dai coefficienti correttivi per la presenza dei carichi inclinati ed è indipendente dai coefficienti correttivi per la profondità del piano di posa della fondazione.

$$q_u = c'N_c s_c + q'N_q s_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma s_\gamma$$

Si procede quindi al calcolo delle sollecitazioni, delle pressioni e delle deformazioni della trave su suolo elastico, ipotizzando una distribuzione dei carichi massima in corrispondenza della parte centrale della trave:



Distribuzione dei carichi e pressioni risultanti

I valori ottenuti per i modelli utilizzati sono i seguenti:

Cabina A:  $k_s = 2.1$  daN/cmc

Cabina C:  $k_s = 6.1$  daN/cmc

Si procede quindi al calcolo di un fondazione standard per entrambi i valori di  $k_s$ .

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 8.3 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Si riportano di seguito i diagrammi delle sollecitazioni con i valori di picco.

I cedimenti sono riportati nella combinazione SLE rara e risultano compatibili per la tipologia strutturale in oggetto. Gli spostamenti per gli SLV e SLD della sola platea di fondazione non sono stati indicati, muovendosi questa con il terreno. Per quanto riguarda la definizione degli spostamenti dei fabbricati tecnologici sovrastanti le platee di fondazione si rimanda alla successiva fase di progettazione.

#### 8.3.1 Fondazione L=25.00 m

##### IPOTESI 1 – CABINA A

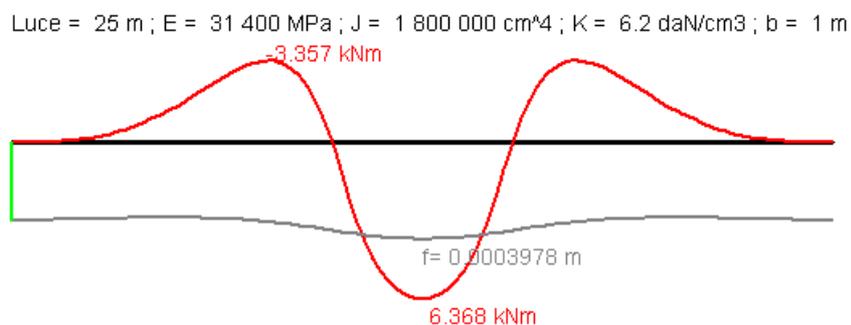
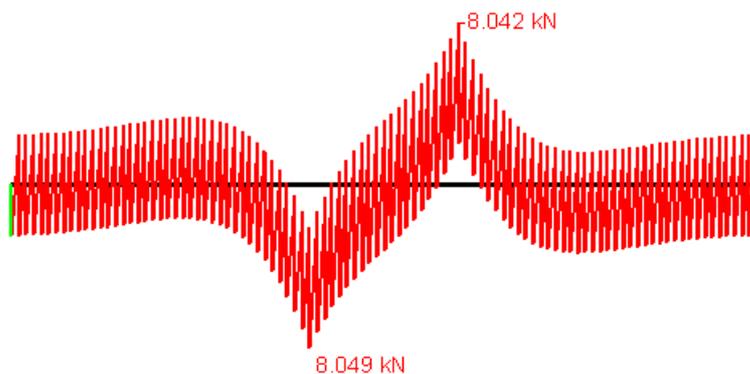


Diagramma momenti flettenti (SLE Rara)



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Diagramma taglio (SLE Rara)

**IPOTESI 2 – CABINA C**

Luce = 25 m ; E = 31 400 MPa ; J = 1 800 000 cm<sup>4</sup> ; K = 2.1 daN/cm<sup>3</sup> ; b = 1 m

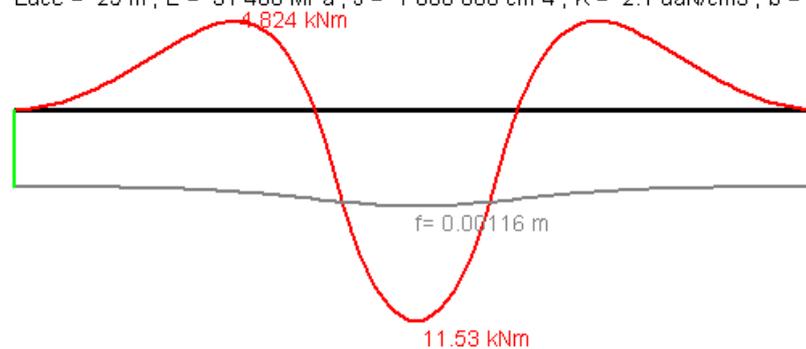


Diagramma momenti flettenti (SLE Rara)

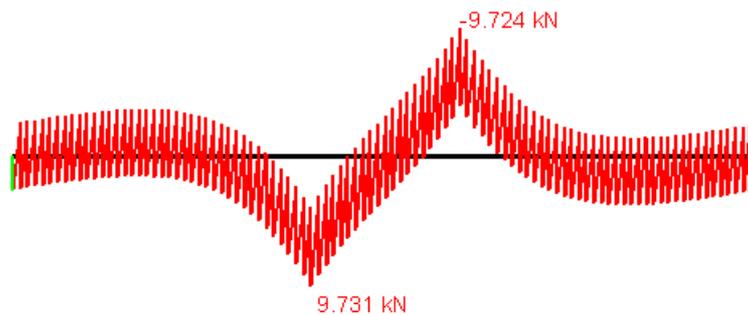


Diagramma taglio (SLE Rara)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 8.3.2 Fondazione L=7.70 m

#### IPOTESI 1 – CABINA A

File : -  
Luce = 7.7 m ; E = 31 400 MPa ; J = 1 041 667 cm<sup>4</sup> ; K = 2.1 daN/cm<sup>3</sup> ; b = 1 m

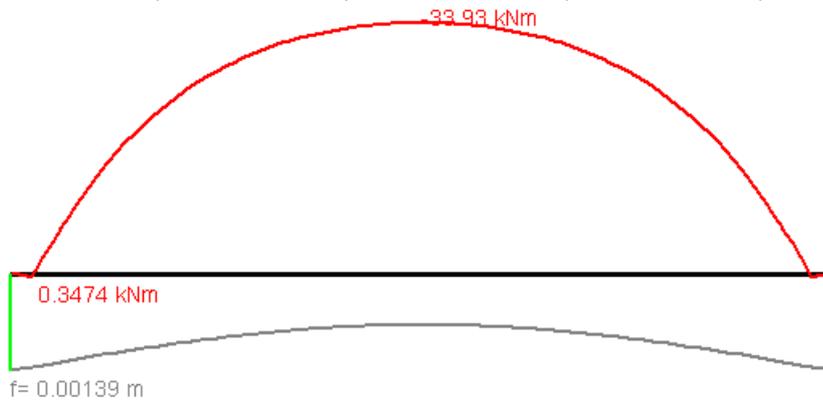


Diagramma momenti flettenti (SLE Rara)

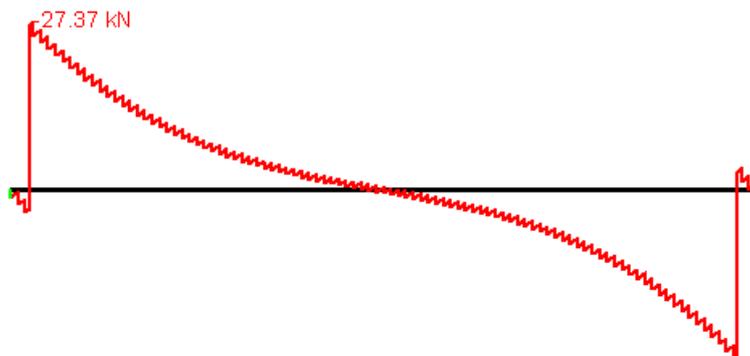


Diagramma taglio (SLE Rara)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## IPOTESI 2 – CABINA C

Luce = 7.2 m ; E = 31 400 MPa ; J = 1 041 667 cm<sup>4</sup> ; K = 6.1 daN/cm<sup>3</sup> ; b = 1 m

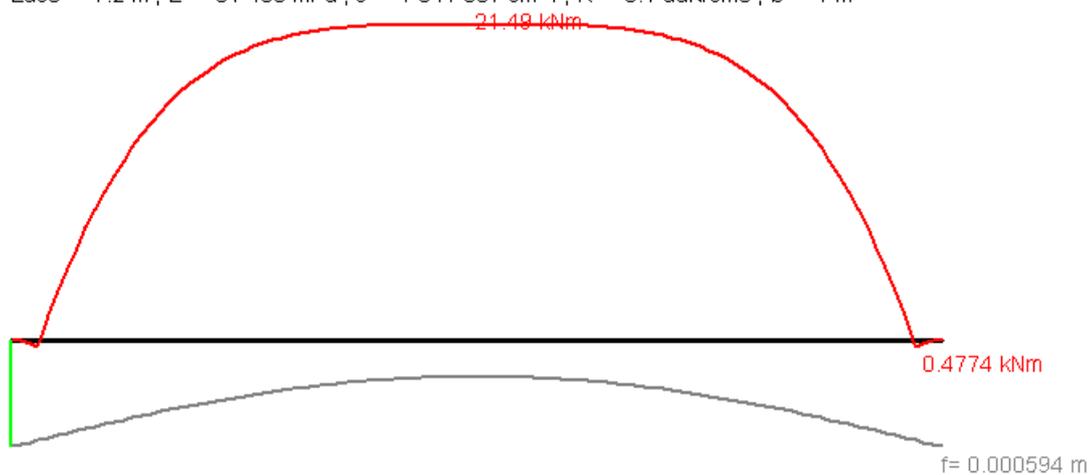


Diagramma momenti flettenti (SLE Rara)

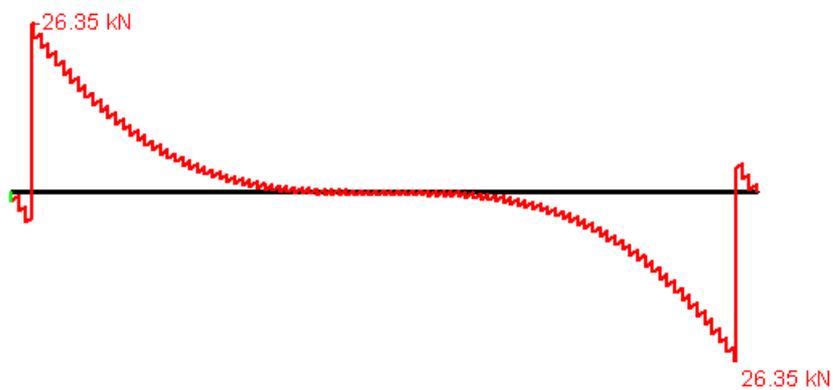


Diagramma taglio (SLE Rara)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 8.4 VERIFICA DELLE SEZIONI

- sez. b = 100 cm h = 50 cm 5 $\phi$ 14 sup. 5 $\phi$ 14 inf.

$M_{sd,SLU}$	17.30 kNm	$< M_{rd,SLU} =$	123.75 kNm		
$M_{sd,SLE Rara}$	11.53 kNm	$\sigma_{cls} =$	0.57 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s =$	35.76 N/mm <sup>2</sup>
$M_{sd,SLE Freq}$	10.95 kNm	$\sigma_{cls} =$	0.54 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s =$	33.97 N/mm <sup>2</sup>
$M_{sd,SLE Q.P.}$	10.38 kNm	$\sigma_{cls} =$	0.51 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s =$	32.18 N/mm <sup>2</sup>
$V_{sd,SLU}$	13.39 kN	$< V_{rd,SLU} =$	169.10 kN		

## 9 ANALISI FONDAZIONE CABINE ELETTRICHE – SEZIONE E ARMATURE – DIREZIONE TRASVERSALE

### 9.1 ANALISI DEI CARICHI

Si riporta di seguito l'analisi dei carichi (oltre ai pesi propri) derivante dalla localizzazione e dalla geometria della struttura secondo la normativa vigente.

#### CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

Si considera il peso della muratura perimetrale e della copertura sul perimetro della fondazione

$p = 11$ kN/m	muratura
$p = 3.5$ kN/m <sup>2</sup>	copertura

#### CARICHI VARIABILI

Si considera il peso dei carichi variabili sulla copertura (neve o addetti manutenzione).

$q = 1.5$ kN/m <sup>2</sup>	copertura
-----------------------------	-----------

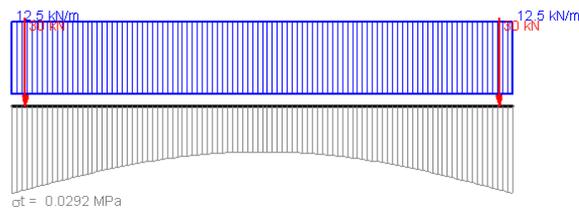
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 9.2 MODELLO DI CALCOLO

### 9.2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

#### 9.2.2 Calcolo della Trave su Suolo Elastico (direzione trasversale)

Utilizzando i valori precedentemente calcolati per il modulo di reazione  $k_s$ , si analizza la struttura ipotizzando due carichi posizionati alle estremità dovuti al peso della muratura e della copertura



Distribuzione dei carichi e pressioni risultanti

I valori ottenuti per i modelli utilizzati sono i seguenti:

Cabina A:  $k_s = 2.1$  daN/cmc

Cabina C:  $k_s = 6.1$  daN/cmc

Si procede quindi al calcolo di un fondazione standard per entrambi i valori di  $k_s$ .

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 9.3 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Si riportano di seguito i diagrammi delle sollecitazioni con i valori di picco.

I cedimenti sono riportati nella combinazione SLE rara e risultano compatibili per la tipologia strutturale in oggetto.

#### IPOTESI 1 – CABINA A

File : -  
Luce = 7.7 m ; E = 31 400 MPa ; J = 1 041 667 cm<sup>4</sup> ; K = 2.1 daN/cm<sup>3</sup> ; b = 1 m

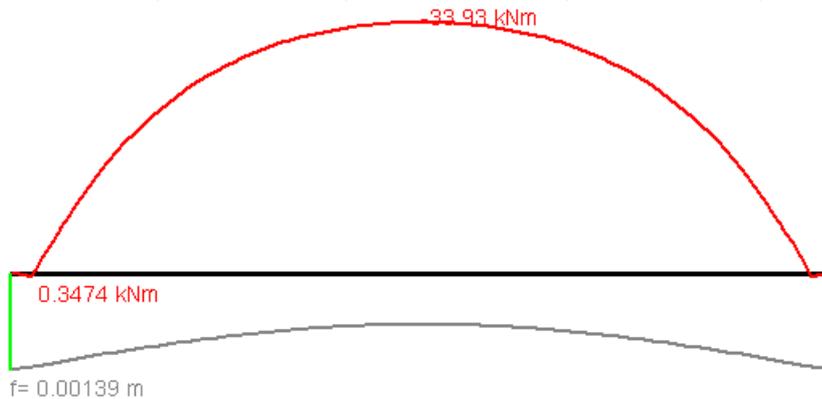


Diagramma momenti flettenti (SLE Rara)

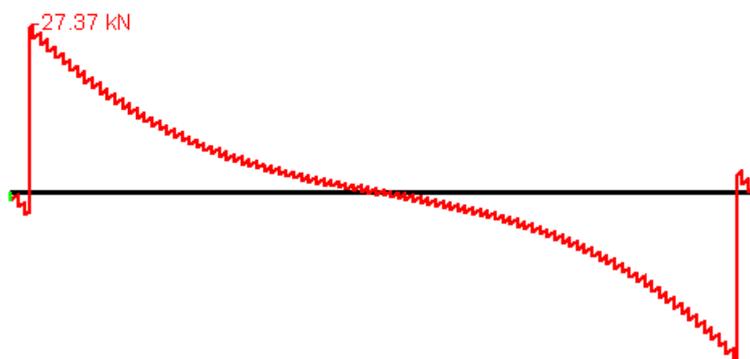


Diagramma taglio (SLE Rara)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## IPOTESI 2 – CABINA C

Luce = 7.2 m ; E = 31 400 MPa ; J = 1 041 667 cm<sup>4</sup> ; K = 6.1 daN/cm<sup>3</sup> ; b = 1 m

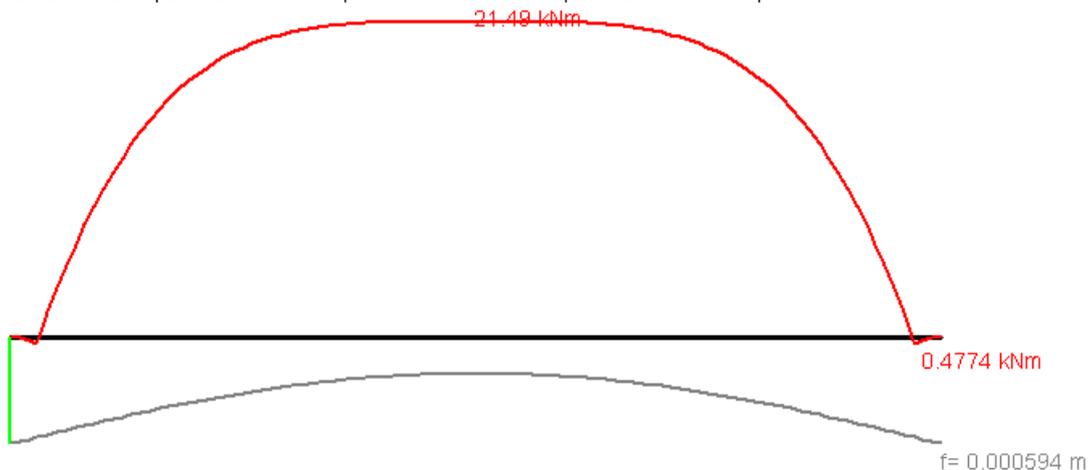


Diagramma momenti flettenti (SLE Rara)

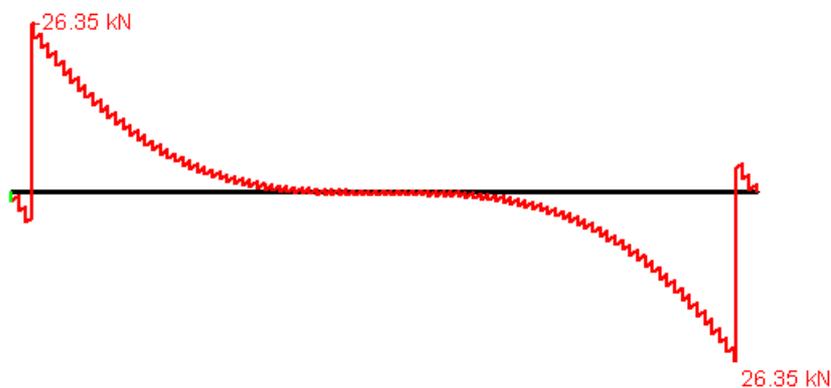


Diagramma taglio (SLE Rara)

## 9.4 VERIFICA DELLE SEZIONI

▪ sez. b = 100 cm h = 50 cm 5φ14 sup. 5φ14 inf.

$M_{sd,SLU}$	50.85 kNm	$< M_{rd,SLU} =$	123.75 kNm		
$M_{sd,SLE Rara}$	33.90 kNm	$\sigma_{cls} =$	1.68 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s =$	105.13 N/mm <sup>2</sup>
$M_{sd,SLE Freq}$	32.21 kNm	$\sigma_{cls} =$	1.59 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s =$	98.88 N/mm <sup>2</sup>
$M_{sd,SLE Q.P.}$	30.51 kNm	$\sigma_{cls} =$	1.51 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s =$	94.62 N/mm <sup>2</sup>
$V_{sd,SLU}$	41.10 kN	$< V_{rd,SLU} =$	169.10 kN		

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 10 ANALISI STRUTTURE LOCALE ANTINCENDIO

### 10.1 ANALISI DEI CARICHI

Si riporta di seguito l'analisi dei carichi (oltre ai pesi propri) derivante dalla localizzazione e dalla geometria della struttura secondo la normativa vigente.

#### **CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI**

Si considera un carico uniformemente distribuito su tutta la fondazione comprendente il peso dei macchinari e il peso delle finiture

$$p = 10.00 \text{ kN/mq}$$

#### **CARICHI VARIABILI**

Si considera un carico uniformemente distribuito su tutta la fondazione e sulla soletta in c.a..

Il carico si considera equivalente Cat. A o B1 (§ 3.1.4 NTC 2008) ipotizzando comunque che l'accesso sia consentito solo al personale addetto alla manutenzione.

$$q_1 = 2.00 \text{ kN/mq}$$

Si considera inoltre un carico uniformemente distribuito sul terreno a lato del muro dovuto al passaggio degli automezzi.

Il carico si considera equivalente Cat. G (§ 3.1.4 NTC 2008).

$$q_2 = 10.00 \text{ kN/mq}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

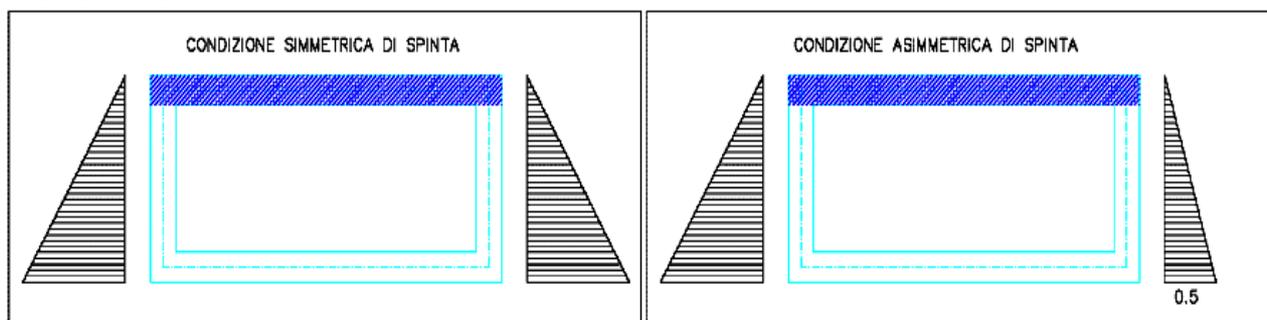
## 10.2 MODELLO DI CALCOLO

### 10.2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

#### AZIONI DEL TERRENO

Considerando la struttura dello scatolare rigida si assumono le seguenti combinazioni di carico:

#### FASE STATICA:



E' valutata sia la condizione di spinta "attiva" che di spinta a "riposo", inoltre è valutata anche la possibilità di uno squilibrio delle spinte dovuto a una diversa compattazione del rilevato; per massimizzare le sollecitazioni in soletta si utilizza il coefficiente di spinta attiva su entrambe le pareti dello scatolare, mentre per massimizzare le sollecitazioni ai nodi e sulle pareti si utilizza il coefficiente di spinta a riposo su entrambe le pareti dello scatolare. Inoltre, al fine di valutare gli effetti di eventuali sbilanciamenti di carico (dovuti a diversi gradi di compattazione del terreno a destra e sinistra dello scatolare), la spinta sulla parete di destra viene ridotta in fase di combinazione con un coefficiente posto pari a 0.50.

#### FASE SISMICA:

Si considera la spinta statica "attiva" (nella direzione concorde all'azione sismica) e si considera (a favore di sicurezza) la spinta a "riposo" dal lato opposto all'applicazione di incremento sismico di spinta; durante il sisma (sisma da sinistra verso destra) si suppone che nel terreno si generi uno stato di spinta attiva sulla parete di sinistra e uno stato di parziale spinta passiva sulla parete di destra: analiticamente si carica la parete di sinistra con la spinta attiva in fase sismica (con il coefficiente di spinta attiva pari a  $K_a = K_{a,statica} + \Delta K_{a,sismica}$ ) e la parete di destra, a favore di sicurezza, con la spinta a riposo (simulando pertanto il fatto che la reazione non mobiliti per intero

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

la spinta passiva).

### CALCOLO COEFFICIENTI

- Spinta Attiva

$$k_A = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi}$$

- Spinta a Riposo

$$k_0 = 1 - \sin\phi$$

- Spinta Statica+Sismica

$$k_S = (1 + k_v) \cdot k_{AE}$$

$$k_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2 \theta \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin \phi \cdot \sin(\phi - \theta)}{\cos \theta}}\right)}$$

$$\tan \theta = \frac{k_h}{1 + k_v}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 10.3 CABINA TIPO A - CALCOLO DELLE AZIONI DEL TERRENO

#### **SCHEMA DI CALCOLO:**

Si considera un telaio delle dimensioni di:

- L = 680 cm                      lunghezza
- h = 375 cm                      altezza
- b = 100 cm                      larghezza di calcolo

Si ipotizza che nei nodi venga trasmessa anche l'azione flettente, per cui negli incroci è posizionata un'armatura che permetta la continuità tra le sezioni.

Con i carichi applicati a secondo la propria combinazione di carico:

- peso proprio
- permanenti                      10.0 kN/m      (soletta superiore)
- spinta del terreno                      (muri laterali)
- azione sismica

#### **SPINTA DEL TERRENO:**

Si determina la spinta del terreno in corrispondenza della mezzeria delle solette (superiore e inferiore).

I due contributi sono dovuti ai carichi accidentali (carico uniforme) e al peso del terreno (carico triangolare)

- spinta attiva

$$\sigma_{ht} = 5.73 \text{ kN/m} \quad (h = 0.70 \text{ m})$$

$$\sigma_{ht} = 36.44 \text{ kN/m} \quad (h = 3.75 \text{ m})$$

$$\sigma_{hq} = 4.55 \text{ kN/m} \quad \text{uniforme}$$

- spinta a riposo

$$\sigma_{ht} = 7.88 \text{ kN/m} \quad (h = 0.70 \text{ m})$$

$$\sigma_{ht} = 50.09 \text{ kN/m} \quad (h = 3.75 \text{ m})$$

$$\sigma_{hq} = 6.25 \text{ kN/m} \quad \text{uniforme}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- spinta sismica

$$\sigma_{ht} = 11.86 \text{ kN/m} \quad (h = 0.70 \text{ m})$$

$$\sigma_{ht} = 75.40 \text{ kN/m} \quad (h = 3.75 \text{ m})$$

$$\sigma_{hq} = 9.38 \text{ kN/m} \quad \text{uniforme}$$

(si ricorda che nell'analisi sismica si considerando anche le spinte inerziali)

## 10.4 VERIFICA DELLE SEZIONI

Si riporta come esempio i diagrammi del momento e del taglio nella condizione agli stati limite ultimi, per la condizione simmetrica di spinta a riposo.

Nei diagrammi riportati si massimizza il momento in mezzzeria dei muri verticali.

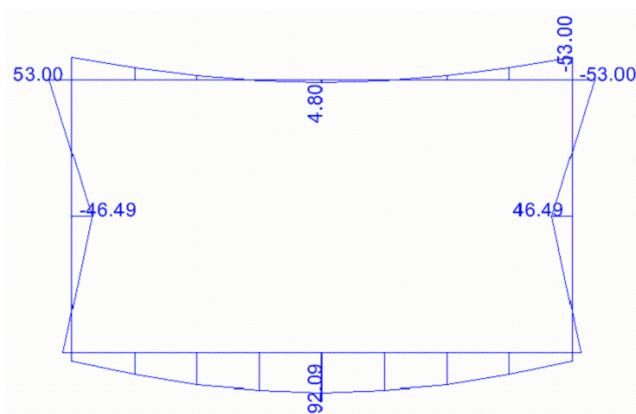


Diagramma M [kNm]

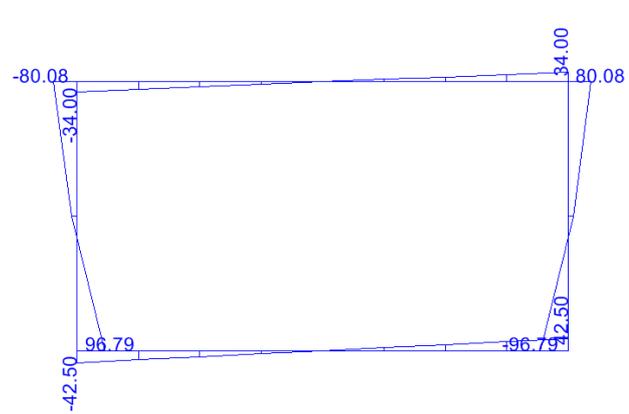


Diagramma V [kN]

### SOLETTA SUPERIORE: **B = 40 CM**

▪ Campata	5 $\phi$ 14 sup.	5 $\phi$ 14 inf.		
$M_{sd,SLU}$	71.53 kNm	$< M_{rd,SLU} =$	98.54 kNm	
$M_{sd,SLE Rara}$	52.99 kNm	$\sigma_{cls} =$	3.67 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s =$ 206.79 N/mm <sup>2</sup>
$M_{sd,SLE Freq}$	47.69 kNm	$\sigma_{cls} =$	3.31 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s =$ 186.11 N/mm <sup>2</sup>
$M_{sd,SLE Q.P.}$	45.04 kNm	$\sigma_{cls} =$	3.12 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s =$ 175.77 N/mm <sup>2</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

<b>▪</b>	<b>Incastro</b>	10φ14 sup.	5φ14 inf.	
	$M_{sd,SLU}$	135.55 kNm	$< M_{rd,SLU} =$	191.98 kNm
	$M_{sd,SLE Rara}$	63.81 kNm	$\sigma_{cls} =$	3.37 N/mmq $\sigma_s =$ 127.47 N/mmq
	$M_{sd,SLE Freq}$	57.43 kNm	$\sigma_{cls} =$	3.04 N/mmq $\sigma_s =$ 114.72 N/mmq
	$M_{sd,SLE Q.P.}$	54.24 kNm	$\sigma_{cls} =$	2.87 N/mmq $\sigma_s =$ 108.35 N/mmq
	$V_{sd,SLU}$	90.47 kN	$< V_{rd,SLU} =$	144.98 kN

### **PARETE LATERALE: B = 30 CM**

<b>▪</b>	<b>Incastro sup.</b>	10φ14 sup.	5φ14 inf.	
	$M_{sd,SLU}$	135.55 kNm	$< M_{rd,SLU} =$	135.90 kNm
	$M_{sd,SLE Rara}$	63.81 kNm	$\sigma_{cls} =$	5.75 N/mmq $\sigma_s =$ 179.90 N/mmq
	$M_{sd,SLE Freq}$	57.43 kNm	$\sigma_{cls} =$	5.17 N/mmq $\sigma_s =$ 161.91 N/mmq
	$M_{sd,SLE Q.P.}$	54.24 kNm	$\sigma_{cls} =$	4.89 N/mmq $\sigma_s =$ 152.91 N/mmq
	$V_{sd,SLU}$	96.94 kN	$< V_{rd,SLU} =$	115.06 kN

<b>▪</b>	<b>Campata</b>	5φ14 sup.	5φ14 inf.	
	$M_{sd,SLU}$	46.49 kNm	$< M_{rd,SLU} =$	70.63 kNm
	$M_{sd,SLE Rara}$	34.44 kNm	$\sigma_{cls} =$	4.05 N/mmq $\sigma_s =$ 189.05 N/mmq
	$M_{sd,SLE Freq}$	30.99 kNm	$\sigma_{cls} =$	3.65 N/mmq $\sigma_s =$ 170.14 N/mmq
	$M_{sd,SLE Q.P.}$	29.27 kNm	$\sigma_{cls} =$	3.45 N/mmq $\sigma_s =$ 160.69 N/mmq

<b>▪</b>	<b>Appoggio</b>	10φ14 sup.	5φ14 inf.	
	$M_{sd,SLU}$	101.88 kNm	$< M_{rd,SLU} =$	135.90 kNm
	$M_{sd,SLE Rara}$	47.46 kNm	$\sigma_{cls} =$	4.27 N/mmq $\sigma_s =$ 133.80 N/mmq
	$M_{sd,SLE Freq}$	42.71 kNm	$\sigma_{cls} =$	3.85 N/mmq $\sigma_s =$ 120.42 N/mmq
	$M_{sd,SLE Q.P.}$	40.34 kNm	$\sigma_{cls} =$	3.63 N/mmq $\sigma_s =$ 113.73 N/mmq
	$V_{sd,SLU}$	138.48 kN	$< V_{rd,SLU} =$	143.60 kN

### **FONDAZIONE: B = 50 CM**

<b>▪</b>	<b>Campata</b>	5φ14 sup.	5φ14 inf.	
	$M_{sd,SLU}$	109.44 kNm	$< M_{rd,SLU} =$	125.97 kNm
	$M_{sd,SLE Rara}$	68.21 kNm	$\sigma_{cls} =$	3.20 N/mmq $\sigma_s =$ 206.25 N/mmq
	$M_{sd,SLE Freq}$	61.39 kNm	$\sigma_{cls} =$	2.88 N/mmq $\sigma_s =$ 185.62 N/mmq
	$M_{sd,SLE Q.P.}$	57.98 kNm	$\sigma_{cls} =$	2.72 N/mmq $\sigma_s =$ 175.31 N/mmq

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

▪ Incastro	10φ14 sup.	5φ14 inf.		
$M_{sd,SLU}$	101.88 kNm	$< M_{rd,SLU} =$	248.81 kNm	
$M_{sd,SLE Rara}$	47.46 kNm	$\sigma_{cls} =$	1.69 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s = 73.31$ N/mm <sup>2</sup>
$M_{sd,SLE Freq}$	42.71 kNm	$\sigma_{cls} =$	1.52 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s = 65.98$ N/mm <sup>2</sup>
$M_{sd,SLE Q.P.}$	40.34 kNm	$\sigma_{cls} =$	1.44 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s = 62.32$ N/mm <sup>2</sup>
$V_{sd,SLU}$	71.14 kN	$< V_{rd,SLU} =$	248.81 kN	

Tutte le tensioni sono inferiori ai limiti di normativa.

La verifica della fessurazione è stata effettuata senza il calcolo diretto, ma attraverso l'utilizzo dei limiti di tensione nell'acciaio d'armatura definite nelle tabelle C4.1.II e C4.1.III delle NTC 2008.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11 ALLEGATO "A"

### 11.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

#### 11.1.1 Elenco Degli Elaborati Di Riferimento

CG0800PRBDCSBC8G000000001 - Relazione geotecnica generale versante CALABRIA

CG0800PRGDCSBC6G000000003 - Relazione idrogeologica

CG0800PN5DCSBC6G000000003 - Carta idrogeologica versante Calabria

CG0800PF6DCSBC6ST00000001 e CG0800PF6DCSBC6ST00000025 - Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo A

CG0800PF6DCSBC6ST00000003 - Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo B

CG0800PF6DCSBC6ST00000005 e CG0800PF6DCSBC6ST00000026 - Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo C

CG0800PF6DCSBC6ST00000007 e CG0800PF6DCSBC6ST00000027 - Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo D

CG0800PF6DCSBC6ST00000009 - Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo F

CG0800PF6DCSBC6ST00000011 - Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo G

CG0800PF6DCSBC6ST00000013 - Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo M

CG0800PF6DCSBC6ST00000015 - Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo U

CG0800PF6DCSBC6ST00000017 - Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo V

CG0800PF6DCSBC6ST00000019 - Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo A Accelerazione

CG0800PF6DCSBC6ST00000021 - Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo C Decelerazione

CG0800PF6DCSBC6ST00000023 - Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo D Decelerazione

CG0800PFZDCSBC8ST00000014 - Profilo geotecnico Tracciato stradale - Asse N1 e Asse N3

CG0800PFZDCSBC8ST00000015 - Profilo geotecnico Tracciato stradale - Strada di accesso al piazzale fabbricati impianti

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 11.1.2 Riassunto Caratteristiche

Cabina	Litologia	Falda	$\gamma$	$\phi'$	Classe
		m p.c.	kN/mc		
Rampa N3 (tipo A)	Depositi terrazzati marini	-15	17.00	37°	B
	Conglomerato di pezzo	-15	18.00	22°	B
	Trubi	-15	18.00	25°	B
Rampa N1 (tipo A)	Depositi terrazzati marini	-15	17.00	37°	B
	Conglomerato di pezzo	-15	21.00	38°	B
Area di sosta e controllo Zagarella (tipo A)	Depositi terrazzati marini	---	18.00	33°	B
	Plutoniti tipo B	---	21.00	32°	B
Pian di lastrico lato RC (tipo A)	Rilevato	---	20.00	38°	C
	Conglomerato di pezzo	---	21.00	40°	C
	Sabbie e ghiaie di Messina	---	19.00	38°	C
Campanella lato RC (tipo C)	Sabbie e ghiaie di Messina	---	18.00	38°	C
Area di sosta e controllo Solaro (tipo C)	Depositi terrazzati marini	---	19.00	38°	C
	Sabbie e ghiaie di Messina	---	18.00	38°	C

Di seguito si riportano stralci delle relazioni con le caratterizzazioni geotecniche dei luoghi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11.2 CABINA RAMPA N3

### Descrizione delle litologie prevalenti

Le litologie prevalenti sono costituite dalla formazione del Depositi terrazzati marini, Conglomerato di Pezzo, Trubi.

Depositi terrazzati marini: sono rappresentati da depositi marini sabbiosi e sabbioso ghiaiosi fortemente pedogenizzati in prossimità della superficie. I depositi dei terrazzi marini rappresentano terre da sciolte a debolmente coesive con cementazione da debole ad assente.

L'età attribuibile ai terrazzi cartografati nell'area di intervento copre l'intervallo Pleistocene medio-superiore.

I Trubi sono caratterizzati da marne, marne argillose e marne siltose di colore bianco-giallastro, a frattura concoide, localmente con abbondanti livelli sabbiosi fini di colore grigio chiaro.

Essi poggiano sul Conglomerato di Pezzo con interposizione alla base di un orizzonte di circa 1,5 metri di sabbie giallastre e presentano al tetto, ed in contatto trasgressivo, un orizzonte calcarenitico.

Il Conglomerato di Pezzo, di età tortoniana, è la litologia stratigraficamente più bassa della successione sedimentaria. La sua potenza è superiore ai 200 m.

Il conglomerato è composto prevalentemente da clasti di graniti e gneiss cementati in matrice prevalentemente composta da frazioni arenacee fini e limose.

Le dimensioni dei clasti sono eterogenee e variabili da pochi mm fino a blocchi superiori al metro, interpretati come grossi trovanti inglobati nel conglomerato.

Negli affioramenti la formazione presenta un aspetto litoide con scarpate stabili.

Il Conglomerato di Pezzo ha quindi generalmente caratteristiche assimilabili a quelle di rocce tenere.

Per la caratterizzazione sismica del suolo nella zona in esame si hanno poche prove sismiche: in alcune subtrate si dispone dei sondaggi C403bis e C423bis che forniscono una categoria pari a **B**.

### Indagini previste

Si considerano i sondaggi e le prove disponibili nelle zone in esame e quelle adiacenti.

#### Depositi terrazzati marini

Si considerano i sondaggi della caratterizzazione generale.

- prove SPT (CS102, OTCLPT505, OTCLPT503, OTCCH1501)
- 3 prove sismiche (CS101, CS103, OTCCH1501)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici

#### Trubi :

Si considerano i sondaggi della caratterizzazione generale.

- prove SPT (FCBH4, OTCCH1501, OTCSPT504)
- 1 prova sismica (OTCCH1501)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici (FCBH6, FCBH7,C420bis)
- 1 rilievo geostrutturale (STAZIONE T\_1)
- 1 prova edometrica
- Prove pressiometriche (S5, S6, SG13)

#### Conglomerato di Pezzo

- prove di carico su piastra (campagna di indagine 1988 – pozzo P2500)
- 3 prove sismiche (CS103,C423BIS,OTCCH1501)
- Prove pressiometriche e dilatometriche (C403BIS, C404, C423, C423BIS, OTCSPT504, OTCLPT2503)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici e meccanici (CS103, FCBH1512, OTCLPT1505, FCCH2509, OTCSPT504, FCBH1501, OTCLPT2503)

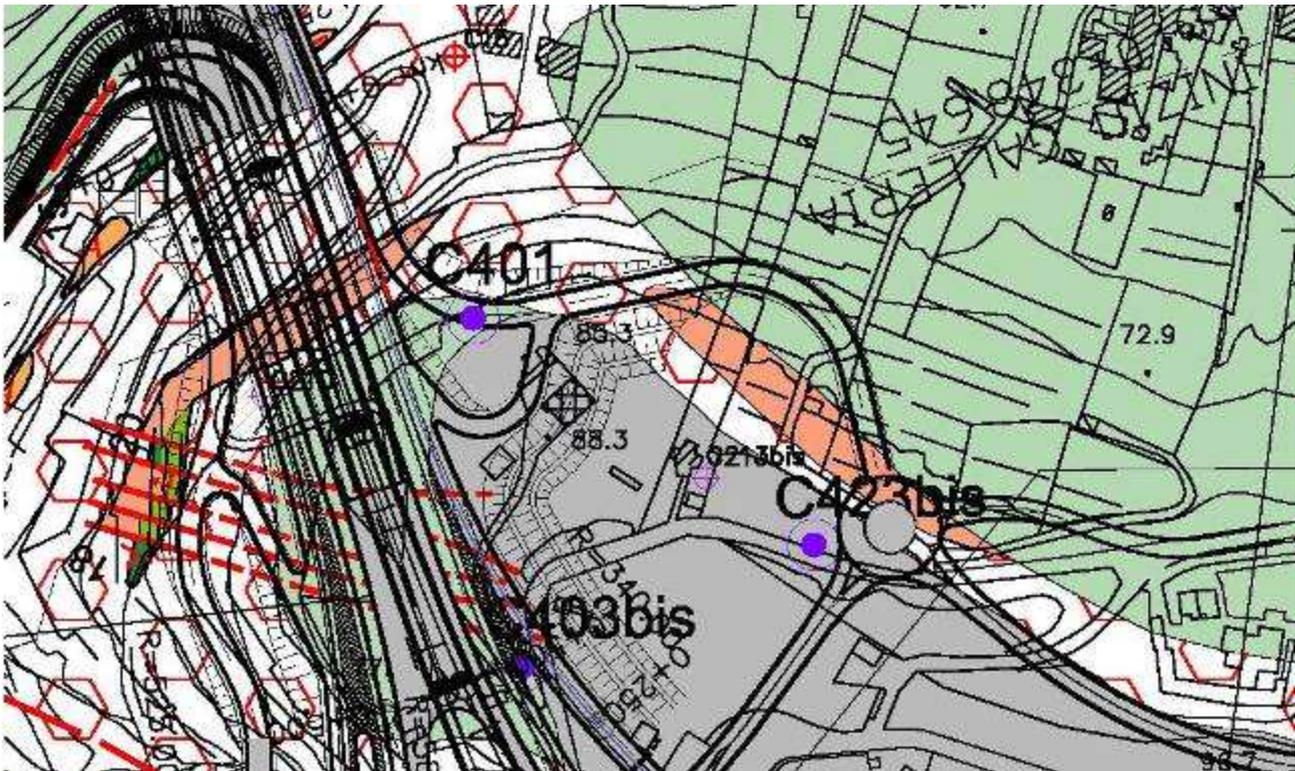
#### **Caratterizzazione geotecnica**

Per i criteri e per gli aspetti generali di caratterizzazione si rimanda a quanto riportato nella relazione Elab. CG0800PRBDCSBC8G00000001A.

Stratigrafia media		prof. (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	$c'$ (Kpa)	E (MPa)	K (m/s)
	Depositi marini terrazzati	0-2	17÷21	37÷38	0	16-40/64-160 (5-10m)	$10^{-5} \div 10^{-6}$
	Trubi	2-5	18÷19	27÷22	35÷90	130÷270	$10^{-7}$
	Conglomerato di Pezzo	> 5	21÷23	38÷42	0-100 (0-20m)	150 -300 (0-20m)  300-500 (20 - 35m)  500-900 (35 - 65m)	$10^{-7}$
<b>Falda</b>	-15m dal p.c.						

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



### 11.2.1 Conglomerato di Pezzo

Per quanto riguarda gli spezzoni di roccia o di conglomerato prelevati nei sondaggi il peso di volume totale  $\gamma$  è risultato mediamente pari a  $23 \text{ kN/m}^3$  con i valori più bassi di  $20 - 21 \text{ kN/m}^3$  rappresentativi degli spezzoni conglomeratici:

Per lo stato iniziale poiché la litologia in esame è quella, della successione sedimentaria, più vecchia, è difficile tenere in conto in modo sintetico della storia tensionale del deposito che è stato caratterizzato da fenomeni di preconsolidazione e cementazione. La stima può in prima approssimazione essere effettuata: considerando un età di almeno 10 milioni di anni, che  $Ko_{nc}=0.35\div 0.5$  ( $\phi'=30^\circ\div 40^\circ$ ) e che  $Ko_{oc}=0.5\div 0.6$ , tenendo dell'erosione (si stima un fattore minimo pari a 1.4 corrispondente ad  $OCR=2$ ) ed infine considerando gli effetti di "aging" con la correlazione di (Mesri (1989)), si ottiene un valore compreso approssimativamente fra 0.7 e 0.9.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per i parametri di resistenza al taglio nell'ambito dello strato superficiale più alterato ( $z < 25 \div 30$ m), si fa riferimento alla caratterizzazione geotecnica generale che si basa sull'esito delle prove di carico su piastra, ritenute maggiormente rappresentative del comportamento d'insieme dell'ammasso: si considerano quelle ubicate in prossimità del blocco di ancoraggio lato Calabria (campagna di indagine 1988 – pozzo P2500) ed al proposito si è ripreso lo studio effettuato nel Progetto preliminare (“Le basi del progetto – Geotecnica” – Elab. PP2RA24) (Vd.Elaborazione CG0800PRBDCSBC8G000000001A).

In corrispondenza di un valore medio di  $\phi' = 40^\circ$  (ottenuto anche da prove pressiometriche) i valori di  $c'$  ottenuti variano linearmente, tra 0 e circa 25m di profondità, da 0 a 100 KPa circa.

La resistenza a compressione monoassiale ottenuta invece da prove di laboratorio LPT ha fornito valori molto variabili da qualche MPa ad un max di 30-40MPa.

Per i parametri di deformabilità nel contesto in esame le simiche di riferimento sono C403, C423bis, OTCCH1501 che evidenziano una certa variabilità; si può porre:  $G_0 = 400-800$  MPa e quindi  $E_0 = 960-1920$ MPa.

Le pressiometriche nei fori C403bis (carico), C404 (carico e scarico-ricarico), C423 (carico e scarico-ricarico), C423bis (carico), OTCSPT504 (scarico-ricarico) forniscono un range di valori variabilissimo fra 15m e 35m di profondità compreso fra 75 e 220 MPa, mediamente pari a 150 MPa .

Facendo riferimento all'esito delle prove sismiche ed al valore medio dei valori scaturiti dalle prove dilatometriche e pressiometriche si ritiene che il range  $E' = 150 \div 300$  MPa, nei primi 20m di spessore del Conglomerato di Pezzo, possa considerarsi adeguato per la tratta in esame.

In particolare il valore minimo di  $E' = 150$  MPa si ritiene mediamente rappresentativo del contesto geotecnico in esame in cui sono previste opere che mobilitano medie e grandi deformazioni.

**CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE**

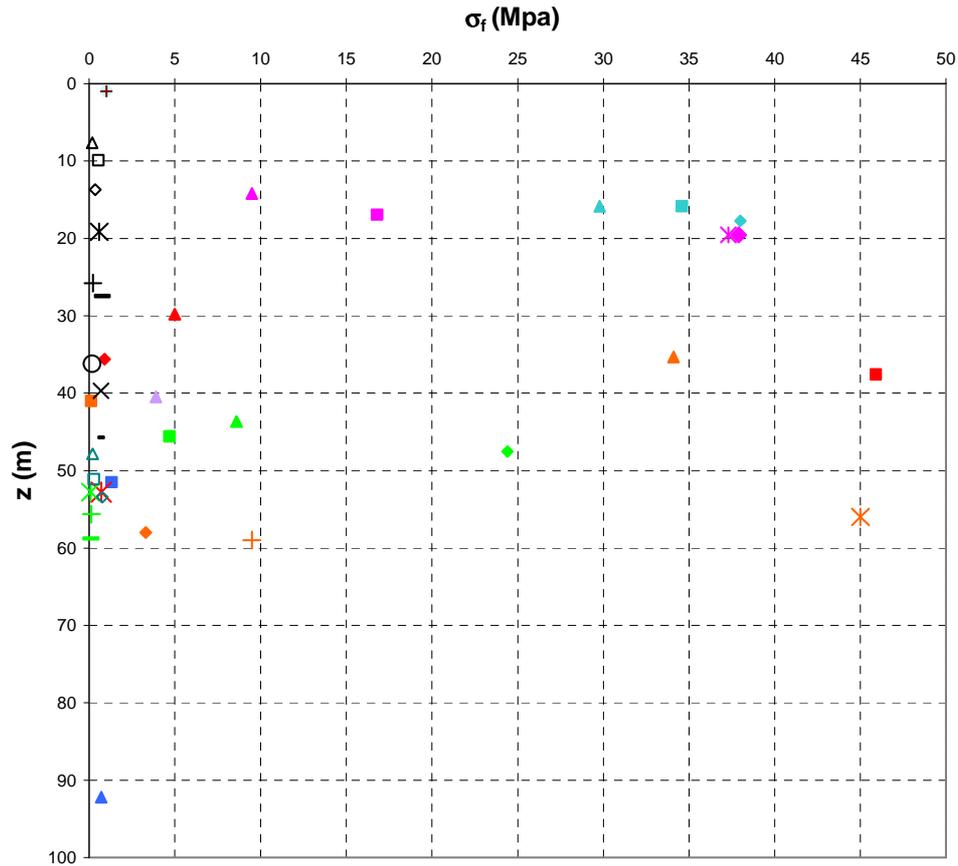
*Codice documento*  
CS0727\_F0

*Rev*  
F0

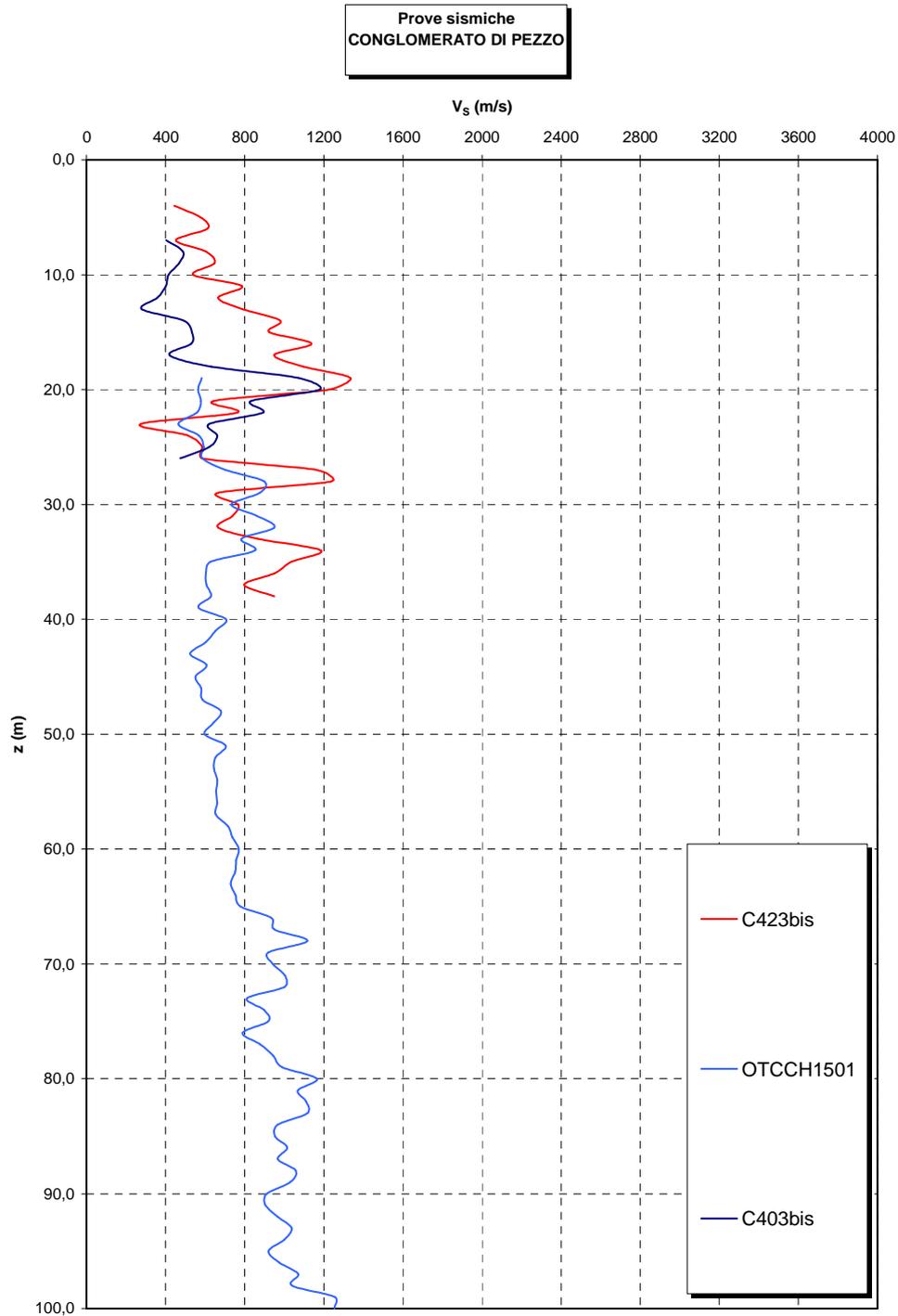
*Data*  
20/06/2011

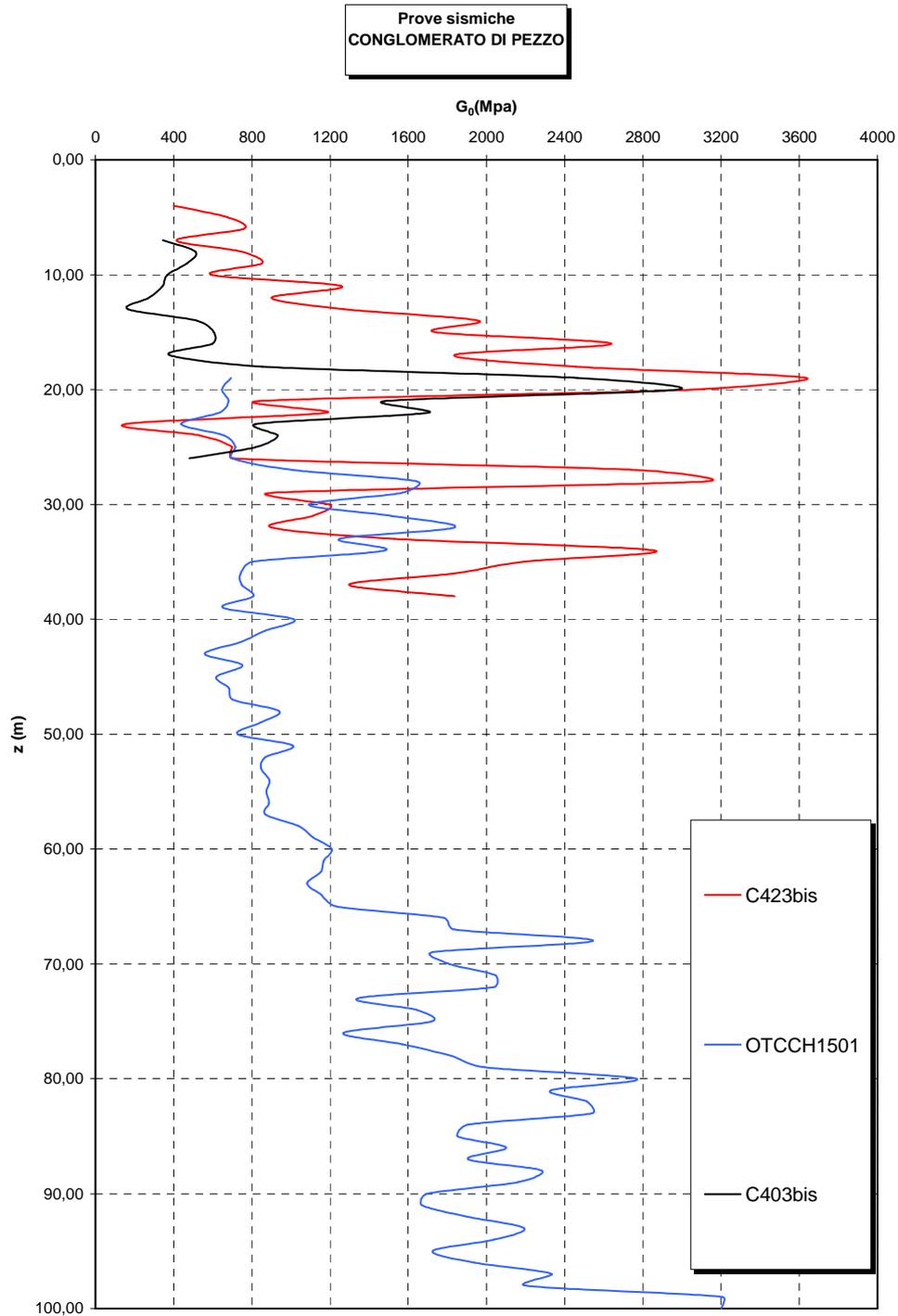
SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )
FCBH6	4-1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	50,65	26,60	26,60
FCBH6	4-2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	51,00	26,50	26,50
FCBH6	5-1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	56,00	23,40	23,20
FCBH6	5-2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	56,50	23,40	23,20
CS103	4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	14,20	26,00	25,90
CS103	5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	16,95	25,60	25,50
CS103	6-1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19,55	26,50	26,40
CS103	6-2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19,55	26,50	26,40
CS102	1-1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15,85	26,6	26,5
CS102	1-2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15,85	26,6	26,5
CS102	2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	17,75	26,3	26,2
FCBH1512	10	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	35,3	26,5	
FCBH1512	16	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	41	22,8	
FCBH1512	4NK3	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58,00	24,57	
FCBH1512	28	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	56,00	25,93	
FCBH1512	30	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	59,00	24,50	
OTCLPT1505	C4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	40,50	24,40	
FCCH2509	C9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	92,20	24,00	
FCCH2509	C11	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	51,50	23,65	
OTCSPT504	C16	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	29,80	23,20	
OTCSPT504	C17	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	37,60	26,70	
OTCSPT504	C18	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	35,60	20,70	
OTCSPT504	C24	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	52,80	21,87	
FCBH1501	1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	43,65	21,58	
FCBH1501	2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	45,60	21,63	
FCBH1501	3	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	47,55	23,61	
FCBH1501	7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	52,80	20,71	
FCBH1501	9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	55,62	19,96	
FCBH1501	11	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58,80	21,31	
OTCLPT2503	1L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	7,67	20,9	
OTCLPT2503	2L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9,93	22,68	
OTCLPT2503	4L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	13,70	21,2	
OTCLPT2503	6L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19,17	20,4	
OTCLPT2503	8L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	25,80	21,82	
OTCLPT2503	9L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	27,48	22,68	
OTCLPT2503	12L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	36,20	19,51	
OTCLPT2503	13L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	39,69	21,67	
OTCLPT2503	15L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	45,72	23,05	
OTCLPT2503	16L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	47,83	22,49	
OTCLPT2503	17L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	51,10	21,76	
OTCLPT2503	18L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	53,44	22,79	
OTCLPT2503	19L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	55,53	20,7	
OTCLPT2503	20L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58,05	22,37	
FCCH2509	5L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	34,40	21,80	
FCCH2509	6L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	35,60	19,00	
FCCH2509	8L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	40,50	20,90	
FCCH2509	11L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	50,30	20,18	
FCCH2509	13L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58,00	21,24	
FCCH2509	15L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	64,70	22,11	
FCCH2509	16L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	71,10	20,53	
FCCH2509	17L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	73,40	21,88	
FCCH2509	18L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	74,50	20,83	
FCCH2509	19L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	75,80	21,95	
FCCH2509	21L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	84,00	21,18	
FCCH2509	23L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	92,80	20,73	

**Prove di schiacciamento - LPT-  
CONGLOMERATO DI PEZZO**

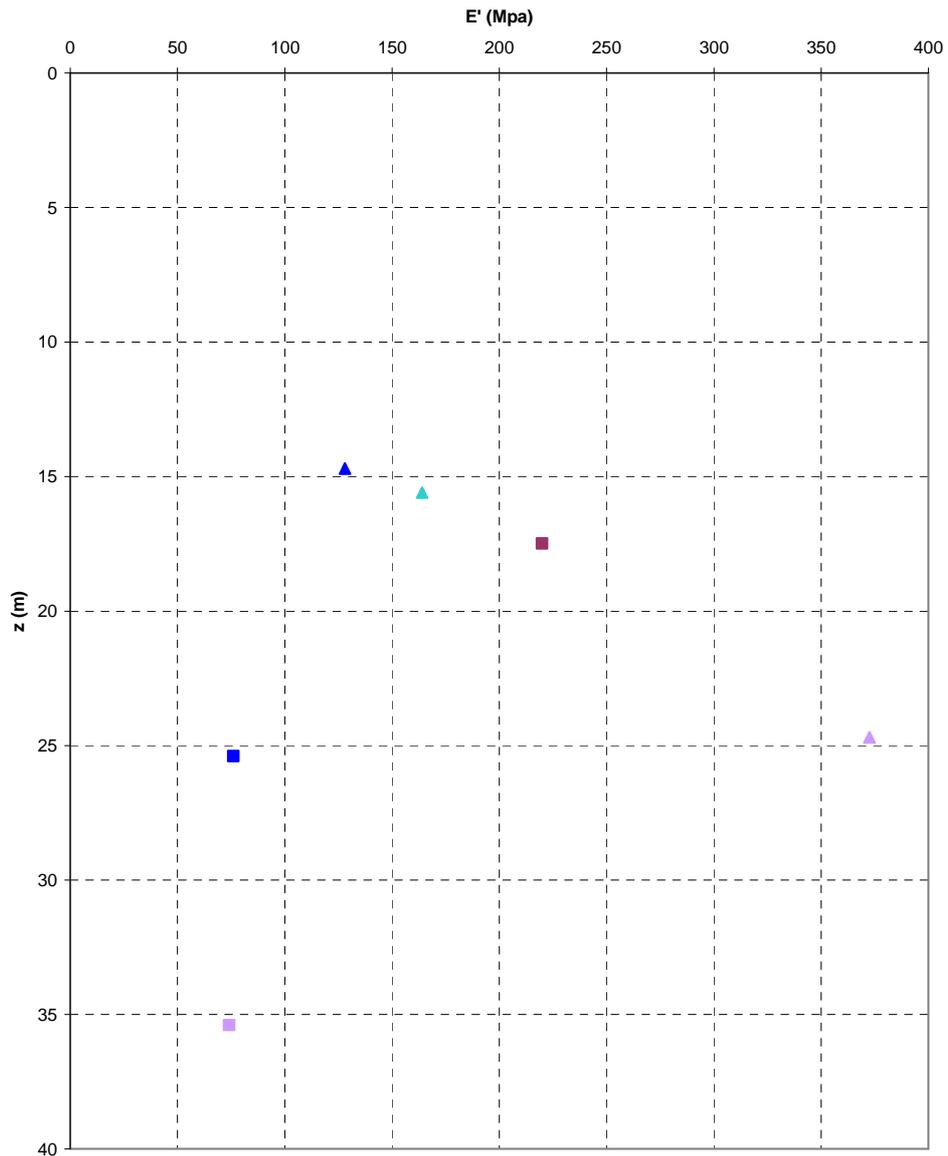


▲ CS103_4	■ CS103_5	◆ CS103_6-1	✖ CS103_6-2
▲ CS102_1-1	■ CS102_1-2	◆ CS102_2	▲ FCBH1512_10
■ FCBH1512_16	◆ FCBH1512_4NK3	✖ FCBH1512_28	+ FCBH1512_30
▲ OTCLPT1505_C4	▲ FCCH2509_C9	■ FCCH2509_C11	▲ OTCSPT504_C16
■ OTCSPT504_C17	◆ OTCSPT504_C18	✖ OTCSPT504_C24	▲ FCBH1501_1
■ FCBH1501_2	◆ FCBH1501_3	✖ FCBH1501_7	+ FCBH1501_9
- FCBH1501_11	▲ OTCLPT2503_1L	□ OTCLPT2503_2L	◆ OTCLPT2503_4L
✖ OTCLPT2503_6L	+ OTCLPT2503_8L	- OTCLPT2503_9L	○ OTCLPT2503_12L
✖ OTCLPT2503_13L	- OTCLPT2503_15L	▲ OTCLPT2503_16L	■ OTCLPT2503_17L
◆ OTCLPT2503_18L			



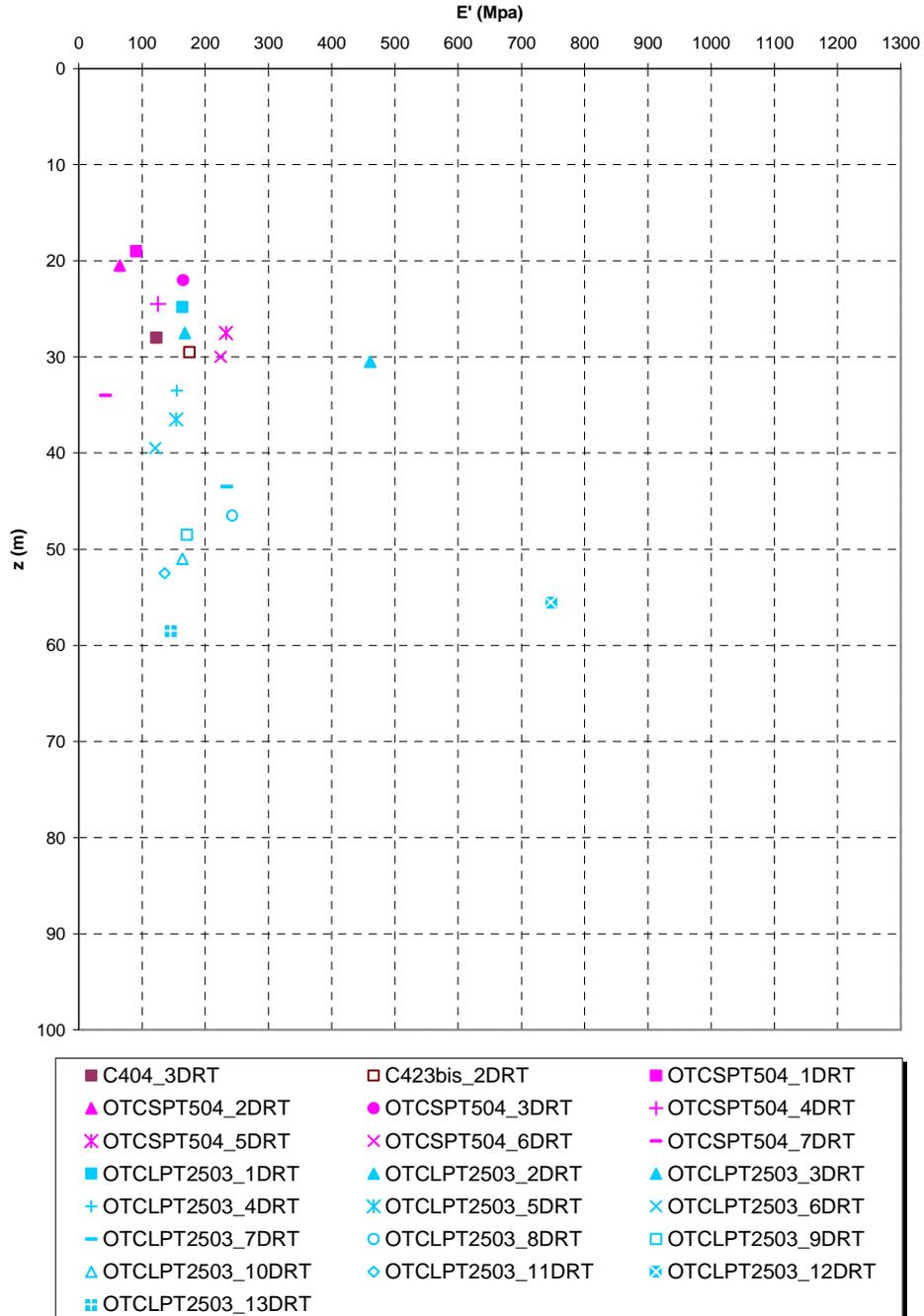


**Prove pressiometriche  
CONGLOMERATO DI PEZZO**



▲ C403bis\_1MPT ■ C403bis\_2MPT ■ C404\_2MPT ▲ C423\_1MPT ▲ C423bis\_1MPT ■ C423bis\_2MPT

**Prove dilatometriche  
CONGLOMERATO DI PEZZO**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 11.2.2 Depositi terrazzati marini

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche l'andamento del fuso evidenzia che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 30%), sia di materiali intermedi (sabbie 50%). Il contenuto di fino è mediamente del 17%.

Con riferimento al fuso medio si ha:

- Il valore di  $D_{50}$  è pari a 0.5mm
- Il valore di  $D_{60}$  è pari a 1.0 mm
- Il valore di  $D_{10}$  è pari a 0.008 mm

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

Da letteratura si hanno a disposizione i valori di  $\gamma_{dmax}$  e  $\gamma_{dmin}$  pari rispettivamente a 18.8 e 15.7 kN/m<sup>3</sup>

Per lo stato iniziale si ha:

- **Dr:** i valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con il fattore correttivo  $C_{sg}=0.85$  corrispondente al  $d_{50}=0.5$ mm
- **$e_o$ :** a partire dal  $d_{50}$  stimato si ottiene di  $e_{max}-e_{min}$  pari a 0.35. 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 ai valori di  $e_o$  da  $\gamma_s$  si può stimare  $\gamma$ .
- **$K_0$ :** si considera la relazione di Jaky.

z(m)	Dr(%) Prevalente sabbiosa	Dr(%) Sabbie e ghiaie	$\gamma_d$ (KN/m3)	$K_0$
<b>0-10</b>	<b>60-70</b>	-	<b>17-21</b>	<b>0.3-0.4</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 circa 40°.

z(m)	$\phi'_p$ (pff=0-272KPa) (°)	$\phi'_{cv}$ (°)
<b>0-10</b>	<b>38-43</b>	<b>33-35</b>

Ai parametri di resistenza operativi al taglio in termini di sforzi efficaci si sono

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

assegnati i seguenti valori operativi:

$c_p' = 0$  kPa = coesione apparente

$\varphi_p' = 37^\circ - 38^\circ$  =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

$\varphi_r' = 33^\circ - 35^\circ$  =angolo di resistenza al taglio

Per le caratteristiche di deformabilità dalle prove sismiche in foro (CS101, CS103, C403bis) si ottengono valori di  $G_0$  molto variabili.

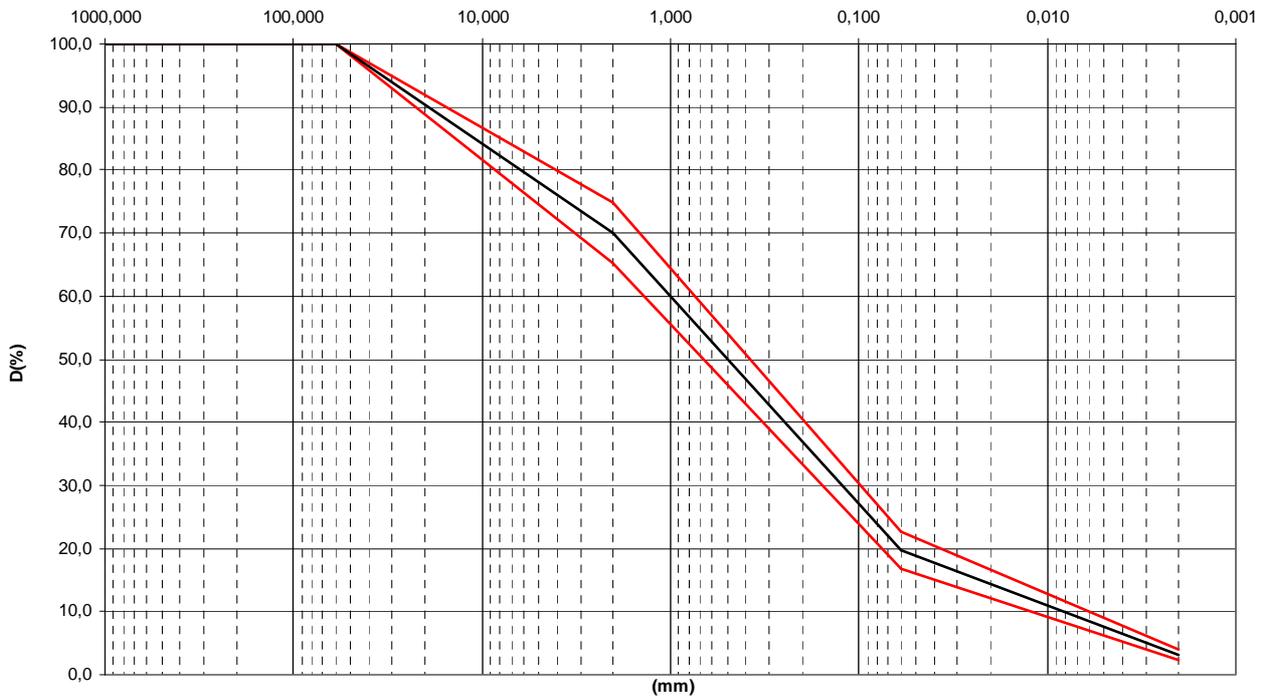
In base ai valori dalle prove SPT e dalle sismiche si ha:

z(m)	G0(MPa)	E0(MPa)	E'(MPa)
<b>0-10</b>	<b>50-200</b>	<b>120-480</b>	<b>16-40 / 64-160</b>

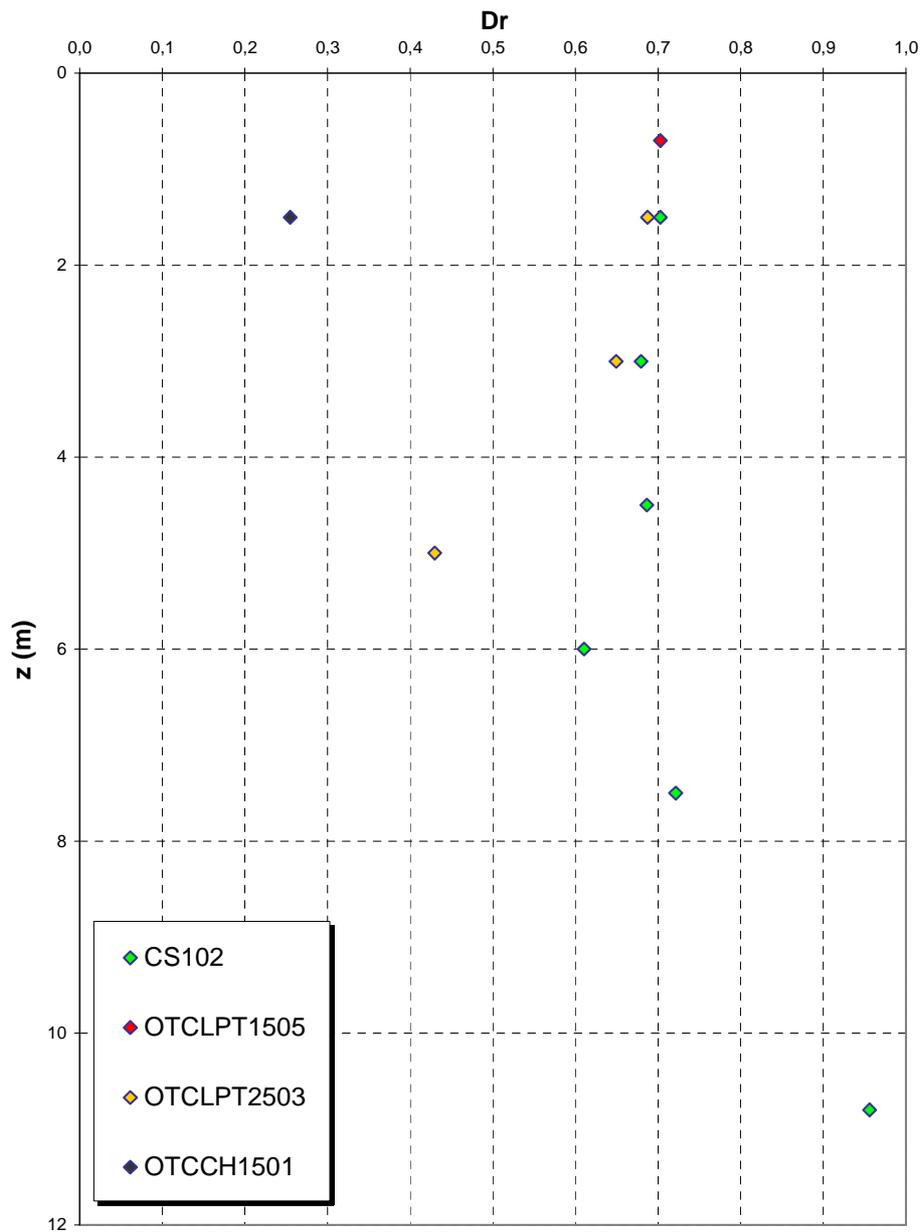
con E' pari

rispettivamente a circa 1/5-1/10 (medie e piccole deformazioni) ed a 1/3 (piccole deformazioni) di quelli iniziali.

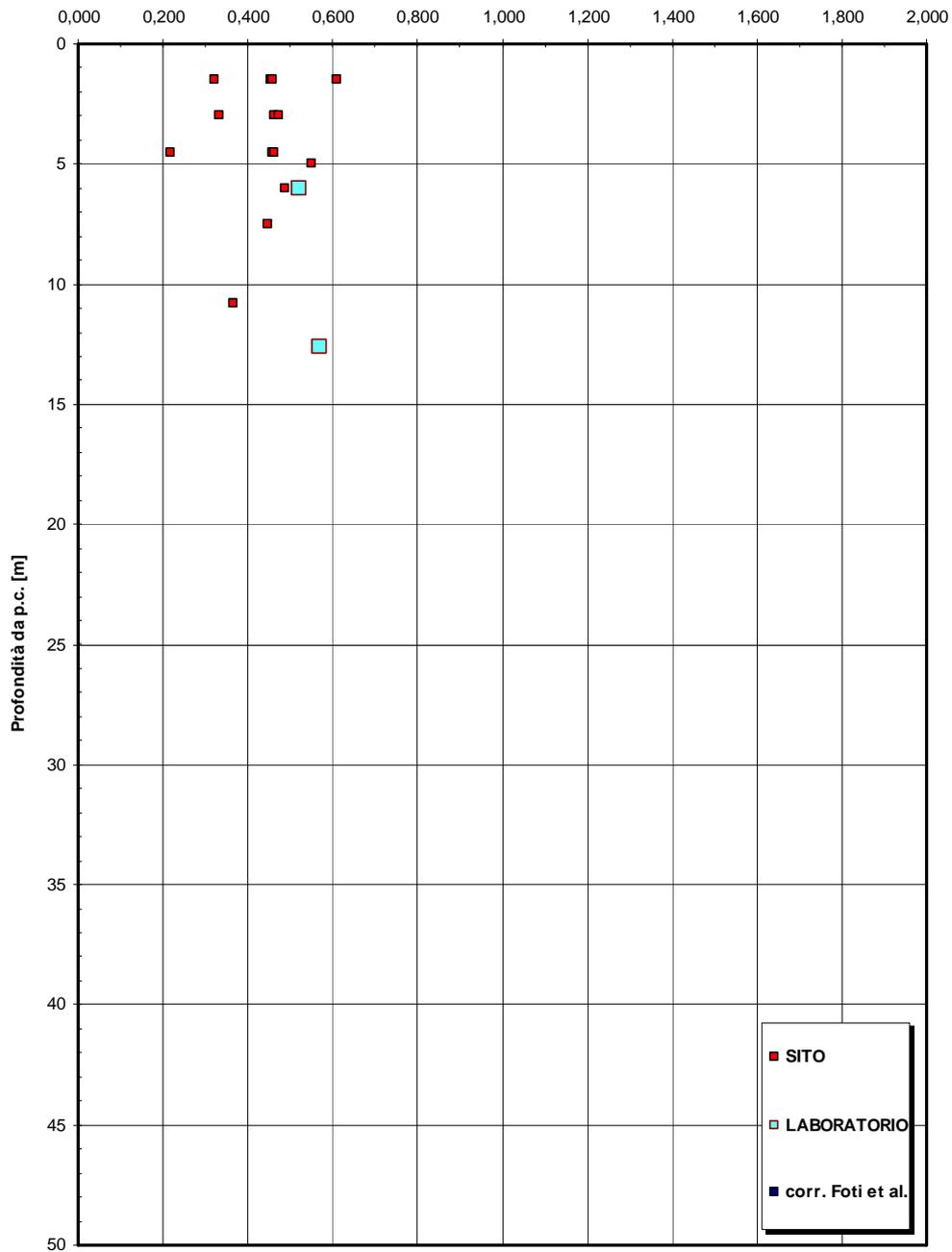
**Depositi terrazzati marini**



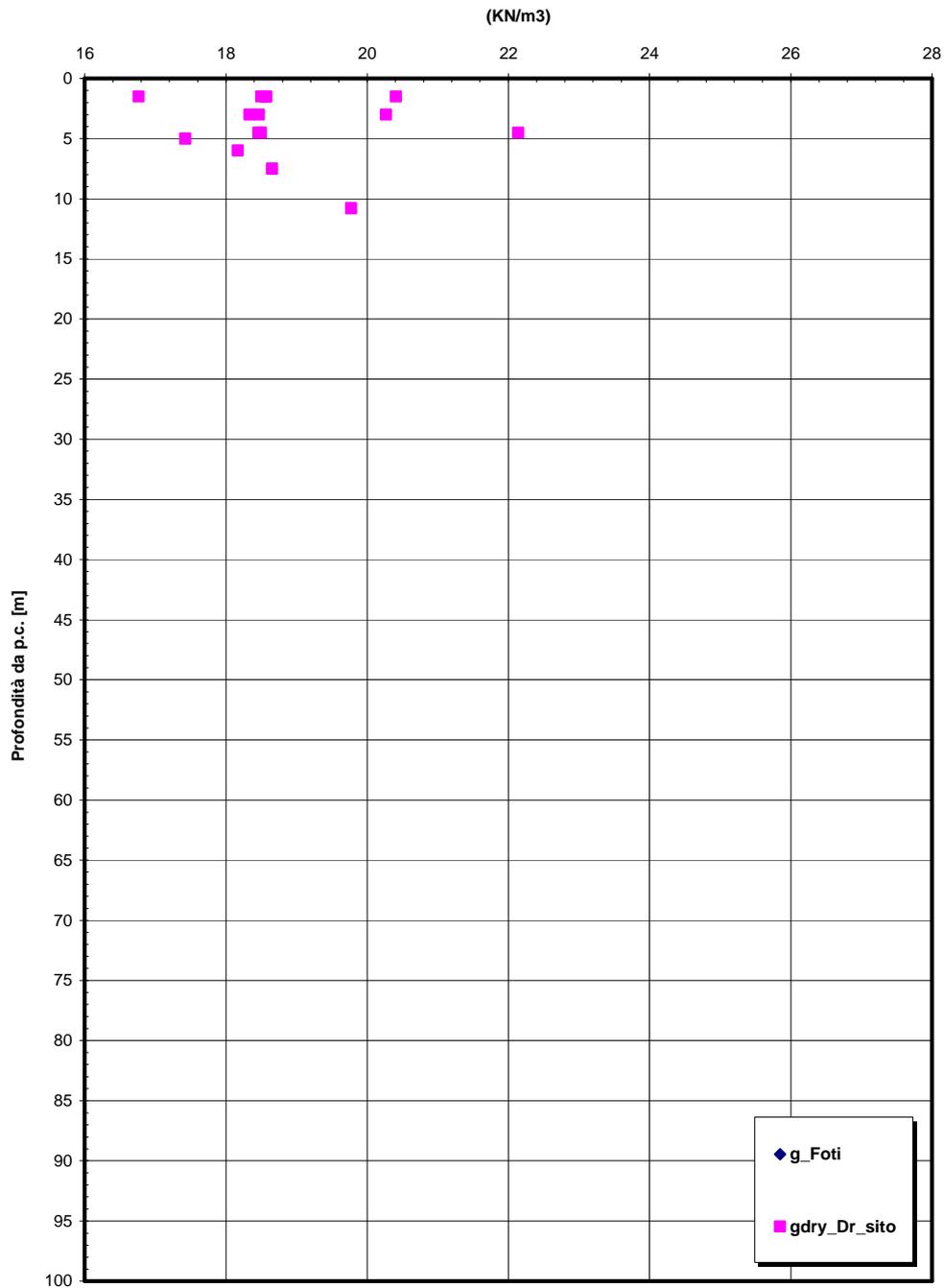
**Dr Skempton (1986)  
Componente sabbiosa prevalente  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Tratta da Km 0 a 0+500 -**

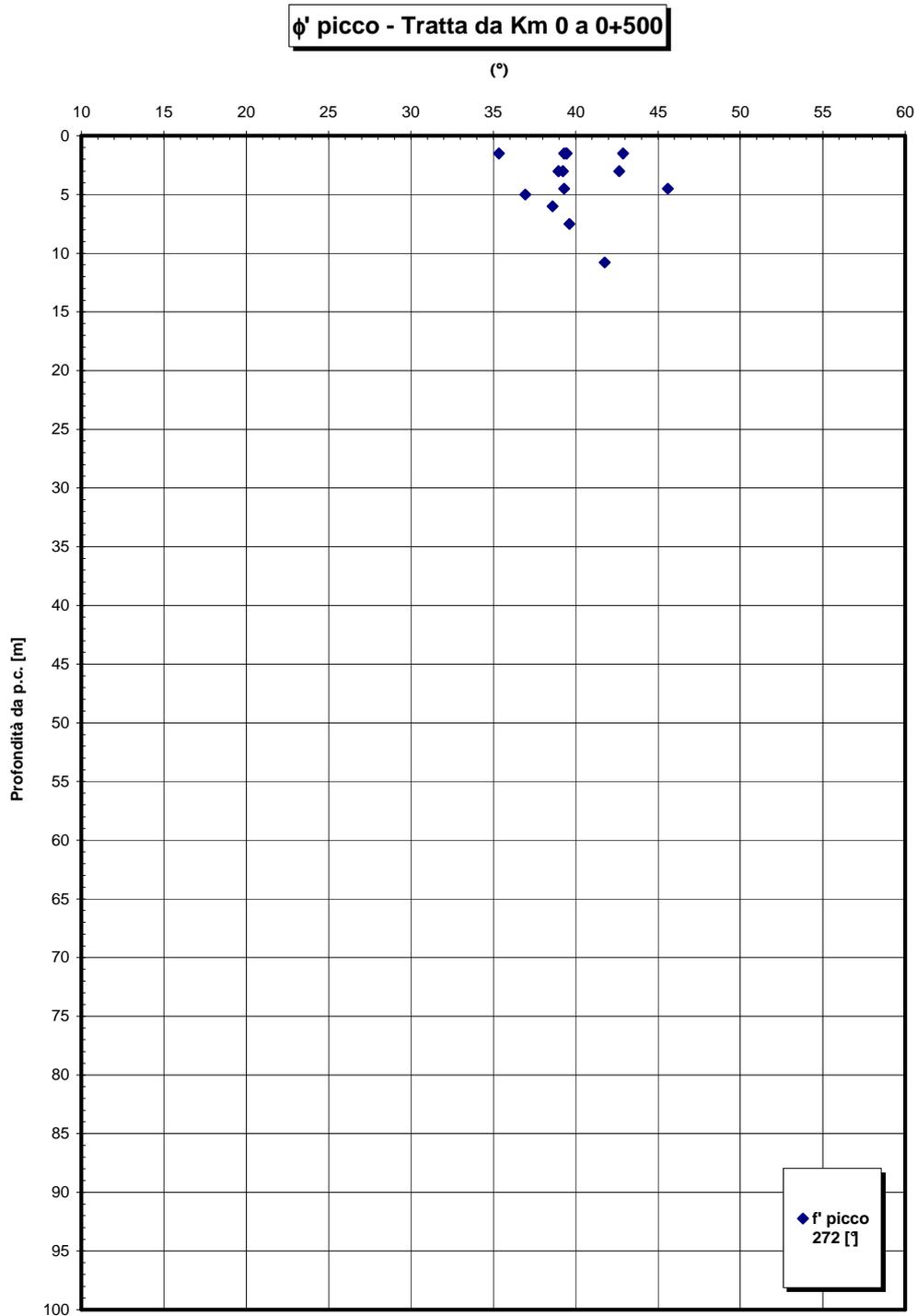


**eo – Tratta da Km 0 a 0+500**

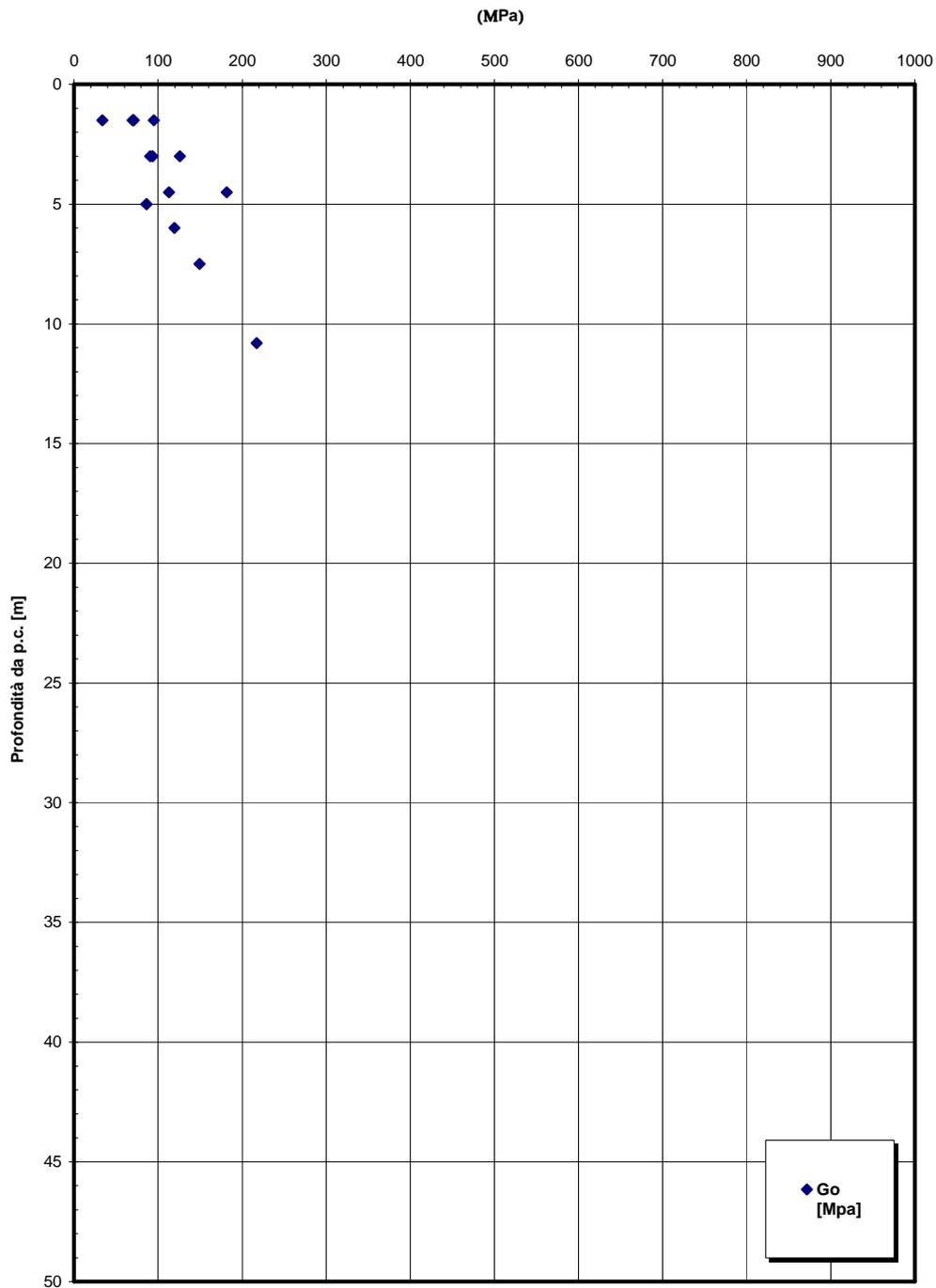


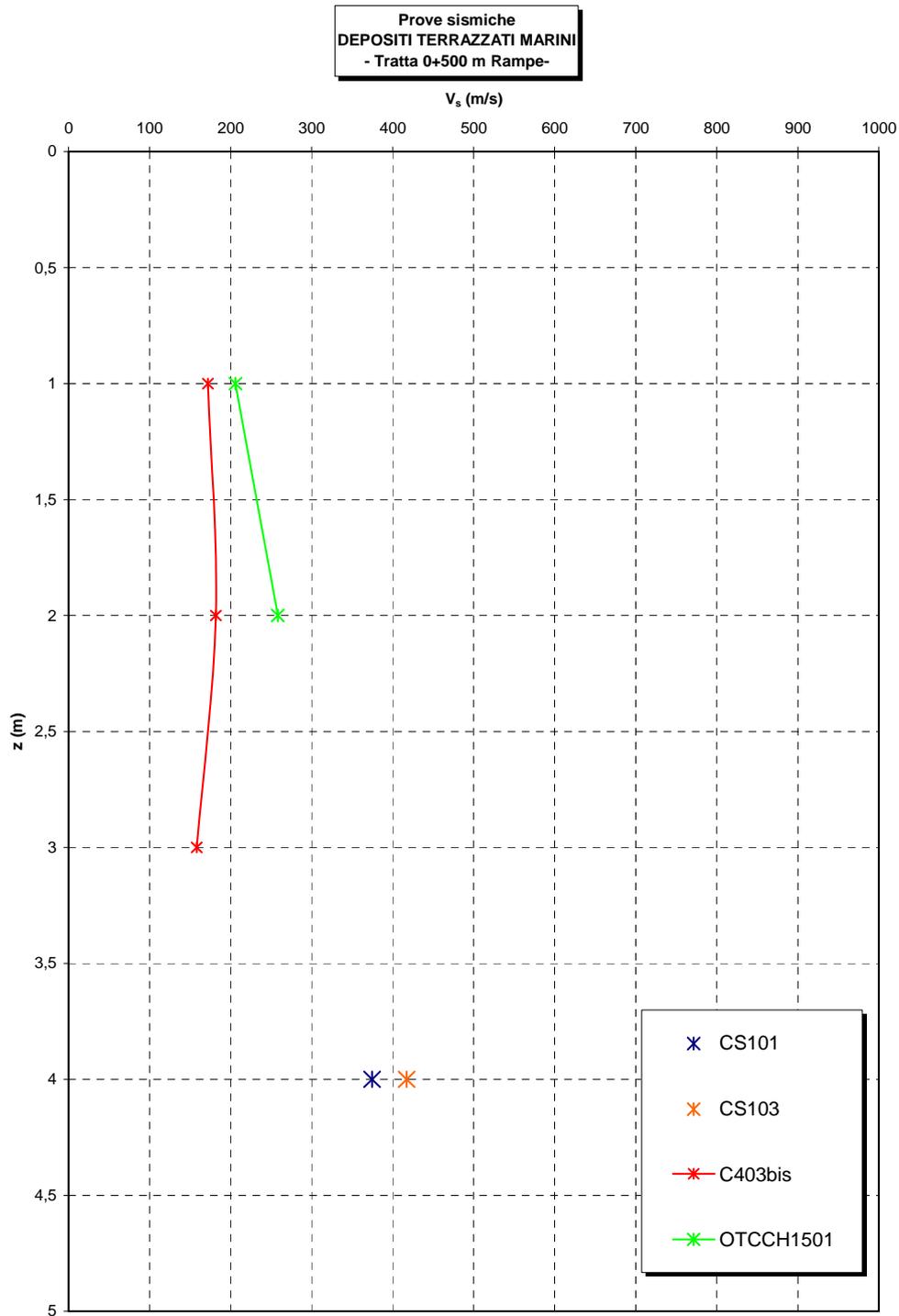
**$\gamma$  - Tratta da Km 0 a 0+500**

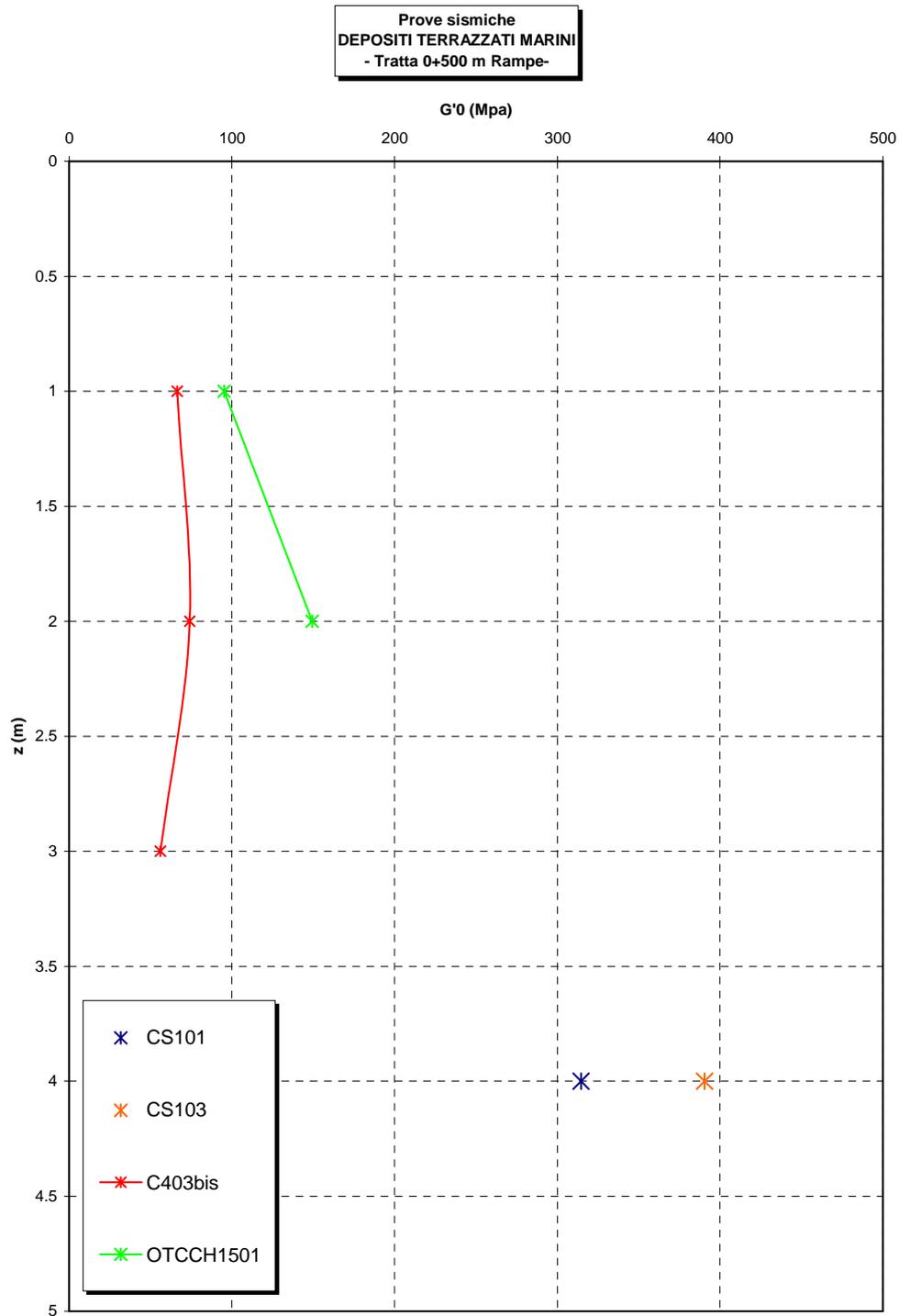




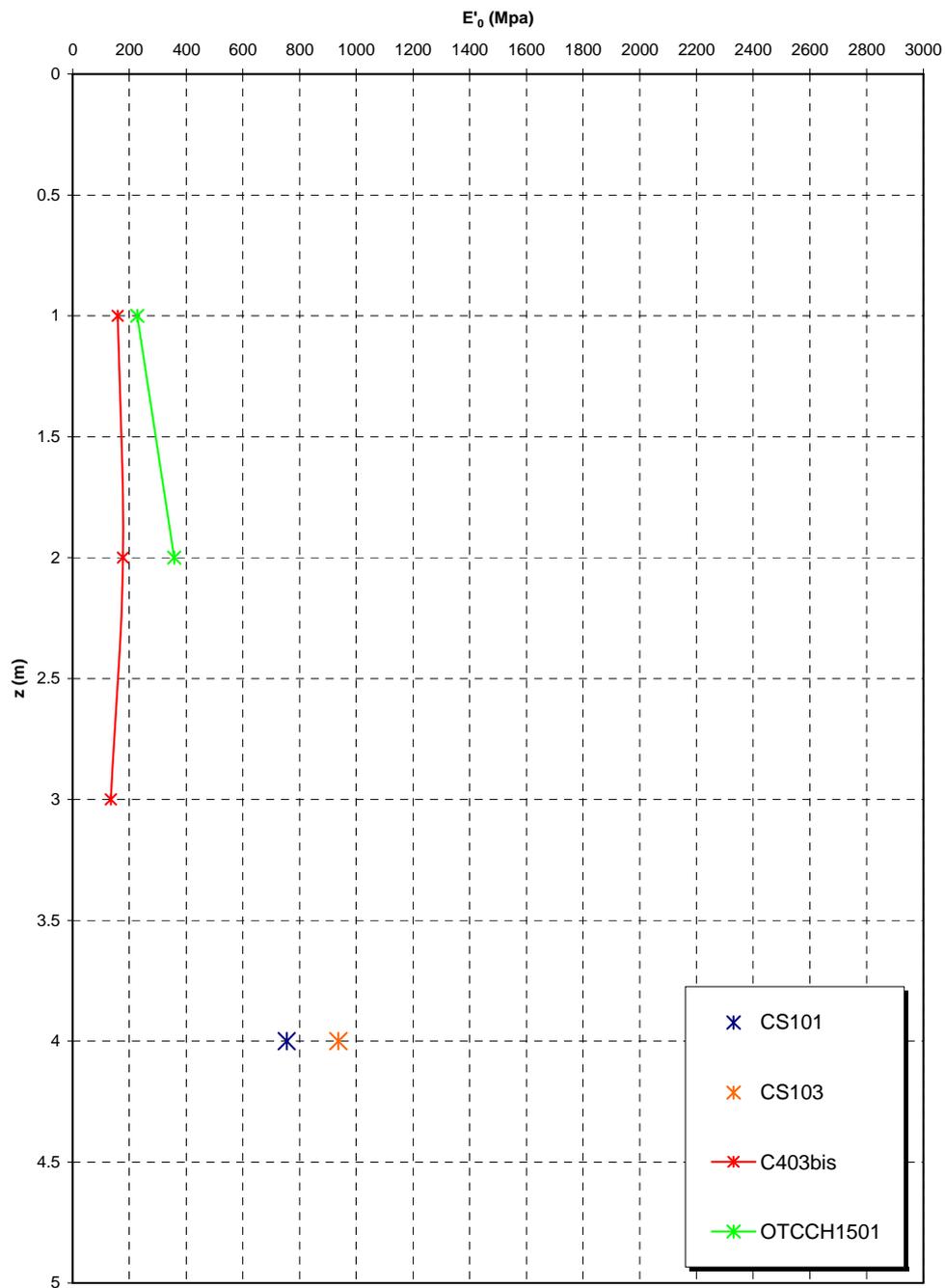
**Go spt - Tratta da Km 0 a 0+500**







**Prove sismiche  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Tratta 0+500m Rampe -**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 11.2.3 Trubi

In assenza di indagini locali per le caratteristiche granulometriche si fa riferimento alla caratterizzazione generale.

Per le caratteristiche fisiche della componente argillosa, si ha quanto di seguito riportato:

- Il **fuso granulometrico** (10 prove granulometriche) mostra che le caratteristiche sono tipiche di materiali a grana medio fine con percentuale media di ghiaia 10%, sabbia al 36%, limo al 38% ed argilla al 19%;
- Per quanto riguarda i **limiti di Atterberg** si ha  $W_n=32\%$ ,  $W_l=49\%$ ,  $W_p=29\%$ ,  $IP=20\%$
- Dalla carta di Casagrande la posizione prevalente corrisponderebbe a limi organici di medio - alta plasticità.
- Il peso di volume  $\gamma$  al quale si assegna un valore medio di circa 18-19 KN/m<sup>3</sup>

Per quanto riguarda la determinazione dello stato iniziale:

- **OCR:** è stato possibile stimare il grado di sovraconsolidazione ( $\approx 1.5$ ) a partire dall'edometrica che ha evidenziato uno stato di leggera sovraconsolidazione, imputabile al disturbo del campione;
- $e_o$  è stato stimato dalle prove edometriche di laboratorio: si è ottenuto un valore medio pari a 0.8;
- $k_o$  è stimabile sulla base della seguente espressione:

$$k_o = (1 - \sin \varphi') \cdot \sqrt{OCR}$$

essendo:

$\varphi'$  = angolo di attrito.

#### 11.2.3.1 Per i parametri di resistenza distinguiamo i parametri per due diversi approcci:

##### 1) Approccio come ammasso roccioso

L'interpretazione delle caratteristiche dell'ammasso parte dalla stima del parametro RMR'89 che è stato valutato sulla base di un rilievo effettuato su un affioramento.

Il parametro RMR'89 è risultato pari a 58. Il parametro GSI è quindi pari a 53.

I risultati che si otterrebbero, per  $GSI = 58$  sono riportati nella tabella, sia per le condizioni di resistenza di picco ("undisturbed rock mass") che per le condizioni di resistenza residua ("disturbed rock mass") per tensioni normali corrispondenti a profondità massime di circa 20m.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	Picco		Residuo	
$\sigma_n$ (Mpa)	$c'$ (MPa)	$\varphi'$ (°)	$c'$ (MPa)	$\varphi'$ (°)
0,19	0,14	46	0,09	36
0,37	0,19	40	0,13	30
0,56	0,24	37	0,17	26
0,74	0,28	34	0,20	24
0,93	0,32	32	0,23	22
1,11	0,36	30	0,26	21

## 2) Approccio come terreno coesivo a grana fine

Si hanno a disposizione prove di laboratorio su campioni prelevati fra 7m e 18m; le condizioni di rottura delle prove sono caratterizzate sia da  $\sigma'_2 = \sigma'_3$  che da  $\sigma'_2 \neq \sigma'_3$

Nel primo caso dall'interpretazione dei dati, nel range di pressioni di prova si ottengono i seguenti valori di resistenza di picco:

$$c'_{\text{picco}} = 0,09-0,1 \text{ MPa}$$

$$\varphi'_{\text{picco}} = 24^\circ \div 22^\circ$$

Per i valori di resistenza in condizioni di stato critico dall'interpretazione delle prove si ottiene:

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

$$\varphi'_{\text{cv}} = 27^\circ$$

Per la prova di laboratorio di taglio diretto su campione indisturbato in condizioni di rottura in cui  $\sigma'_2 \neq \sigma'_3$  si ha:

$$c'_{\text{picco}} = 0.035 \text{ MPa}$$

$$\varphi'_{\text{picco}} = 27^\circ$$

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

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

$$\varphi'_{\text{cv}} = 25^\circ$$

Per i valori di resistenza residui, in mancanza di dati, si possono prendere in prima approssimazione i valori minimi riscontrati per i valori di stato critico.

Per la resistenza in condizioni non drenate si hanno a disposizione 2 prove di laboratorio TXUU a 24m e 22m di profondità che forniscono un valore di 100 KPa e 200KPa circa che sottostimano il valore che ci si aspetterebbe forse a causa del probabile disturbo del campionamento .

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Vista l'esiguità del numero di prove si ritiene cautelativo assegnare all'ammasso i valori di resistenza ricavati nel secondo approccio.

### 11.2.3.2 Per le caratteristiche di deformabilità :

Dalla prova sismica effettuata nel sondaggio OTCCH1501 si ottengono valori di  $V_s$  tra 12 e 17m di profondità circa, compresi nel range 340÷480 m/s.

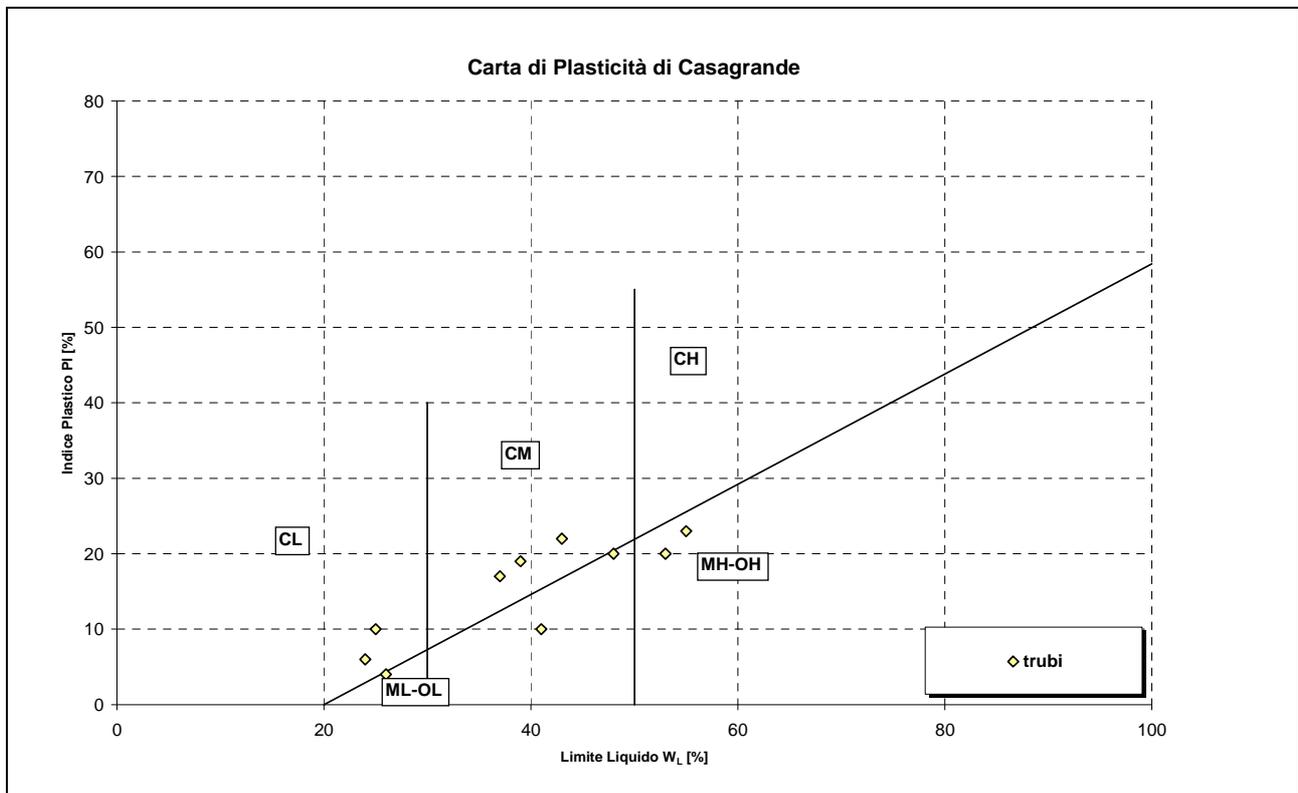
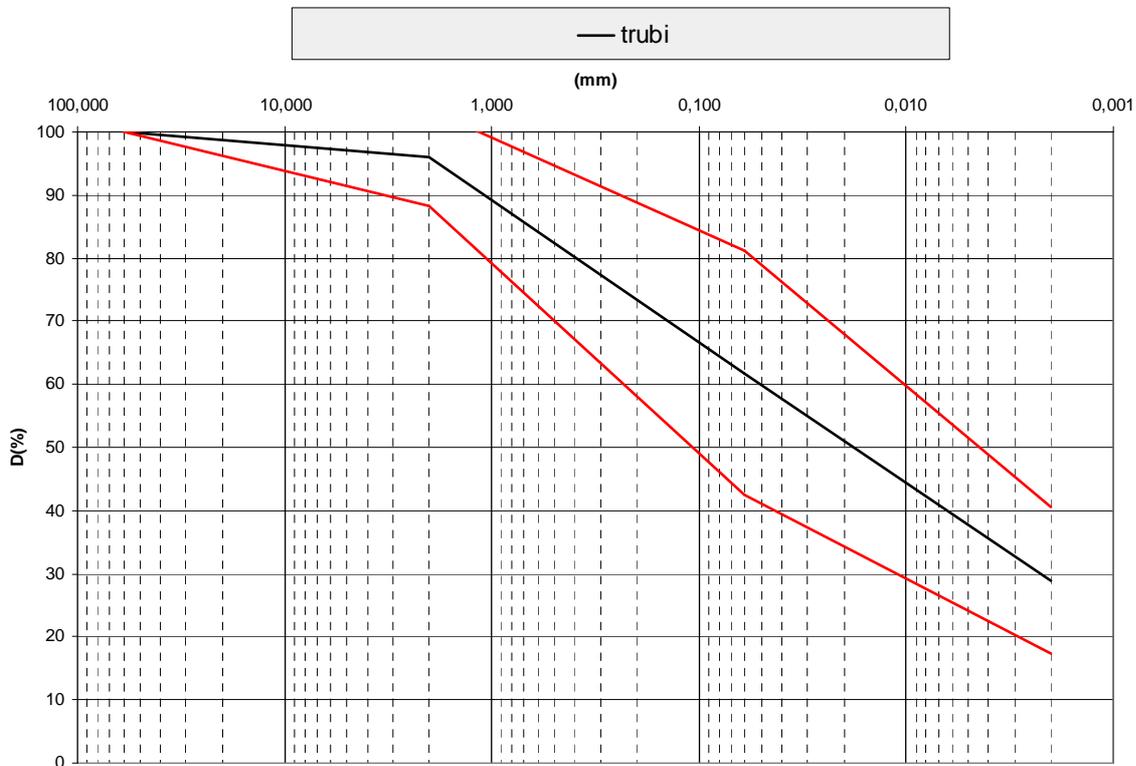
Il modulo elastico  $G_0$  corrispondente risulterebbe pari a 240÷460 MPa a cui corrisponderebbe un range di valori  $E' = 130 \div 270$  MPa relativi rispettivamente a  $1/5 \div 1/10 E'_0$  ed a  $1/3 E'_0$ .

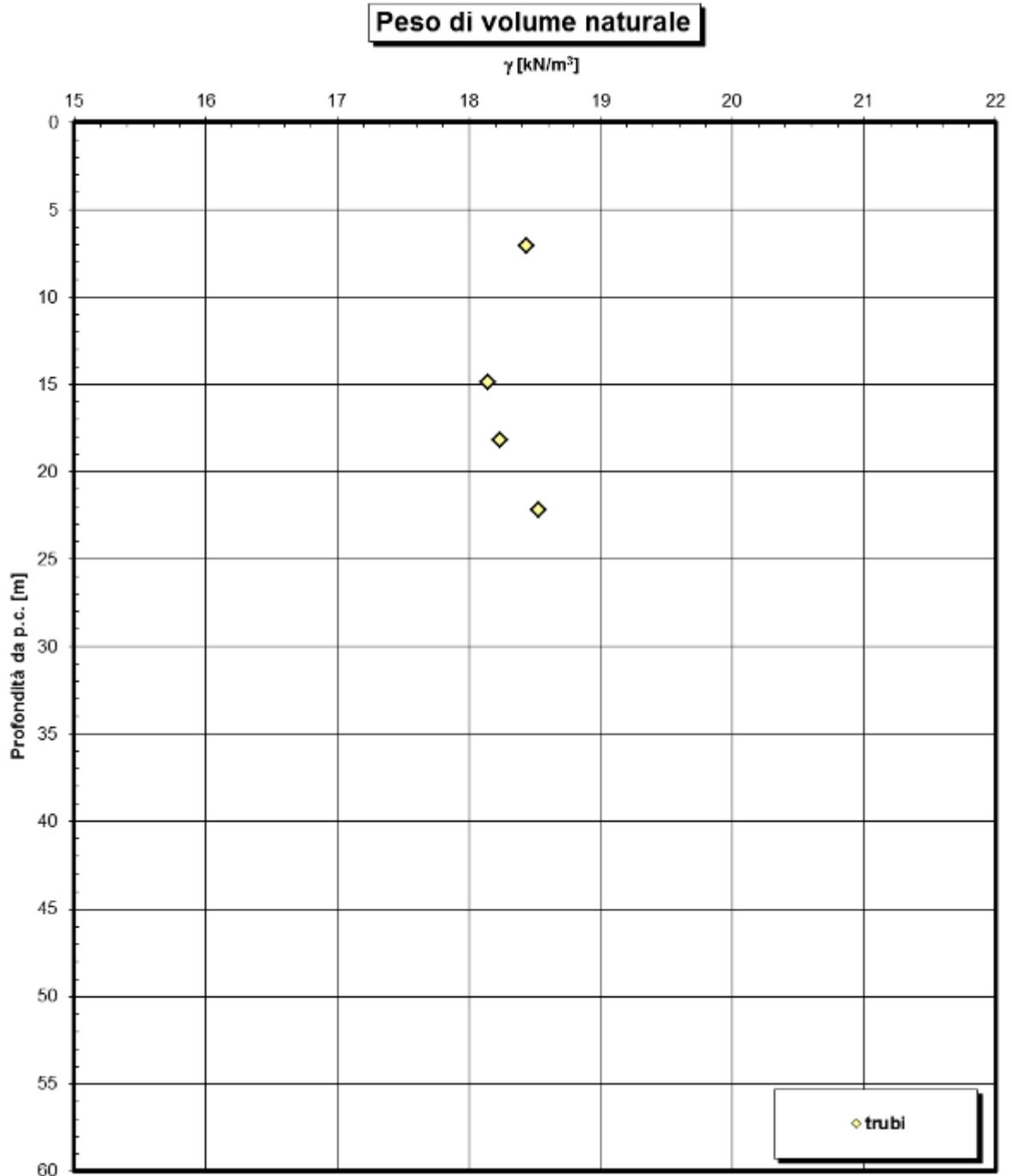
Dalle prove pressiometriche effettuate si ottiene un valore medio del modulo (di primo carico) pari a circa 135 MPa, variabile tra 40 e 235 MPa per profondità fra 7m e 25m da piano campagna.

Sulla base di quanto presentato e discusso nella tabella seguente vengono riassunti i parametri medi caratteristici.

$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	18÷19
$c'_{\text{picco}}$ (kPa)	35-90
$\phi'_{\text{picco}}$ (°)	27°-22°
$C_{cv}'$ (kPa)	0
$\phi_{cv}'$ (°)	25°-27°
OCR	OCR=8-0.18 z
$k_o$ (-)	$1 - \sin \phi' \text{ OCR}^{0.5}$
Cu (KPa)	100-200
$V_s$ (m/sec)	$V_s = 280 \cdot (z)^{0.2}$
$G'_0$	$G'_0 = 3000 \cdot p_a \cdot \left( \frac{p'_o}{p_a} \right)^{0.50}$
$E' *$	130÷270 MPa
$\nu'$ (-)	0.2
K(m/s)	$10^{-7}$

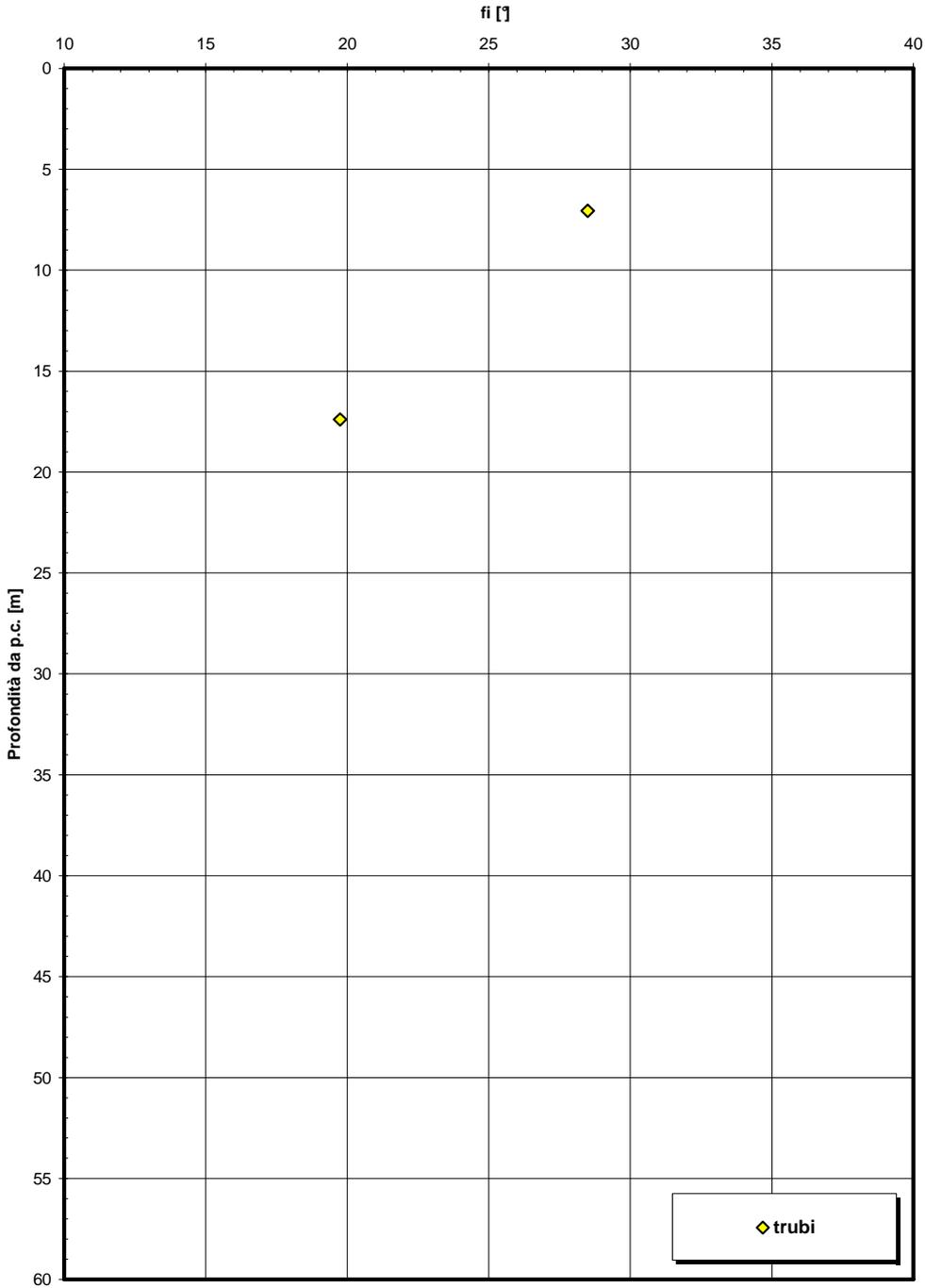
\*  $E'$  = modulo di Young "operativo"; \* = si considerano valori nel range per fronti di scavo sostenuti, opere di sostegno tirantate o puntonate; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.



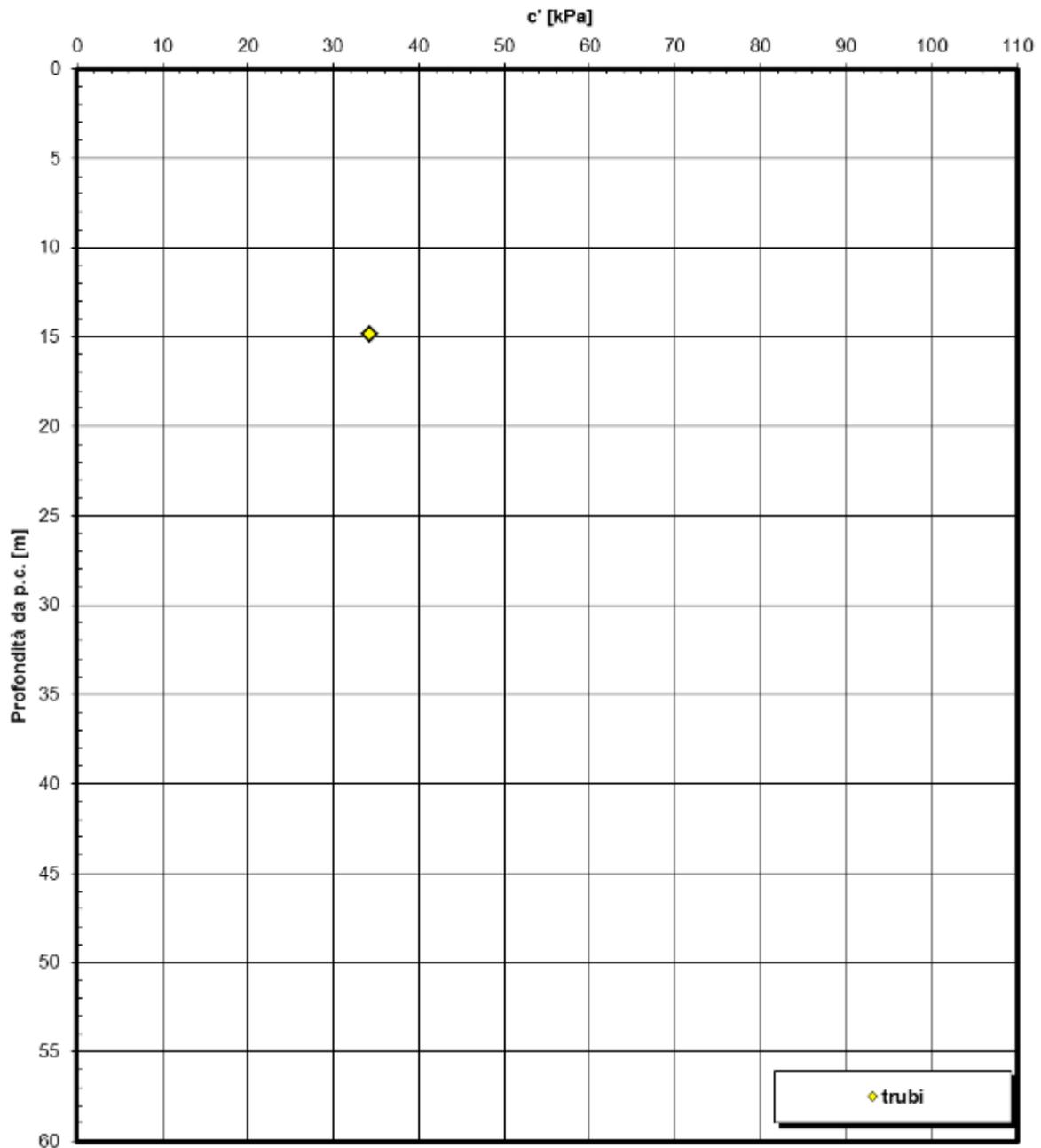


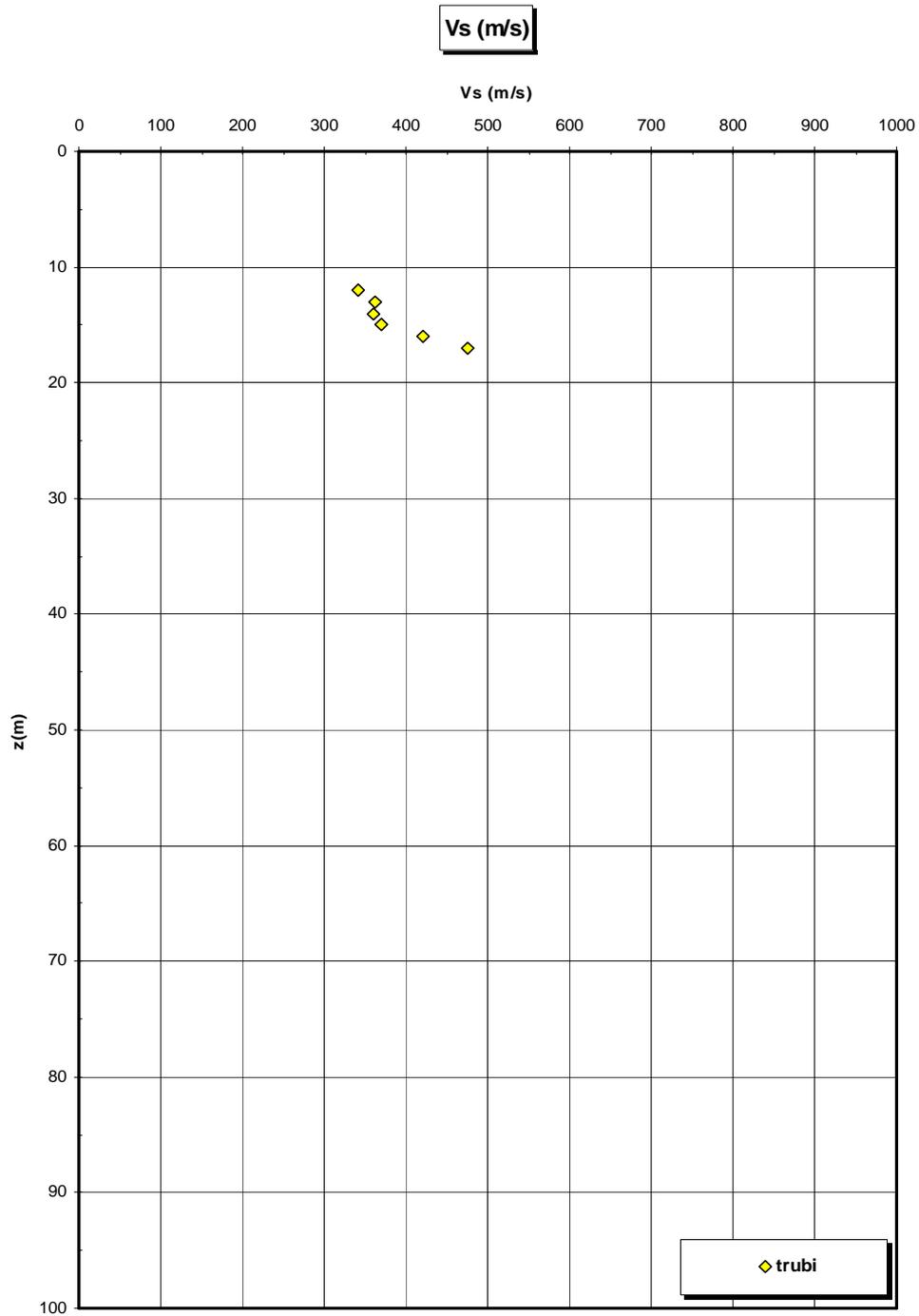
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

**Angolo di resistenza al taglio da prove consolidate drenate CID**

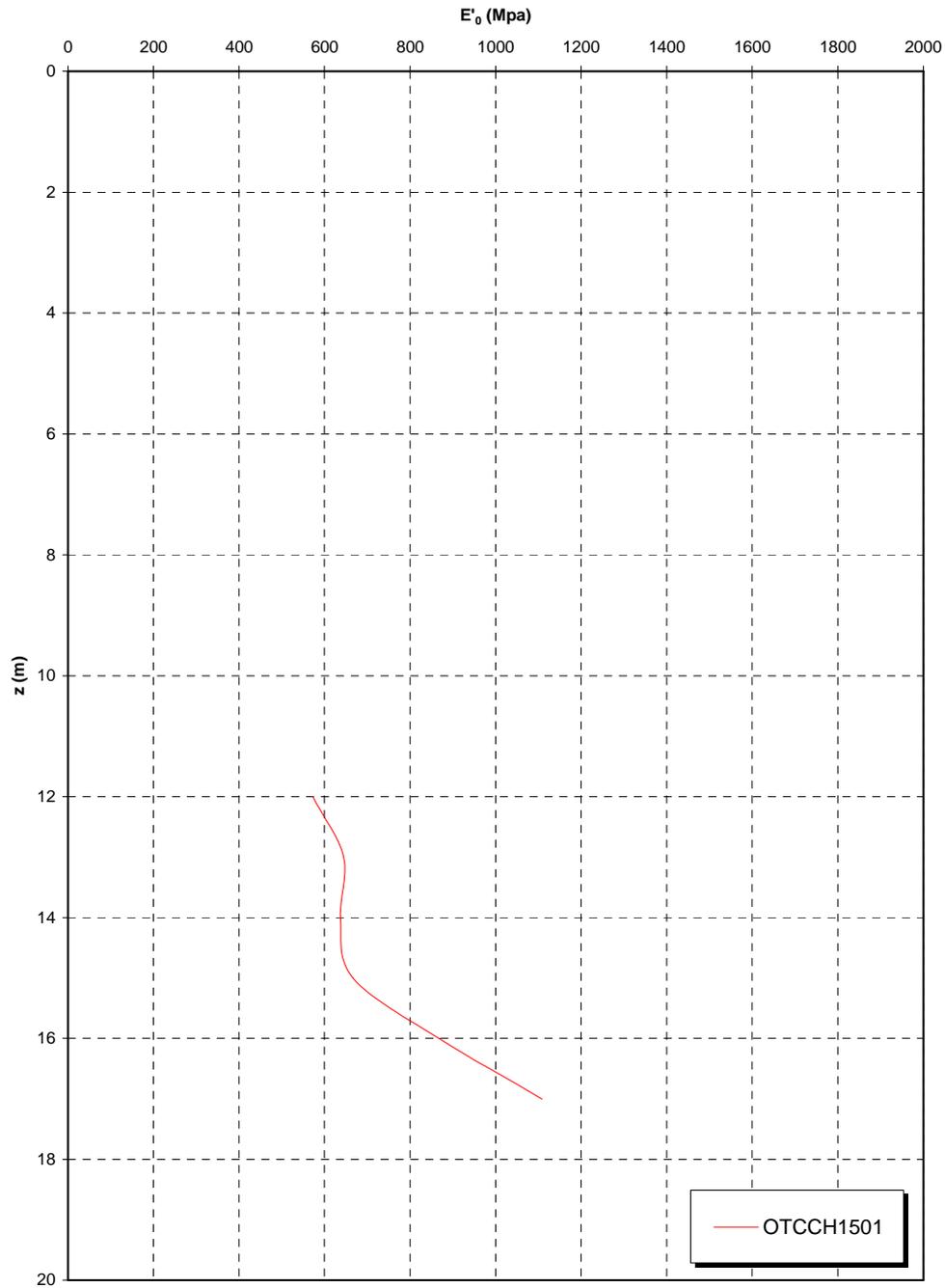


**Coesione efficace da prove di taglio diretto**





**Prove sismiche  
TRUBI**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11.3 CABINA RAMPA N1

### Descrizione delle litologie prevalenti

Le litologie prevalenti sono costituite dalla formazione del Depositi terrazzati marini, Conglomerato di Pezzo.

Depositi terrazzati marini: sono rappresentati da depositi marini sabbiosi e sabbioso ghiaiosi fortemente pedogenizzati in prossimità della superficie. I depositi dei terrazzi marini rappresentano terre da sciolte a debolmente coesive con cementazione da debole ad assente.

L'età attribuibile ai terrazzi cartografati nell'area di intervento copre l'intervallo Pleistocene medio-superiore.

Il Conglomerato di Pezzo, di età tortoniana, è la litologia stratigraficamente più bassa della successione sedimentaria. La sua potenza è superiore ai 200 m.

Il conglomerato è composto prevalentemente da clasti di graniti e gneiss cementati in matrice prevalentemente composta da frazioni arenacee fini e limose.

Le dimensioni dei clasti sono eterogenee e variabili da pochi mm fino a blocchi superiori al metro, interpretati come grossi trovanti inglobati nel conglomerato.

Negli affioramenti la formazione presenta un aspetto litoide con scarpate stabili.

Il Conglomerato di Pezzo ha quindi generalmente caratteristiche assimilabili a quelle di rocce tenere.

Per la caratterizzazione sismica del suolo nella zona in esame si hanno poche prove sismiche: in alcune subtratte si dispone dei sondaggi C403bis e C423bis che forniscono una categoria pari a **B**.

### Indagini previste

Si considerano i sondaggi e le prove disponibili nelle zone in esame e quelle adiacenti.

#### Depositi terrazzati marini

Si considerano i sondaggi della caratterizzazione generale.

- prove SPT (CS102, OTCLPT505, OTCLPT503, OTCCH1501)
- 3 prove sismiche (CS101, CS103, OTCCH1501)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici

#### Conglomerato di Pezzo

- prove di carico su piastra (campagna di indagine 1988 – pozzo P2500)
- 3 prove sismiche (CS103, C423BIS, OTCCH1501)
- Prove pressiometriche e dilatometriche (C403BIS, C404, C423, C423BIS, OTCSPT504, OTCLPT2503)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

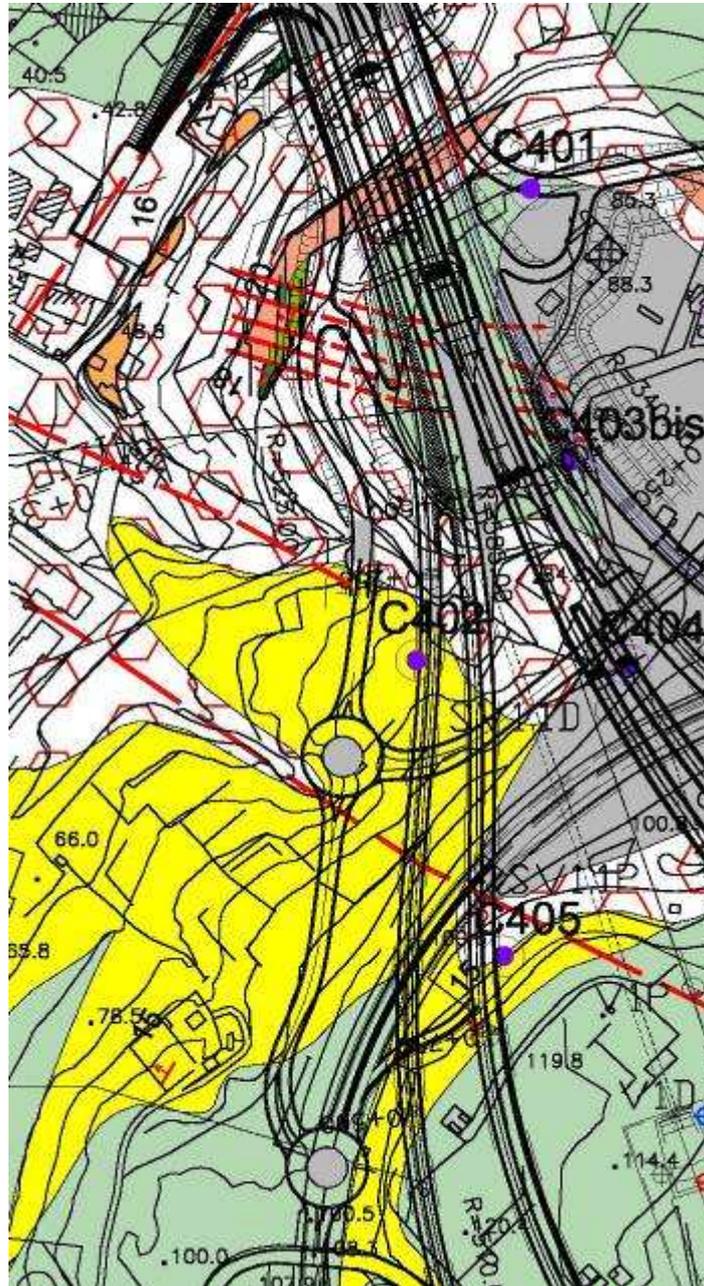
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici e meccanici (CS103, FCBH1512, OTCLPT1505, FCCH2509, OTCSPT504, FCBH1501, OTCLPT2503)

#### Caratterizzazione geotecnica

Per i criteri e per gli aspetti generali di caratterizzazione si rimanda a quanto riportato nella relazione Elab. CG0800PRBDCSBC8G000000001A.

Stratigrafia media	prof. (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	$c'$ (Kpa)	E (MPa)	K (m/s)
Depositi marini terrazzati	0- 0.5/2,5	17÷21	37÷38	0	16-40/64-160 (5-10m)	10 <sup>-5</sup> ÷10 <sup>-6</sup>
Conglomerato di Pezzo	> 0.5/2.5	21÷23	38÷42	0-100 (0-20m)	150 -300 (0-20m) 300-500 (20 - 35m) 500-900 (35 - 65m)	10 <sup>-7</sup>
<b>Falda</b>	-15m dal p.c.					

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 11.3.1 Conglomerato di Pezzo

Per quanto riguarda gli spezzoni di roccia o di conglomerato prelevati nei sondaggi il peso di volume totale  $\gamma$  è risultato mediamente pari a 23 kN/m<sup>3</sup> con i valori più bassi di 20 -21 kN/m<sup>3</sup> rappresentativi degli spezzoni conglomeratici:

Per lo stato iniziale poiché la litologia in esame è quella, della successione sedimentaria, più vecchia, è difficile tenere in conto in modo sintetico della storia tensionale del deposito che è stato caratterizzato da fenomeni di preconsolidazione e cementazione. La stima può in prima approssimazione essere effettuata: considerando un età di almeno 10 milioni di anni, che  $K_{oc}=0.35\div 0.5$  ( $\phi'=30^\circ\div 40^\circ$ ) e che  $K_{oc}=0.5\div 0.6$ , tenendo dell'erosione (si stima un fattore minimo pari a 1.4 corrispondente ad OCR=2) ed infine considerando gli effetti di "aging" con la correlazione di (Mesri (1989)), si ottiene un valore compreso approssimativamente fra 0.7 e 0.9.

Per i parametri di resistenza al taglio nell'ambito dello strato superficiale più alterato ( $z<25\div 30m$ ), si fa riferimento alla caratterizzazione geotecnica generale che si basa sull'esito delle prove di carico su piastra, ritenute maggiormente rappresentative del comportamento d'insieme dell'ammasso: si considerano quelle ubicate in prossimità del blocco di ancoraggio lato Calabria (campagna di indagine 1988 – pozzo P2500) ed al proposito si è ripreso lo studio effettuato nel Progetto preliminare ("Le basi del progetto – Geotecnica" – Elab. PP2RA24) (Vd.Elabor. CG0800PRBDCSBC8G000000001A).

In corrispondenza di un valore medio di  $\phi'=40^\circ$  (ottenuto anche da prove pressiometriche) i valori di  $c'$  ottenuti variano linearmente, tra 0 e circa 25m di profondità, da 0 a 100 KPa circa.

La resistenza a compressione monoassiale ottenuta invece da prove di laboratorio LPT ha fornito valori molto variabili da qualche MPa ad un max di 30-40MPa.

Per i parametri di deformabilità nel contesto in esame le simiche di riferimento sono C403, C423bis, OTCCH1501 che evidenziano una certa variabilità; si può porre:  $G_0=400-800$  MPa e quindi  $E_0=960-1920$ MPa.

Le pressiometriche nei fori C403bis (carico), C404 (carico e scarico-ricarico), C423 (carico e scarico-ricarico), C423bis (carico), OTCSPT504 (scarico-ricarico) forniscono un range di valori variabilissimo fra 15m e 35m di profondità compreso fra 75 e 220 MPa, mediamente pari a 150 MPa .

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E  VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Facendo riferimento all'esito delle prove sismiche ed al valore medio dei valori scaturiti dalle prove dilatometriche e pressiometriche si ritiene che il range  $E'=150\div 300$  MPa, nei primi 20m di spessore del Conglomerato di Pezzo, possa considerarsi adeguato per la tratta in esame.

In particolare il valore minimo di  $E'=150$  MPa si ritiene mediamente rappresentativo del contesto geotecnico in esame in cui sono previste opere che mobilitano medie e grandi deformazioni.

**CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE**

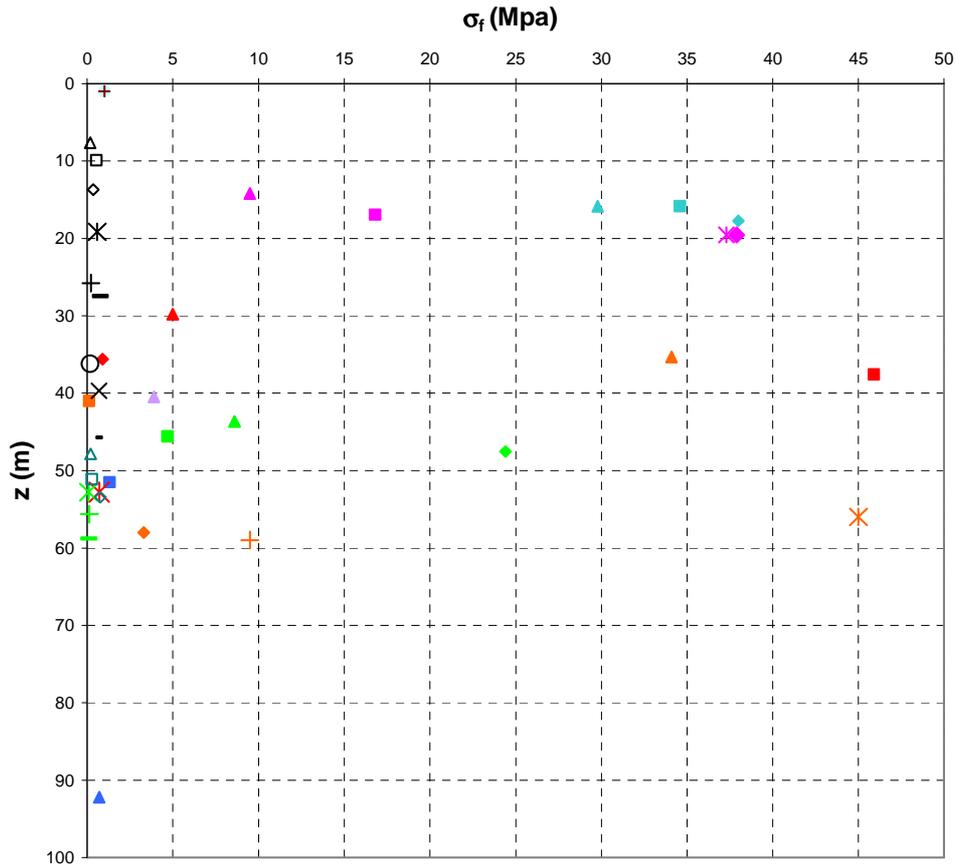
Codice documento  
CS0727\_F0

Rev  
F0

Data  
20/06/2011

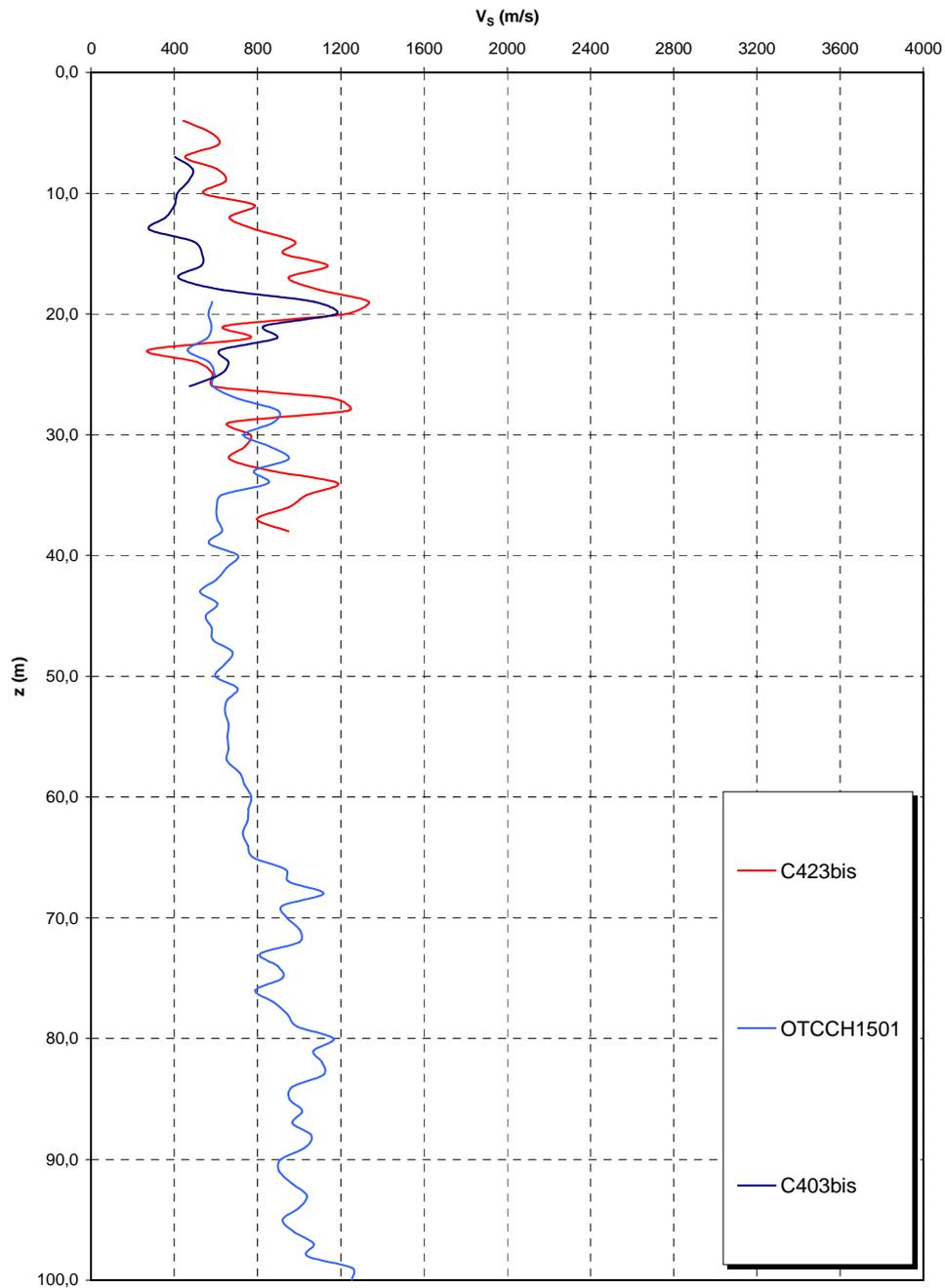
SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )
FCBH6	4-1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	50,65	26,60	26,60
FCBH6	4-2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	51,00	26,50	26,50
FCBH6	5-1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	56,00	23,40	23,20
FCBH6	5-2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	56,50	23,40	23,20
CS103	4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	14,20	26,00	25,90
CS103	5	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	16,95	25,60	25,50
CS103	6-1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19,55	26,50	26,40
CS103	6-2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19,55	26,50	26,40
CS102	1-1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15,85	26,6	26,5
CS102	1-2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	15,85	26,6	26,5
CS102	2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	17,75	26,3	26,2
FCBH1512	10	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	35,3	26,5	
FCBH1512	16	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	41	22,8	
FCBH1512	4NK3	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58,00	24,57	
FCBH1512	28	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	56,00	25,93	
FCBH1512	30	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	59,00	24,50	
OTCLPT1505	C4	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	40,50	24,40	
FCCH2509	C9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	92,20	24,00	
FCCH2509	C11	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	51,50	23,65	
OTCSPT504	C16	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	29,80	23,20	
OTCSPT504	C17	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	37,60	26,70	
OTCSPT504	C18	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	35,60	20,70	
OTCSPT504	C24	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	52,80	21,87	
FCBH1501	1	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	43,65	21,58	
FCBH1501	2	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	45,60	21,63	
FCBH1501	3	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	47,55	23,61	
FCBH1501	7	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	52,80	20,71	
FCBH1501	9	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	55,62	19,96	
FCBH1501	11	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58,80	21,31	
OTCLPT2503	1L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	7,67	20,9	
OTCLPT2503	2L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	9,93	22,68	
OTCLPT2503	4L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	13,70	21,2	
OTCLPT2503	6L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	19,17	20,4	
OTCLPT2503	8L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	25,80	21,82	
OTCLPT2503	9L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	27,48	22,68	
OTCLPT2503	12L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	36,20	19,51	
OTCLPT2503	13L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	39,69	21,67	
OTCLPT2503	15L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	45,72	23,05	
OTCLPT2503	16L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	47,83	22,49	
OTCLPT2503	17L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	51,10	21,76	
OTCLPT2503	18L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	53,44	22,79	
OTCLPT2503	19L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	55,53	20,7	
OTCLPT2503	20L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58,05	22,37	
FCCH2509	5L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	34,40	21,80	
FCCH2509	6L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	35,60	19,00	
FCCH2509	8L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	40,50	20,90	
FCCH2509	11L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	50,30	20,18	
FCCH2509	13L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	58,00	21,24	
FCCH2509	15L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	64,70	22,11	
FCCH2509	16L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	71,10	20,53	
FCCH2509	17L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	73,40	21,88	
FCCH2509	18L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	74,50	20,83	
FCCH2509	19L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	75,80	21,95	
FCCH2509	21L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	84,00	21,18	
FCCH2509	23L	Rampa D 0-0+500 / Rampa C 0-0+500 / Rampa A 0-0+500 / ferrovia	92,80	20,73	

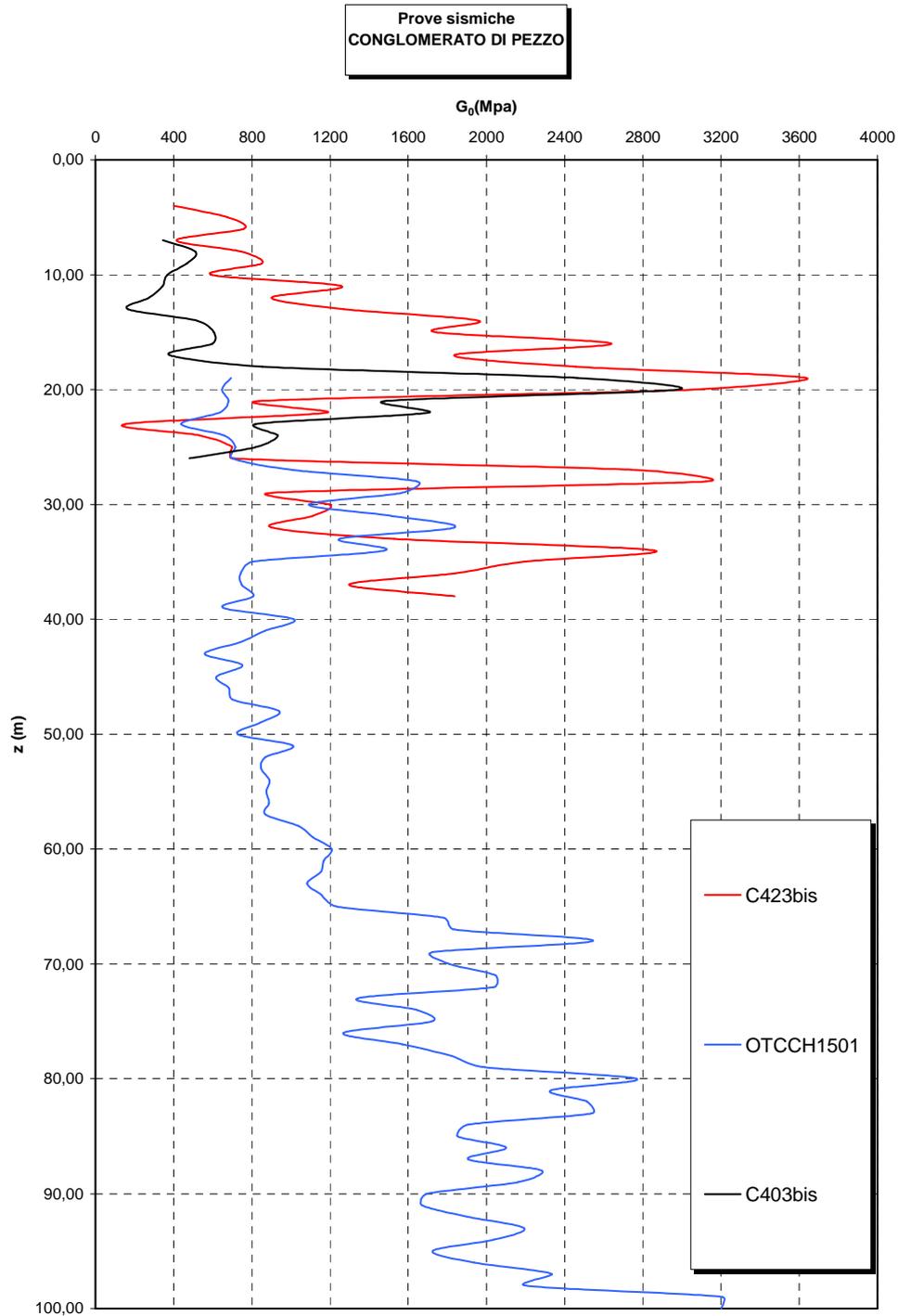
**Prove di schiacciamento - LPT-  
CONGLOMERATO DI PEZZO**



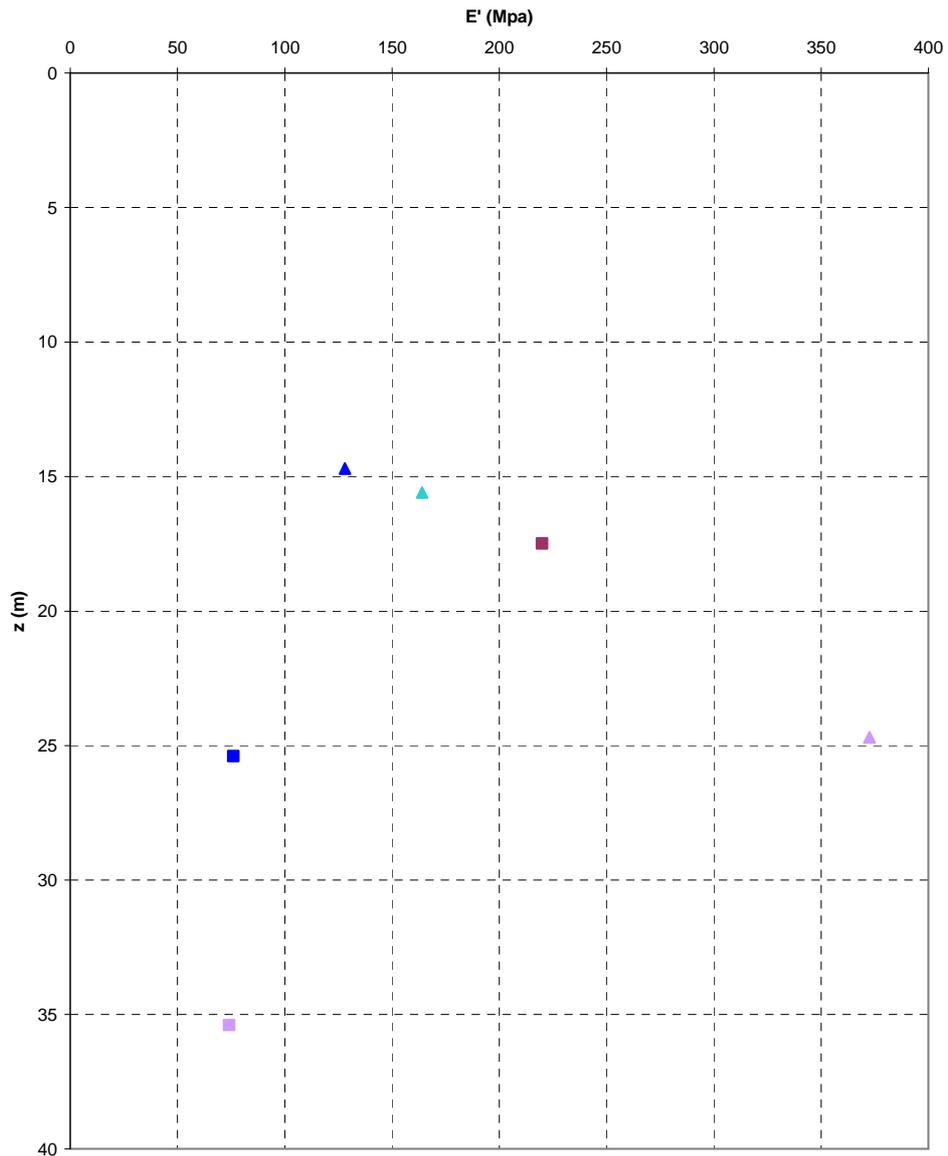
▲ CS103_4	■ CS103_5	◆ CS103_6-1	✖ CS103_6-2
▲ CS102_1-1	■ CS102_1-2	◆ CS102_2	▲ FCBH1512_10
■ FCBH1512_16	◆ FCBH1512_4NK3	✖ FCBH1512_28	+ FCBH1512_30
▲ OTCLPT1505_C4	▲ FCCH2509_C9	■ FCCH2509_C11	▲ OTCSPT504_C16
■ OTCSPT504_C17	◆ OTCSPT504_C18	✖ OTCSPT504_C24	▲ FCBH1501_1
■ FCBH1501_2	◆ FCBH1501_3	✖ FCBH1501_7	+ FCBH1501_9
- FCBH1501_11	▲ OTCLPT2503_1L	□ OTCLPT2503_2L	◆ OTCLPT2503_4L
✖ OTCLPT2503_6L	+ OTCLPT2503_8L	- OTCLPT2503_9L	○ OTCLPT2503_12L
✖ OTCLPT2503_13L	- OTCLPT2503_15L	▲ OTCLPT2503_16L	■ OTCLPT2503_17L
◆ OTCLPT2503_18L			

**Prove sismiche  
CONGLOMERATO DI PEZZO**



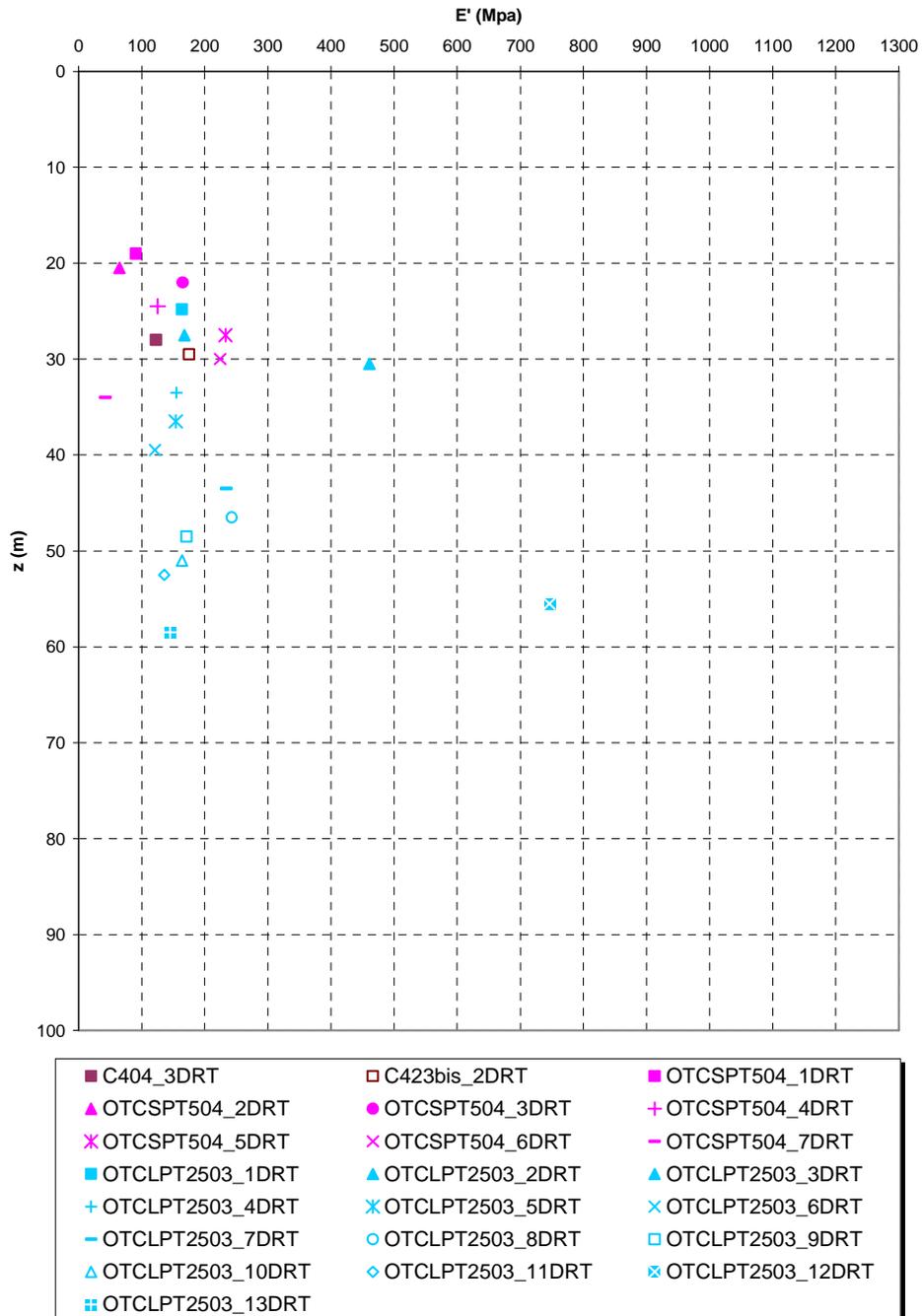


**Prove pressiometriche  
CONGLOMERATO DI PEZZO**



▲ C403bis\_1MPT ■ C403bis\_2MPT ■ C404\_2MPT ▲ C423\_1MPT ▲ C423bis\_1MPT ■ C423bis\_2MPT

**Prove dilatometriche  
CONGLOMERATO DI PEZZO**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11.4 Depositi terrazzati marini

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche l'andamento del fuso evidenzia che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 30%), sia di materiali intermedi (sabbie 50%). Il contenuto di fino è mediamente del 17%.

Con riferimento al fuso medio si ha:

- Il valore di  $D_{50}$  è pari a 0.5mm
- Il valore di  $D_{60}$  è pari a 1.0 mm
- Il valore di  $D_{10}$  è pari a 0.008 mm

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

Da letteratura si hanno a disposizione i valori di  $\gamma_{dmax}$  e  $\gamma_{dmin}$  pari rispettivamente a 18.8 e 15.7 kN/m<sup>3</sup>

Per lo stato iniziale si ha:

- **Dr**: i valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con il fattore correttivo  $C_{sg}=0.85$  corrispondente al  $d_{50}=0.5mm$
- **$e_o$** : a partire dal  $d_{50}$  stimato si ottiene di  $e_{max}-e_{min}$  pari a 0.35. 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 ai valori di  $e_o$  da  $\gamma_s$  si può stimare  $\gamma$ .
- **$K_0$** : si considera la relazione di Jaky.

z(m)	Dr(%) Prevalente sabbiosa	Dr(%) Sabbie e ghiaie	$\gamma_d(KN/m^3)$	$K_0$
<b>0-10</b>	<b>60-70</b>	-	<b>17-21</b>	<b>0.3-0.4</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 circa 40°.

z(m)	$\phi'_p$ (pff=0-272KPa) (°)	$\phi'_{cv}$ (°)
<b>0-10</b>	<b>38-43</b>	<b>33-35</b>

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

valori operativi:

$c_p' = 0$  kPa = coesione apparente

$\varphi_p' = 37^\circ - 38^\circ$  =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

$\varphi_r' = 33^\circ - 35^\circ$  =angolo di resistenza al taglio

Per le caratteristiche di deformabilità dalle prove sismiche in foro (CS101, CS103, C403bis) si ottengono valori di  $G_0$  molto variabili.

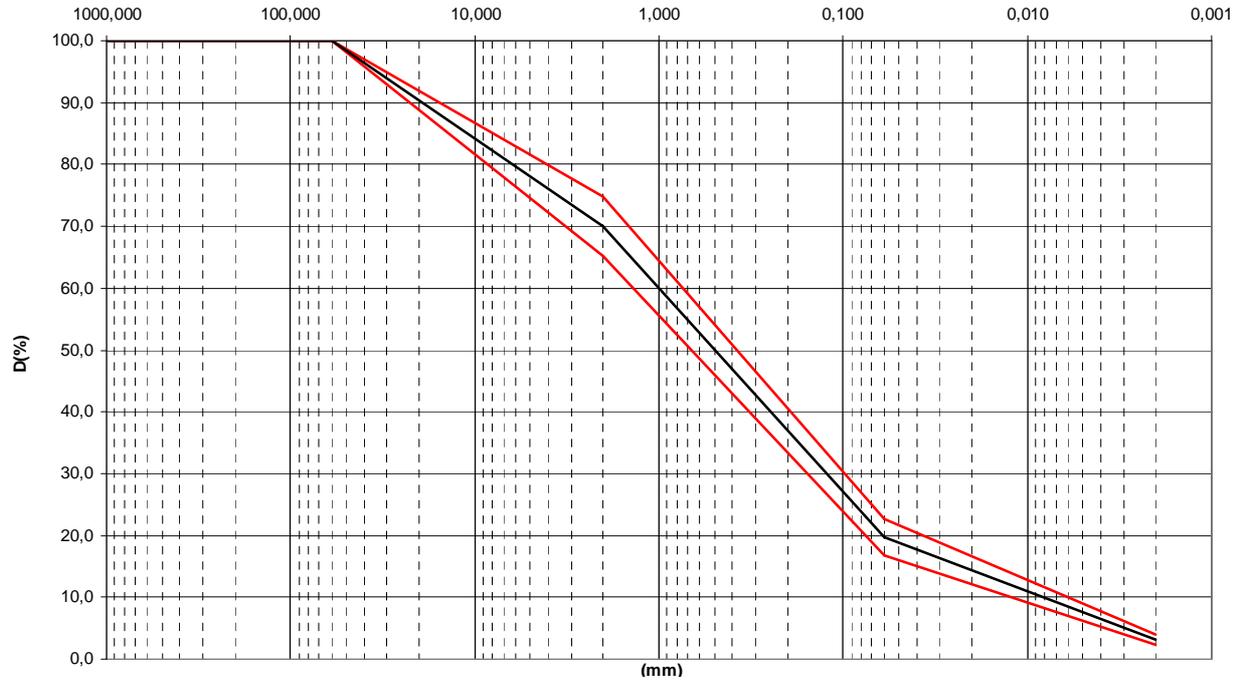
In base ai valori dalle prove SPT e dalle sismiche si ha:

z(m)	G0(MPa)	E0(MPa)	E'(MPa)
<b>0-10</b>	<b>50-200</b>	<b>120-480</b>	<b>16-40 / 64-160</b>

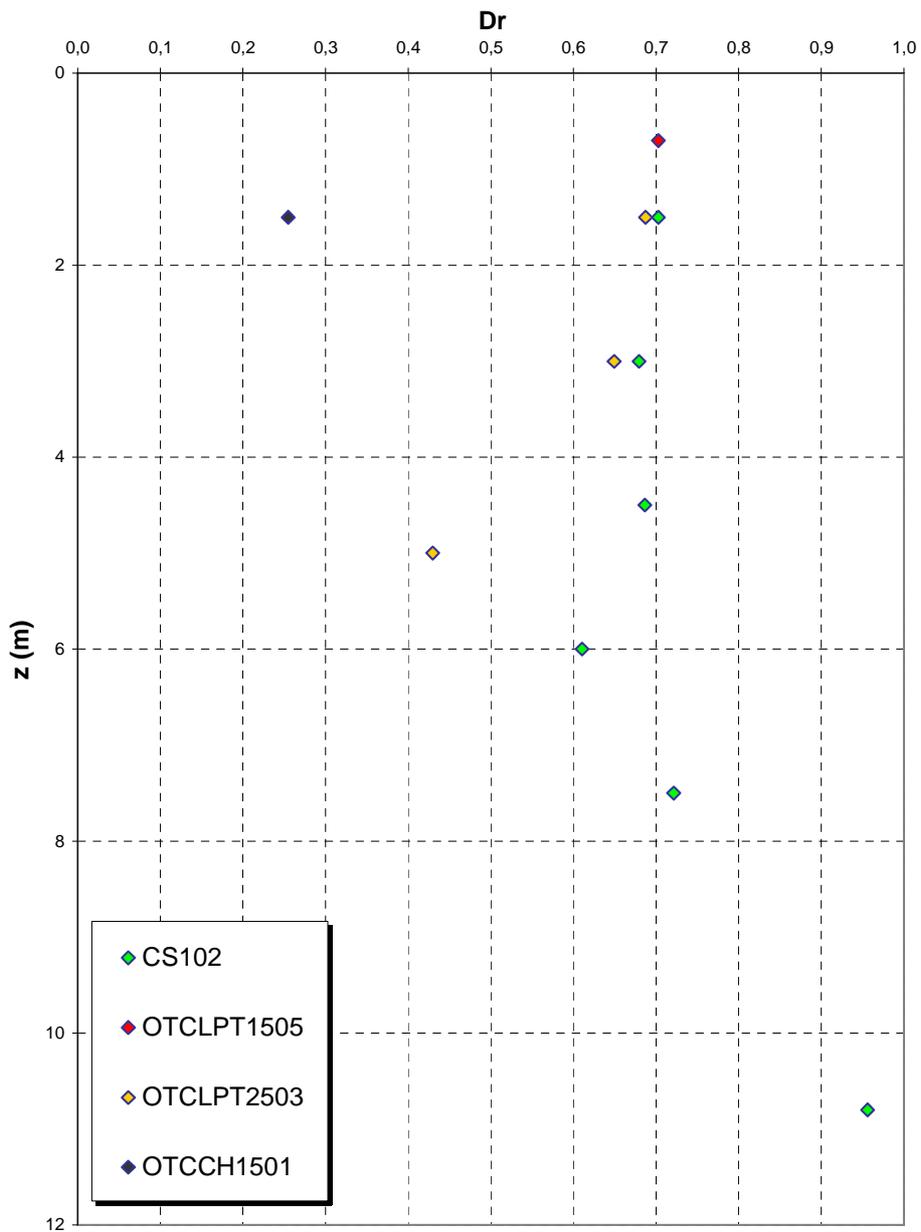
con  $E'$  pari

rispettivamente a circa 1/5-1/10 (medie e piccole deformazioni) ed a 1/3 (piccole deformazioni) di quelli iniziali.

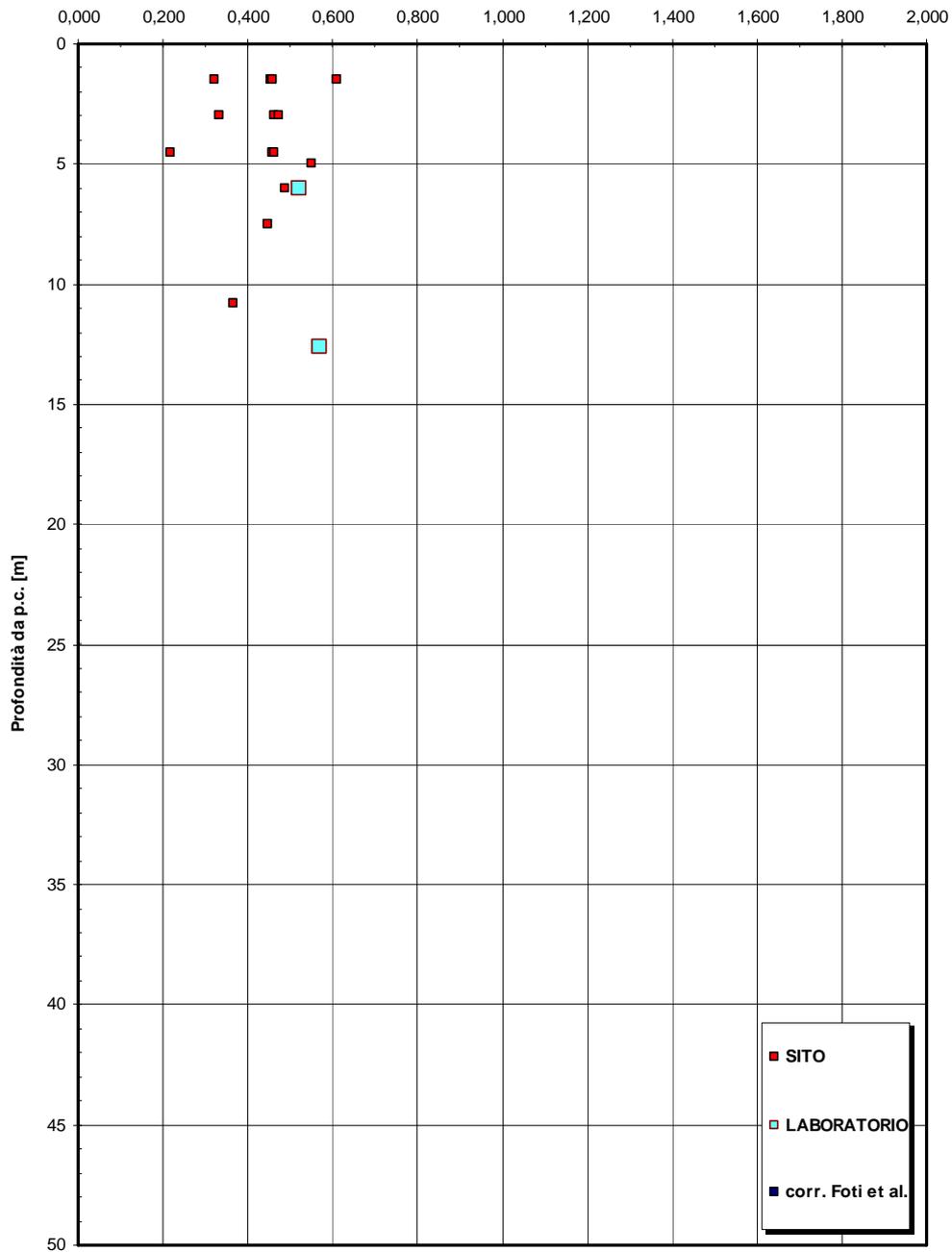
**Depositi terrazzati marini**



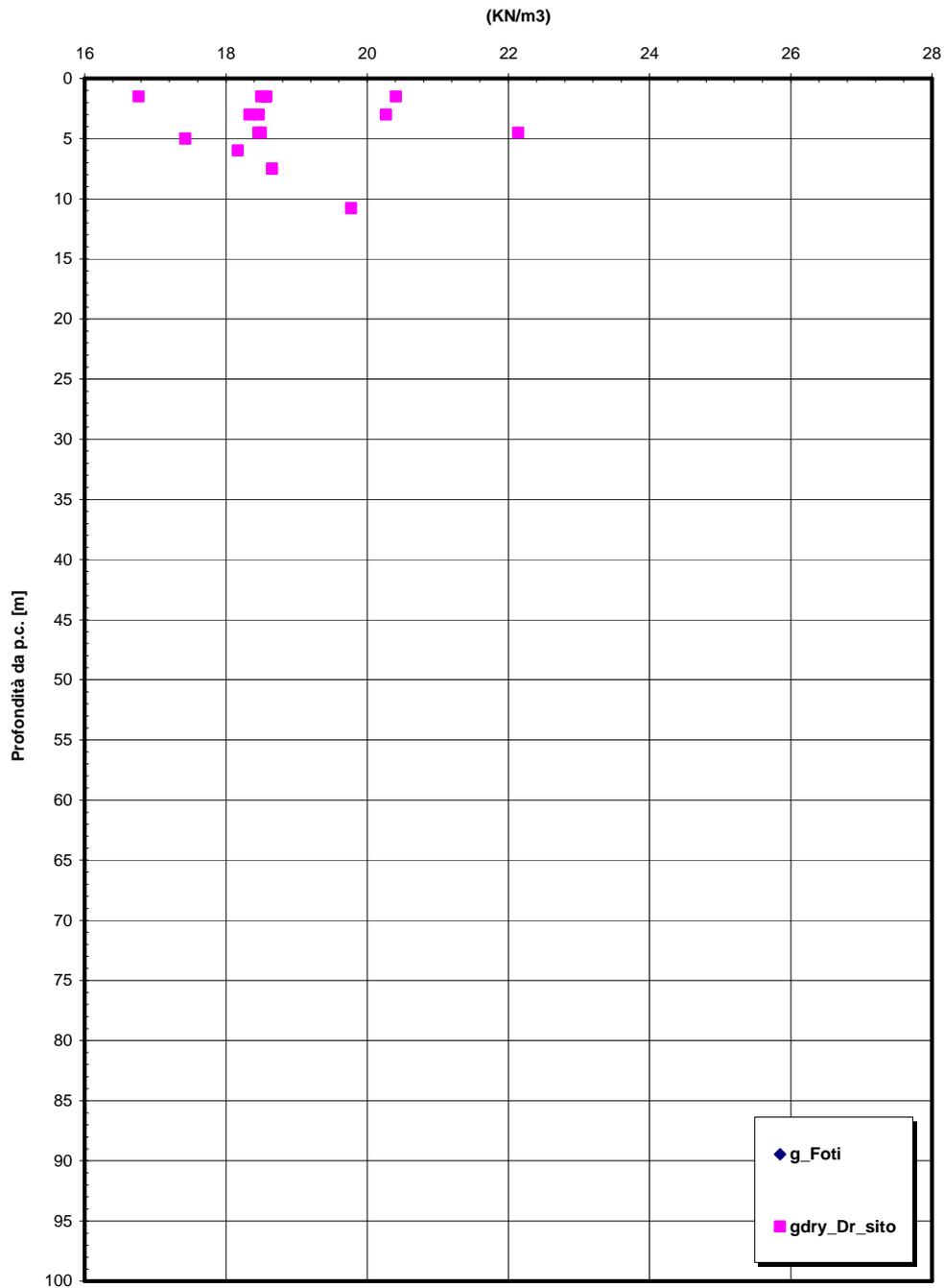
**Dr Skempton (1986)  
Componente sabbiosa prevalente  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Tratta da Km 0 a 0+500 -**



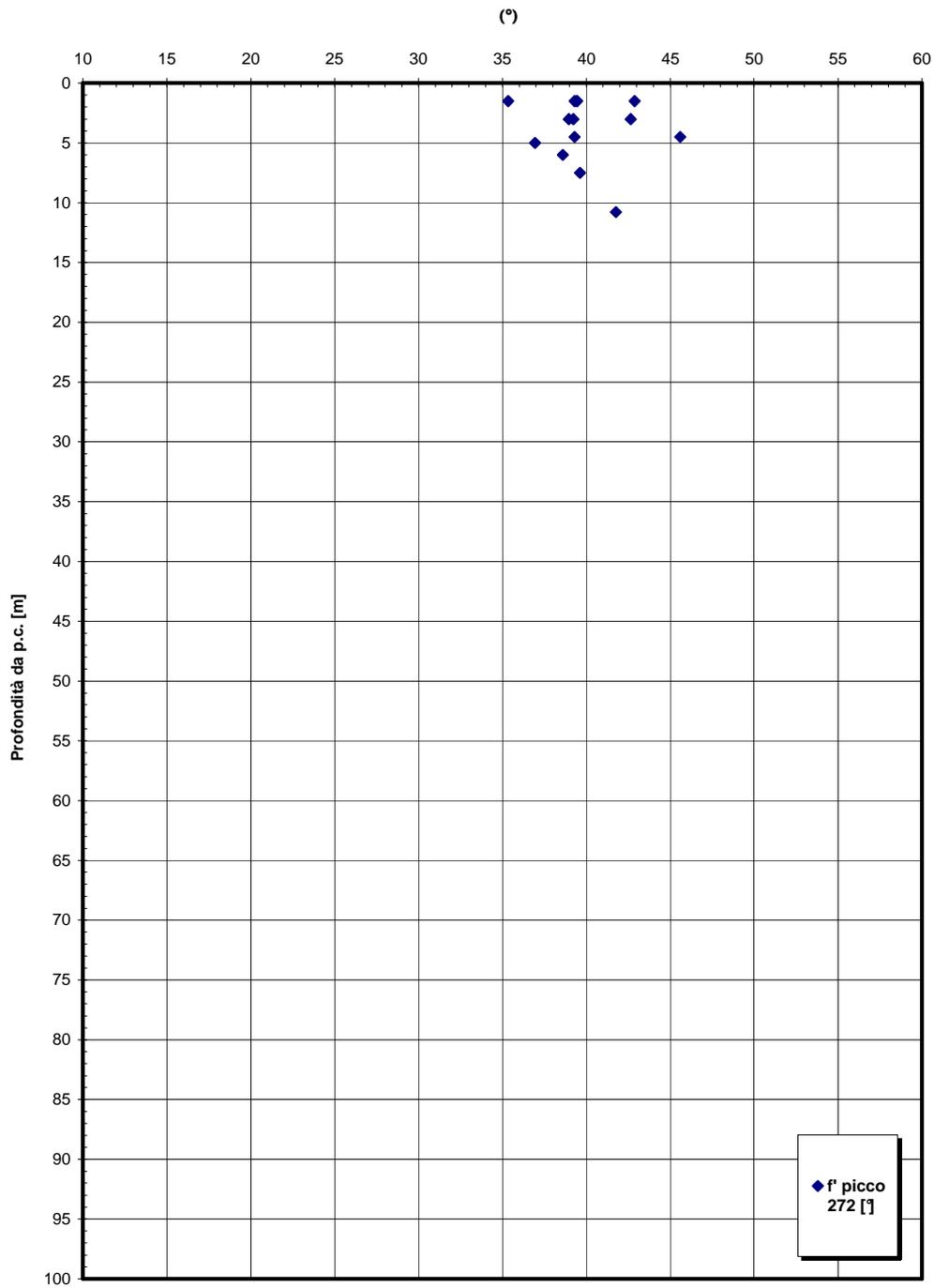
**eo – Tratta da Km 0 a 0+500**



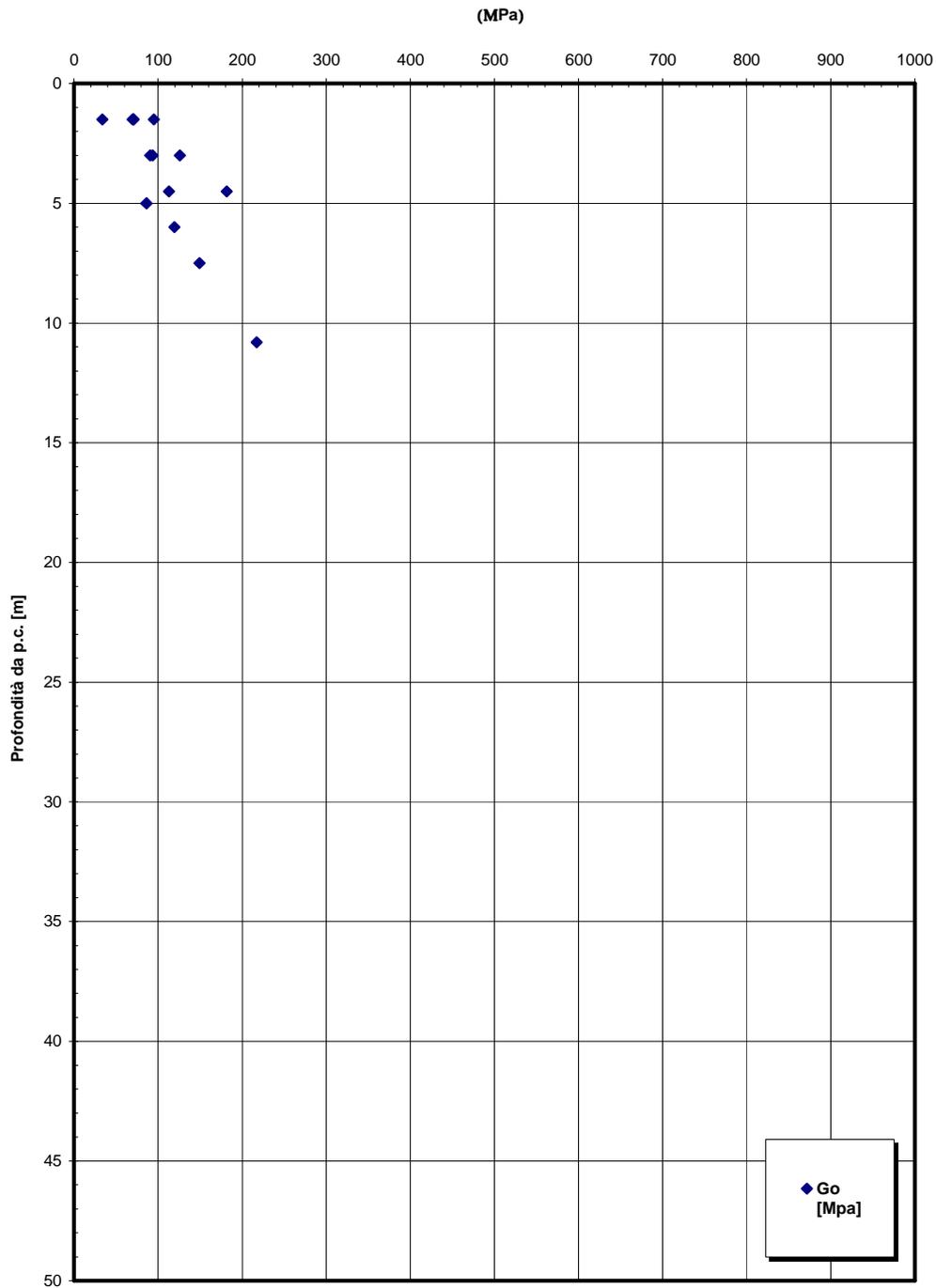
**$\gamma$  - Tratta da Km 0 a 0+500**

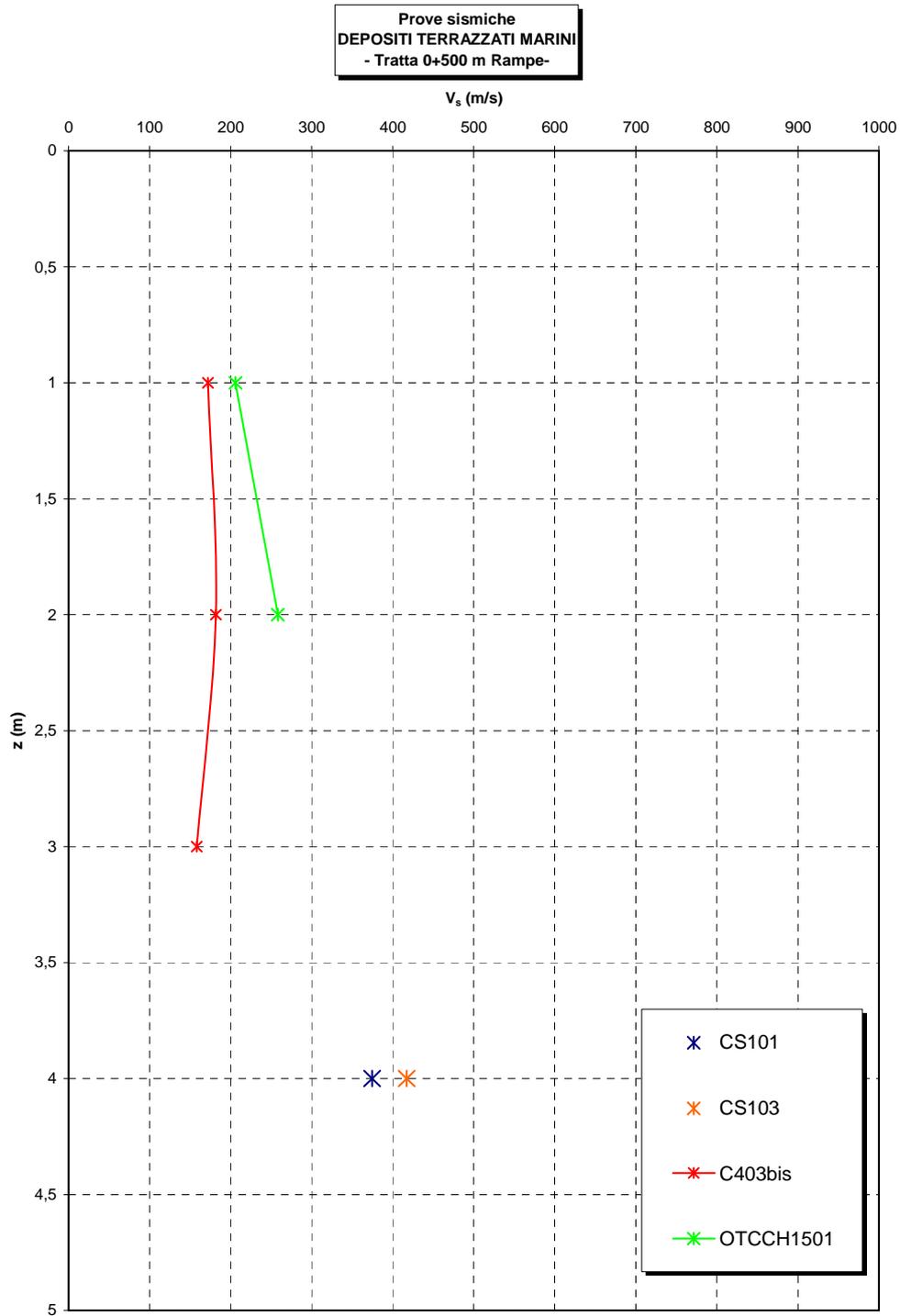


**$\phi'$  picco - Tratta da Km 0 a 0+500**

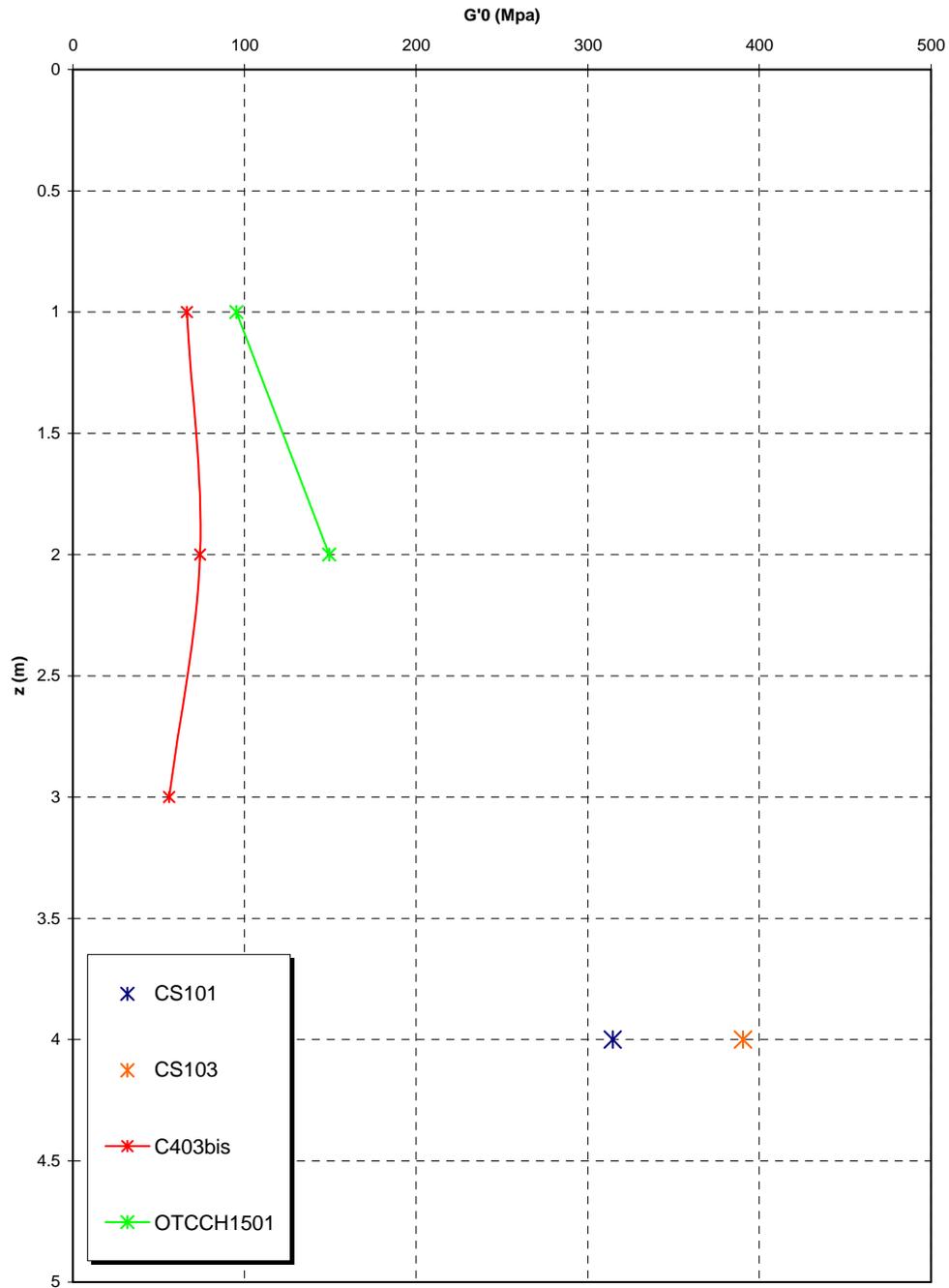


**Go spt - Tratta da Km 0 a 0+500**

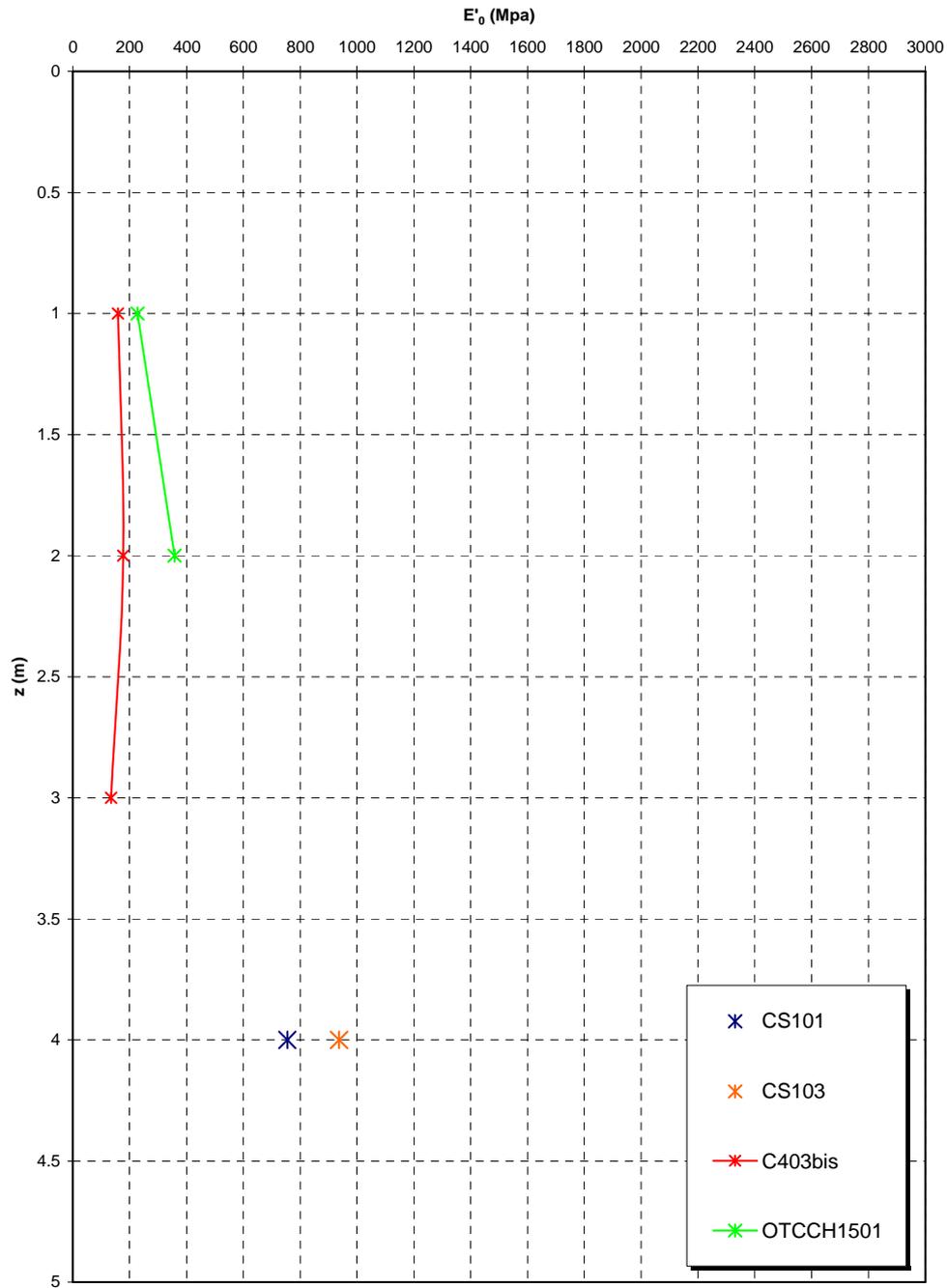




**Prove sismiche  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Tratta 0+500 m Rampe-**



**Prove sismiche  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Tratta 0+500m Rampe -**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11.5 CABINA AREA DI SOSTA E CONTROLLO ZAGARELLA

### 11.5.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

#### DEPOSITI MARINI TERRAZZATI

$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	18-20
$c'_{\text{picco}}$ (kPa)	0
$\phi'_{\text{picco}}$ (°)	38° ÷ 40° (p'ff=0-272KPa) / 36° ÷ 38° (p'ff=272-350KPa)
$C_{\text{residuo}}$ (kPa)	0
$\phi_{\text{residuo}}$ (°)	33° ÷ 35°
$k_o$ (-)	0.4-0.5
$V_s$ (m/sec)	200+14·(z)
$G'_o$ (MPa)	$G_o = 2060 \cdot p_a \cdot \left( \frac{p'_o}{p_a} \right)^{0.6}$
$E'$ (MPa) *	$E = (19 \div 30) \cdot (z)^{0.7}$
$v'$ (-)	0.2
$K$ (m/s)	10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-6</sup>

#### PLUTONITI DI TIPO B

$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	21÷23
$c'_{\text{picco}}$ (kPa)	vedi sotto
$\phi'_{\text{picco}}$ (°)	vedi sotto
$C_{\text{residuo}}$ (kPa)	vedi sotto
$\phi_{\text{residuo}}$ (°)	vedi sotto
$k_o$ (-)	-
$V_s$ (m/sec)	Vs=400+13z (m/s)
$G'_o$ (MPa)	-
$E'$ (MPa) *	E'=250 ÷ 500 Mpa in ammassi di classe IV-V RMR (faglie) e nei primi 10m di profondità

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	E'=500 ÷ 700 Mpa in ammassi di classe IV-V RMR (faglie) e nei primi 10-35m di profondità  E'=1000 ÷ 1500 Mpa per profondità maggiori
<b>v' (-)</b>	0.2
<b>K(m/s)</b>	$10^{-7} \div 10^{-8}$

Sulla base delle prove SPT si è ottenuto un valore medio di angolo di attrito di 38°, ai parametri di resistenza operativi al taglio in termini di sforzi efficaci si sono assegnati i seguenti valori operativi:

#### Resistenze di picco / operative (p'ff=0 - 272KPa)

$c' = 0$  kPa = coesione apparente

$\varphi' = 36 \div 38^\circ$  = angolo di resistenza al taglio

Tali valori sono compatibili con uno stato di sforzo che preveda una pressione normale alla superficie di rottura compresa nel range tra 0 e 272KPa.

In problemi caratterizzati da un aumento delle tensioni normali si possono definire i seguenti parametri:

#### Resistenze di picco / operative (p'ff=272 - 350KPa)

$c_p' = 0$  kPa = coesione apparente

$\varphi_p' = 36^\circ$  = angolo di resistenza al taglio.

Tali valori sono compatibili con uno stato di sforzo che preveda una pressione normale alla superficie di rottura compresa nel range tra 272KPa÷350KPa.

Simbologia:

$\gamma_t$  = peso di volume naturale;

NSPT = resistenza penetrometrica dinamica in prova SPT;

$\varphi'$  = angolo di attrito operativo;

$c'$  = intercetta di coesione operativa;

$\varphi_r'$  = 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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

condizioni di carico tipo quelle delle prove triassiali di compressione e carico;

$k_0$  = 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;

$G_0$  = 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.

$\nu'$  (-) = coefficiente di Poisson

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

$p'_0$  = pressione efficace alla profondità  $z$ , espressa in MPa

Con riferimento al sondaggio C428, la falda è individuata a circa -14 m da p.c., pertanto nel proseguo della relazione si considererà assente la falda in quanto ininfluente nei dimensionamenti.

Per un maggior dettaglio della caratterizzazione geotecnica dei suoli si rimanda alla relazione generale CG0800PRBDCSBC8G000000001.

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 09 B

Profilo idrogeologico                1:2000 CG0800 P F6 D C SB C6 ST 00 00 00 10 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 Depositi terrazzati marini, plutoniti.

Depositi terrazzati marini: sono rappresentati da depositi marini sabbiosi e sabbioso ghiaiosi fortemente pedogenizzati in prossimità della superficie. I depositi dei terrazzi marini rappresentano terre da sciolte a debolmente coesive con cementazione da debole ad assente.

L'età attribuibile ai terrazzi cartografati nell'area di intervento copre l'intervallo Pleistocene medio-superiore.

Le plutoniti costituite da rocce cristalline granitoidi nel settore centro-meridionale sono, costituite da leucogranodioriti a due miche e graniti-monzograniti.

All'interno dei graniti è stato localmente riscontrato un sensibile grado di alterazione idrotermale che

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E  VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

conferisce alla roccia un aspetto brecciato, a luoghi con colorazione biancastra e farinosa al tatto. Le evidenze di affioramento e di sondaggio consentono di ritenere determinante, ai fini della caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso, la presenza di una fratturazione, a luoghi molto intensa legata alla coesistenza di più sistemi di discontinuità che, tuttavia, non conferiscono all'ammasso una spiccata anisotropia.

Localmente non ci sono indagini che indagano nei primi 30m di profondità per la caratterizzazione sismica del suolo. Le prove sismiche nel sondaggio C430 fornisce una Vs30 di cat. B.

### **Indagini previste**

Data l'esiguità dei sondaggi e delle prove localmente presenti (C428), si è scelto di tenere conto anche di altri sondaggi e prove disponibili.

Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

#### Depositi terrazzati marini:

Si considerano i sondaggi della tratta relativa alla Rampa F.

- prove SPT (C428, C429, C430, C432, C434)
- 1 prova sismica (C430)
- 3 prove Le Franc (CN451, C425, C430)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici ed elle caratteristiche di resistenza (TD, sondaggio C410, CN451)

#### Plutoniti

Si considerano i sondaggi della caratterizzazione generale.

- 15 rilievi geostrutturali
- 3 prove sismiche (SG11, SG11bis, CN451)
- 12 prove pressiometriche e dilatometriche
- 16 prove Le Franc
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici ed elle caratteristiche di resistenza

### **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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

elaborato ed alla relazione sismica di riferimento.

### Depositi terrazzati marini

Per le caratteristiche fisiche l'andamento del fuso evidenzia che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 30%), sia di materiali intermedi (sabbie 50%). Il contenuto di fino è mediamente del 17%.

Con riferimento al fuso medio si ha:

- Il valore di  $D_{50}$  è pari a 0.5mm
- Il valore di  $D_{60}$  è pari a 1.0 mm
- Il valore di  $D_{10}$  è pari a 0.008 mm

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

Da letteratura si hanno a disposizione i valori di  $\gamma_{dmax}$  e  $\gamma_{dmin}$  pari rispettivamente a 18.8 e 15.7 kN/m<sup>3</sup>

Per lo stato iniziale si ha:

- **Dr**: i valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con il fattore correttivo  $C_{sg}=0.85$  corrispondente al  $d_{50}=0.5mm$ .
- **$e_o$** : a partire dal  $d_{50}$  stimato si ottiene di  $e_{max}-e_{min}$  pari a 0.35. 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 ai valori di  $e_o$  da  $\gamma_s$  si può stimare  $\gamma$ , riportato nel grafico.
- **$K_0$** : si considera la relazione di Jaky.

Dr(%) Prevalente sabbiosa	Dr(%) Sabbie e ghiaie	$\gamma_d(KN/m^3)$	$K_0$
<b>50-80</b>	-	<b>18-20</b>	<b>0.35-0.4</b>

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza sulla base delle prove SPT si è ottenuto un valore medio di angolo di attrito di circa 40°.

z(m)	$\phi'_p$ (pff=0-272KPa) (°)	$\phi'_p$ (pff=-272-350KPa) (°)	$\phi'_{cv}$ (°)
0-10	<b>38-41</b>	<b>35-38</b>	<b>33-35</b>

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

operativi:

$c' = 0$  kPa = coesione apparente

$\varphi' = 38^\circ \div 40^\circ$  = 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

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

Dalle prove di laboratorio su campioni rimaneggiati si ottiene per l'angolo di attrito un valore di  $30^\circ \div 35^\circ$ .

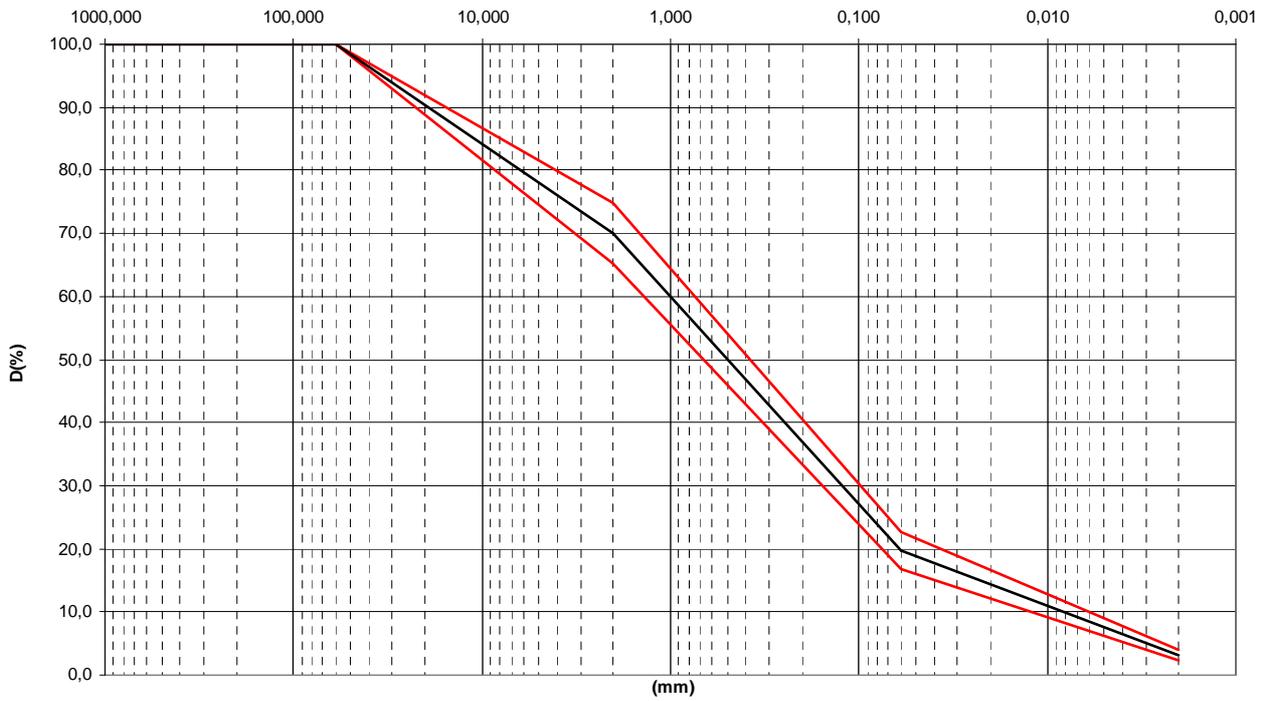
Per le caratteristiche di deformabilità in base alle SPT e alle sismiche si può assumere:

z(m)	G0(MPa)	E0(MPa)	E' (MPa)
<b>0-10</b>	<b><math>37 z^{0.7}</math></b>	<b><math>90 z^{0.7}</math></b>	<b><math>(17-30) z^{0.7}</math></b>

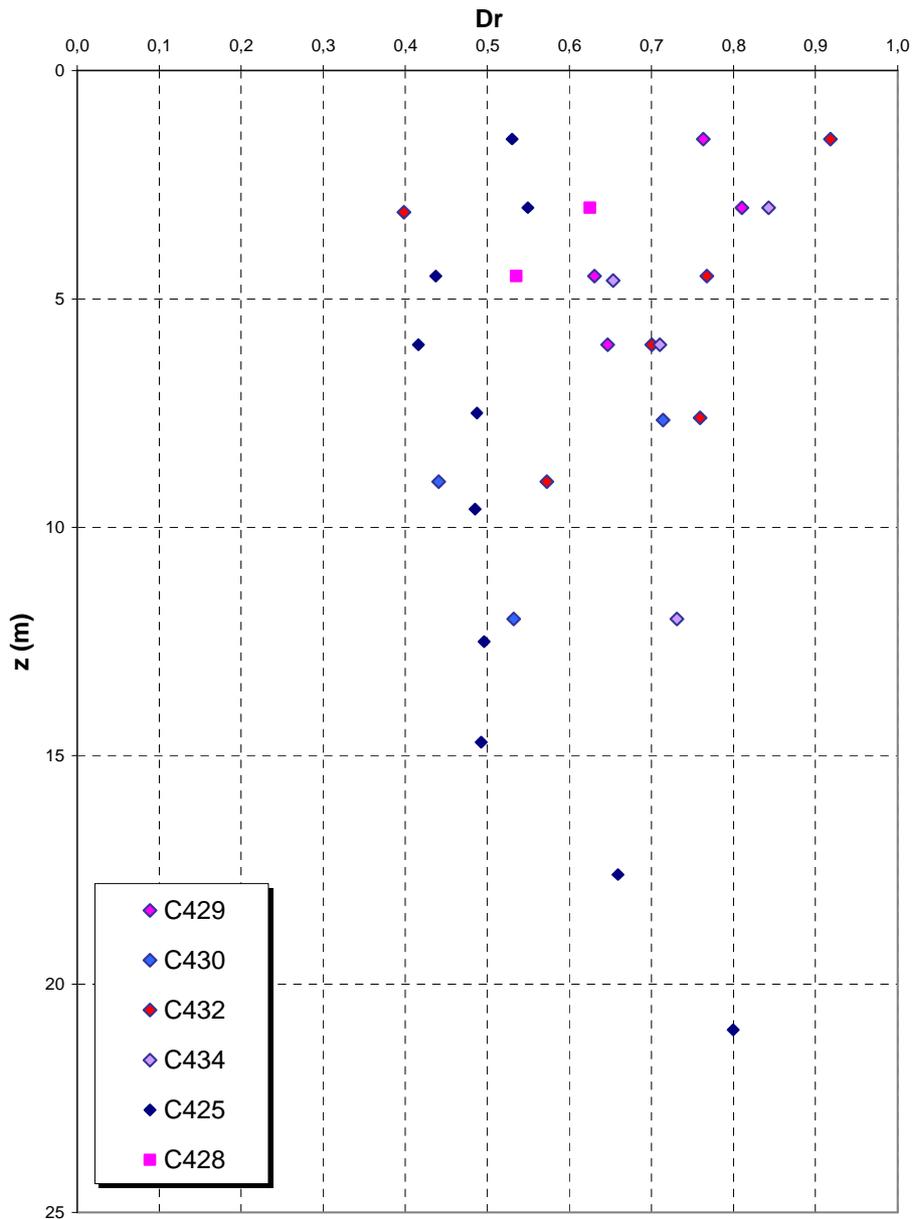
con i valori di E pari rispettivamente a circa  $1/10 \div 1/5$  (medie e grandi deformazioni) ed  $1/3$  di quelli iniziali (piccole deformazioni).

La prova pressiométrica (SN8) ha fornito un valore (primo carico) di E' di 120MPa a circa 18m di profondità.

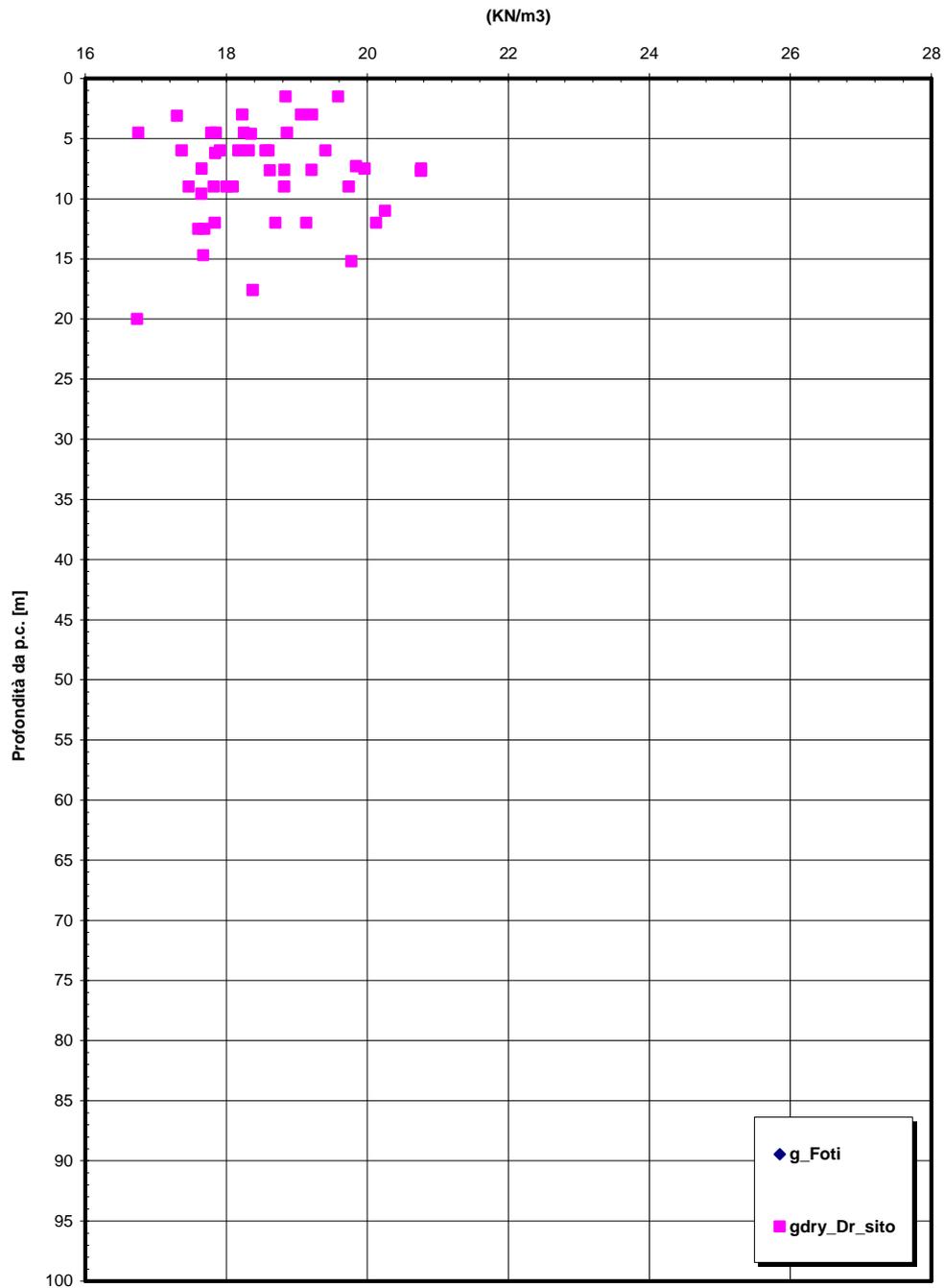
**Depositi terrazzati marini**



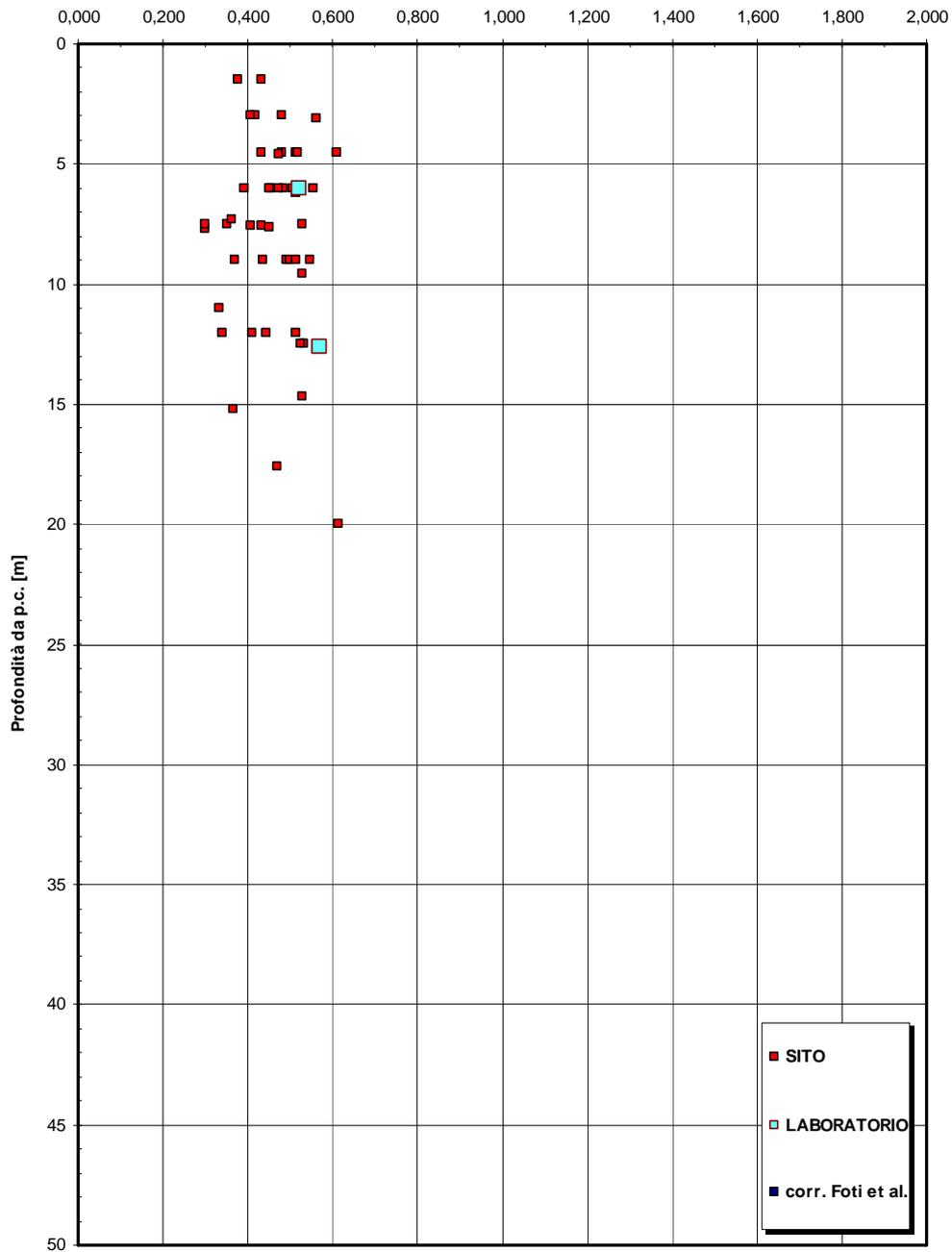
**Dr Skempton (1986)  
Componente sabbiosa prevalente  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Rampa F -**



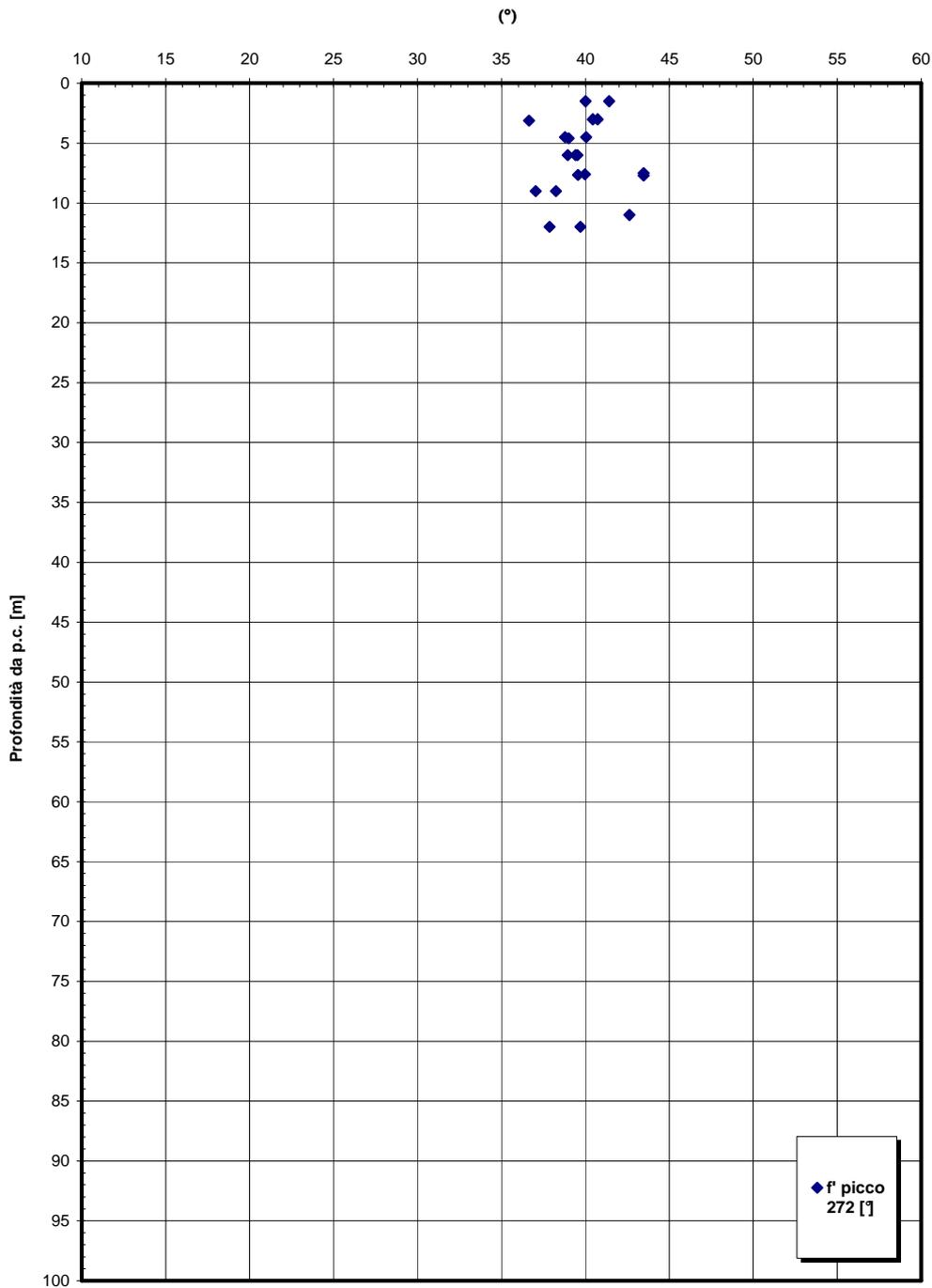
**$\gamma$  - Ramo F**

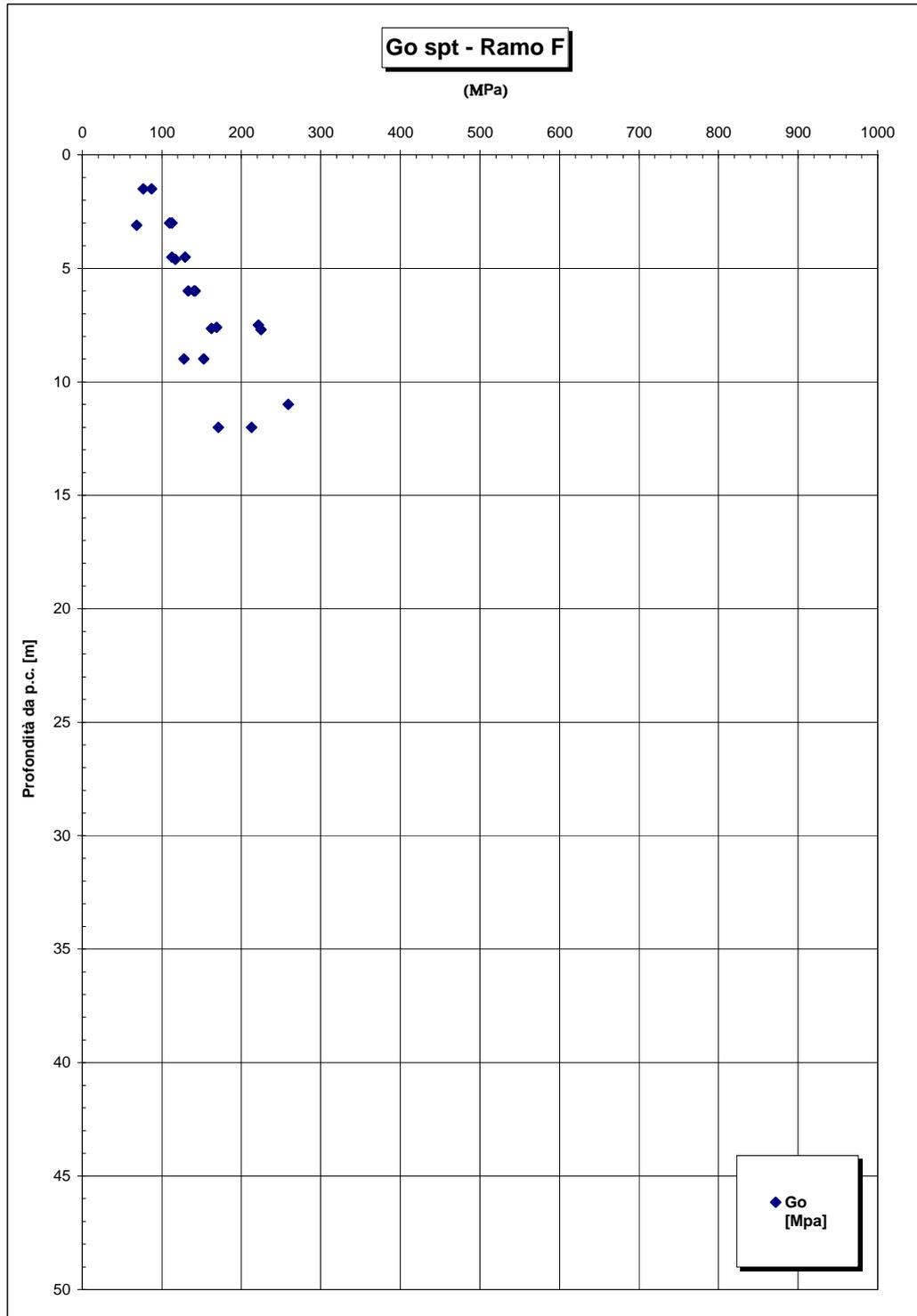


**eo – Ramo F**

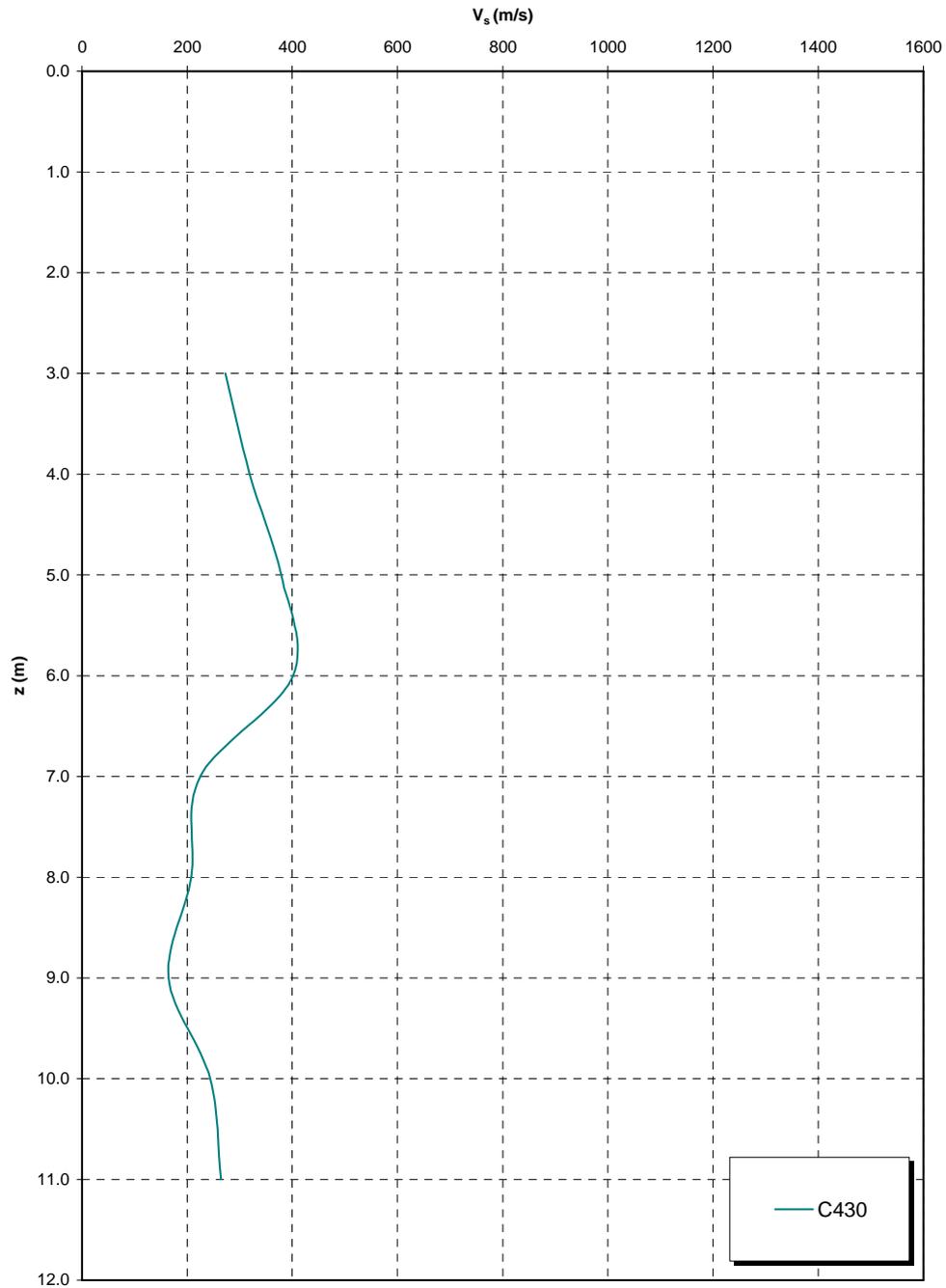


**$\phi'$  picco - Ramo F**

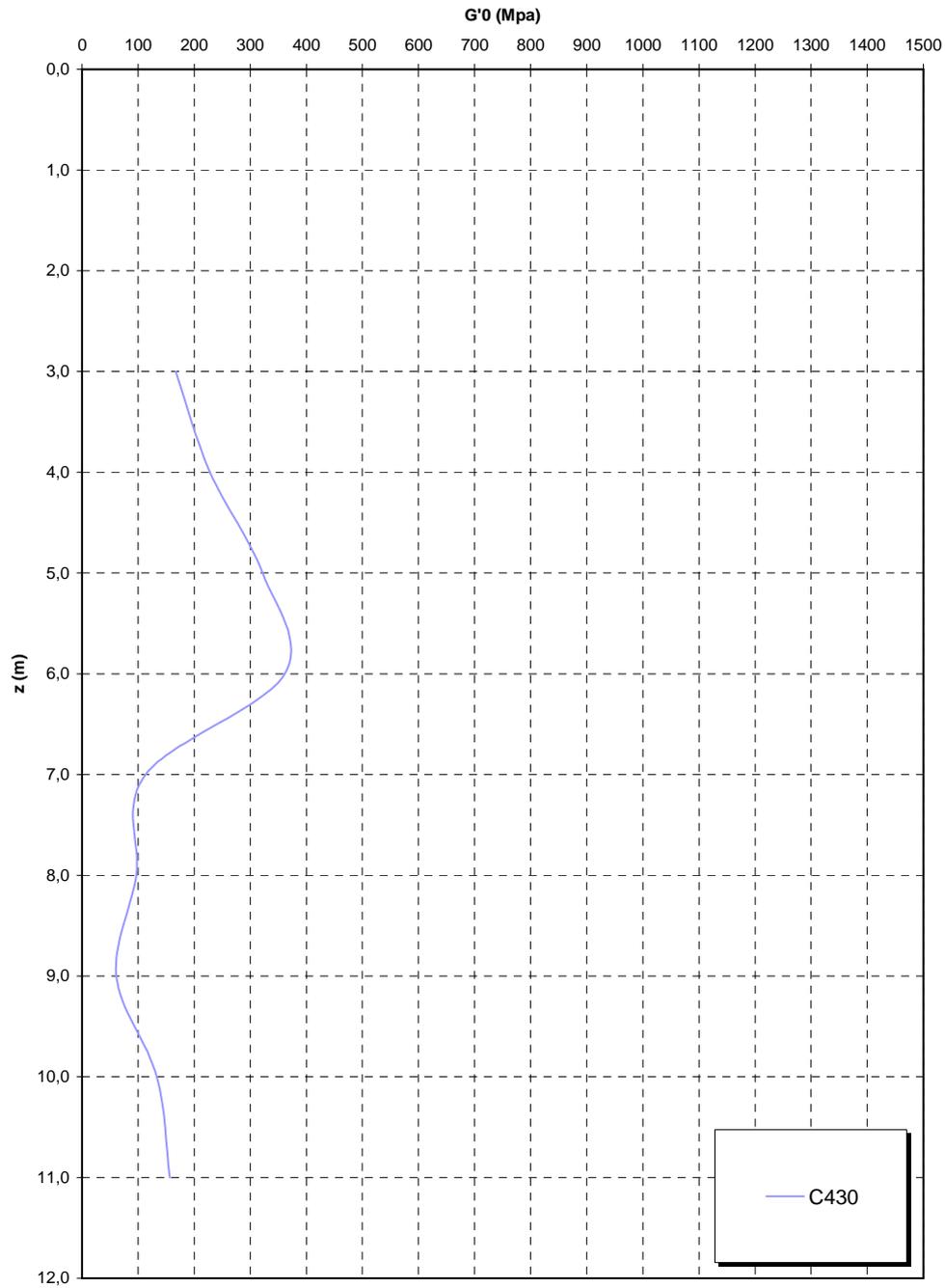




**Prove sismiche  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Rampa F -**



**Prove sismiche  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Rampa F-**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## Plutoniti

Per le caratteristiche fisiche dalle prove di laboratorio emerge un peso di volume  $\gamma$  di volume totale pari a 21KN/m<sup>3</sup>.

Considerando il probabile disturbo dei campioni si assume un range pari a 21-23 KN/m<sup>3</sup>

Per i parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci il modello utilizzato per la determinazione dei parametri è un continuo equivalente.

L'interpretazione delle caratteristiche dell'ammasso parte dalla stima del parametro RMR<sub>89</sub> che è stato valutato sulla base di 15 rilievi geostrutturali effettuati sugli affioramenti.

Il parametro GSI è quindi mediamente pari a 35-40.

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  $\sigma_c$  determinata in laboratorio (30MPa) e del parametro  $m_i$  della roccia intatta pari a 33.

I risultati che si otterrebbero, per GSI = 40 sono riportati nella tabella, sia per le condizioni di resistenza di picco ("undisturbed rock mass") che per le condizioni di resistenza residua ("disturbed rock mass") per tensioni normali corrispondenti a profondità massime di circa 20m.

copertura (m)	$\sigma_n$ (Mpa)	Picco		Residuo	
		$c'$ (MPa)	$\varphi'$ (°)	$c'$ (MPa)	$\varphi'$ (°)
10.00	0.22	0.14	59	0.10	46
20.00	0.44	0.23	53	0.16	40
30.00	0.66	0.32	50	0.22	36
40.00	0.88	0.39	47	0.27	33
50.00	1.10	0.47	45	0.33	31
60.00	1.32	0.54	44	0.37	29
70.00	1.54	0.60	42	0.42	28
80.00	1.76	0.67	41	0.46	26
90.00	1.98	0.73	40	0.51	25
100.00	2.20	0.79	39	0.55	24

In contesti non caratterizzati da rotture pregresse o in atto e per analisi convenzionali in cui non venga simulato il decadimento della resistenza si potranno considerare come valori operativi quelli rappresentati

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dai valori medi tra quelli “undisturbed” e “disturbed” oppure cautelativamente prossimi a quelli “disturbed”.

In contesti caratterizzati da rotture pregresse o in atto e per analisi convenzionali potranno considerarsi come valori operativi quelli rappresentati dai valori “disturbed”.

Per le zone tettonizzate o alterate si assume GSI=20 (classe IV-V RMR) e quindi si ottiene:

copertura (m)	$\sigma_n$ (Mpa)	Picco		Residuo	
		c' (MPa)	$\phi'$ (°)	c' (MPa)	$\phi'$ (°)
10.00	0.22	0.11	53	0.07	36
20.00	0.44	0.19	47	0.12	29
30.00	0.66	0.27	44	0.17	26
40.00	0.88	0.33	41	0.21	23
50.00	1.10	0.39	39	0.25	21
60.00	1.32	0.45	37	0.28	20
70.00	1.54	0.51	36	0.32	19
80.00	1.76	0.56	34	0.35	18
90.00	1.98	0.62	33	0.38	17
100.00	2.20	0.67	32	0.41	16

Su campioni rimaneggiati e prelevati nei sondaggi SG11, SG11bis, SG13 e SG13bis nei primi 30m, e quindi nella parte più alterata dell'ammasso, sono state effettuate prove di taglio diretto che forniscono per i parametri di resistenza  $c=0-20\text{KPa}$  e  $\phi'=32-40^\circ$ .

Per le caratteristiche di deformabilità considerando la relazione di [Serafim & Pereira, 1983](#) si ottiene:

$E'=500 \div 700$  Mpa rispettivamente per  $D=1$  e  $D=0.5$  in ammassi di classe IV-V RMR (faglie)

$E'=1000 \div 1500$  Mpa rispettivamente per  $D=1$  e  $D=0.5$  in ammassi di classe III-IV RMR

In base alle prove sismiche in foro (SG11, SG11bis, CN451) si ottiene un range di valori, tra 5m e 40m di profondità di  $E_0$  molto variabile mediamente pari a 1000 fino a 10m e a 2000 MPa tra 10m e 35m di profondità.

Dopo tale profondità la sismica Cn451 fornisce valori crescenti con  $E_0 > 4000$  MPa.

Il modulo statico  $E'$  risulta pari a  $E'=500 \div 700$  Mpa pari rispettivamente a circa  $1/5 \div 1/3$  di quello iniziale.

Le prove pressiometriche forniscono un range di valori, tra 15m e 35m di profondità di  $E'$  pari a 150-250MPa, mentre le prove dilatometriche un valore che si aggira intorno a 250-500MPa ( $1/5-1/10E_0$ ).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Si ritiene quindi ragionevole assumere tale range di valori operativi:

$E'=250 \div 500$  Mpa in ammassi di classe IV-V RMR (faglie) e nei primi 10m di profondità

$E'=500 \div 700$  Mpa in ammassi di classe IV-V RMR (faglie) e nei primi 10-35m di profondità

$E'=1000 \div 1500$  Mpa per profondità maggiori

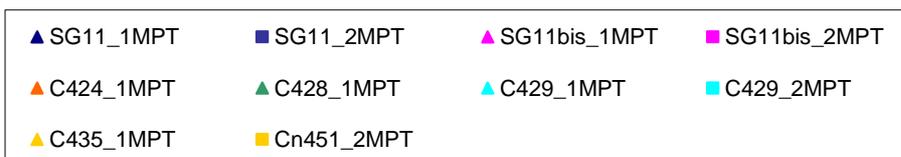
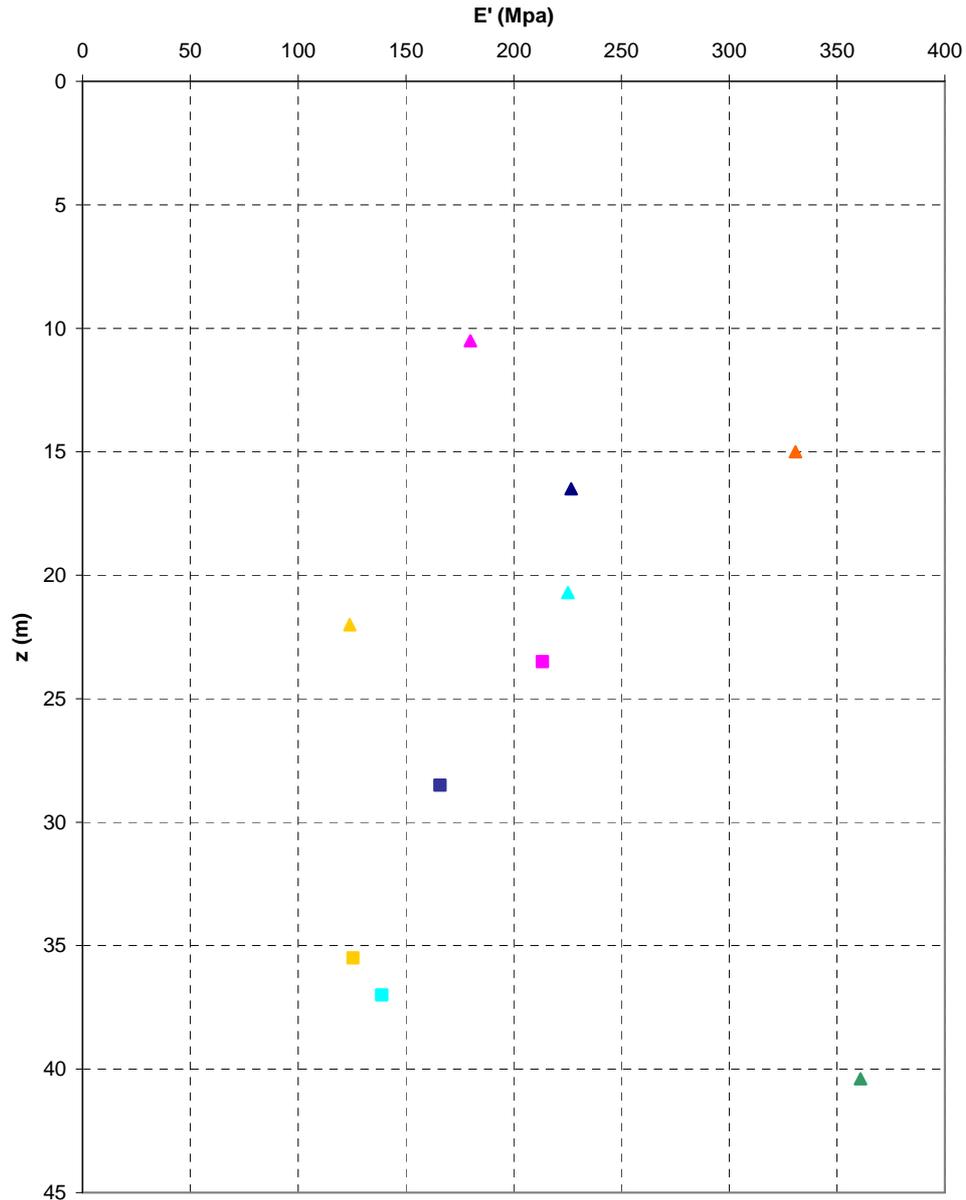
#### Riepilogo caratteristiche fisiche plutoniti

SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )
SG11	C1/riman	Rampa C 1+200-3+300	10.00	20.23	18.83
SG11	C2/ind	Rampa C 1+200-3+300	23.00	21.82	20.83
SG11	C3/ind	Rampa C 1+200-3+300	27.00	20.20	20.63
Cn451	CR1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	31.60		26.67
Cn451	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	34.60		26.87
Cn451	CR3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa V / Ramo C_dec	37.35		26.74
C421quater	SL01	ferrovia	83.90		27.13
C421quater	CR1	ferrovia	60.50		27.26
C421quater	CR2	ferrovia	68.20		27.11
C421quater	CR3	ferrovia	85.00		27.02
C421quater	CR4	ferrovia	93.30		26.83
C433	SL01	Rampa C 1+200-3+300 / Ramo A_acc / Rampa F	35.60		26.70
C433	SL01	Rampa C 1+200-3+300 / Ramo A_acc / Rampa F	37.40		26.68

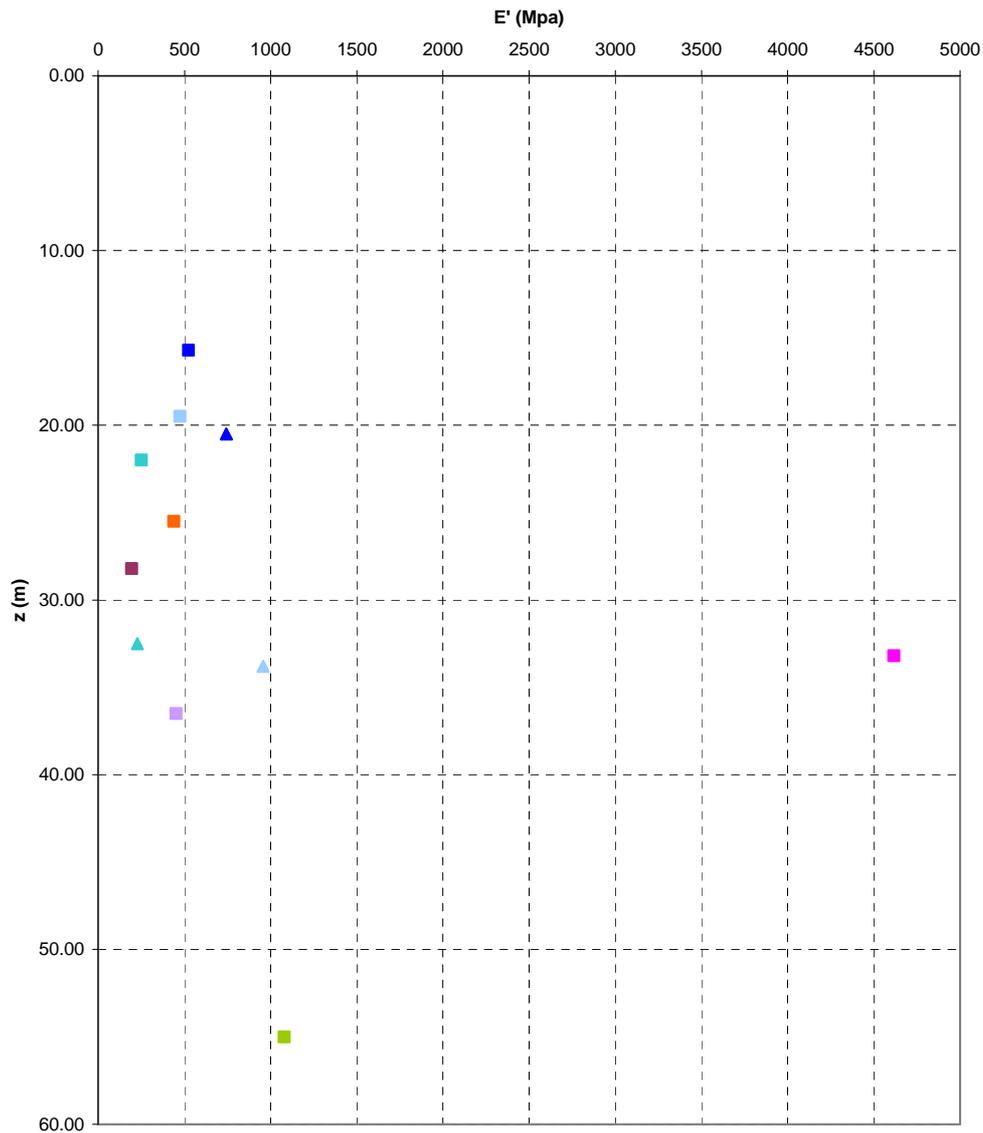
SONDAGGIO	N° PROVINO	z (m)	Opera	PROVA	c' [kPa]	$\phi'$ [°]
SG11	C1/riman	10.0	Rampa C 1+200-3+300	TD	16.3	41
SG11	C2/ind	23.0	Rampa C 1+200-3+300	TD	11.6	33
SG11	C3/ind	27.0	Rampa C 1+200-3+300	TD	18.3	34
SG11bis	C1	4.1	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	21	34
SG11bis	C2	8.4	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	9	36
SG11bis	C3	11.5	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	8	36
SG11bis	C4	16.2	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	15	32
SG11bis	C5	22.9	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	0	35
SG11bis	C6	26.2	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	TD	11	39
SG13bis	C1	6.7	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	TD	1	36
SG13bis	C2	13.2	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	TD	5	39
SG13bis	C3	19.6	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	TD	0	40
SG13bis	C4	40.7	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	TD	32	45
SG13bis	C6	54.7	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	TD	19	42

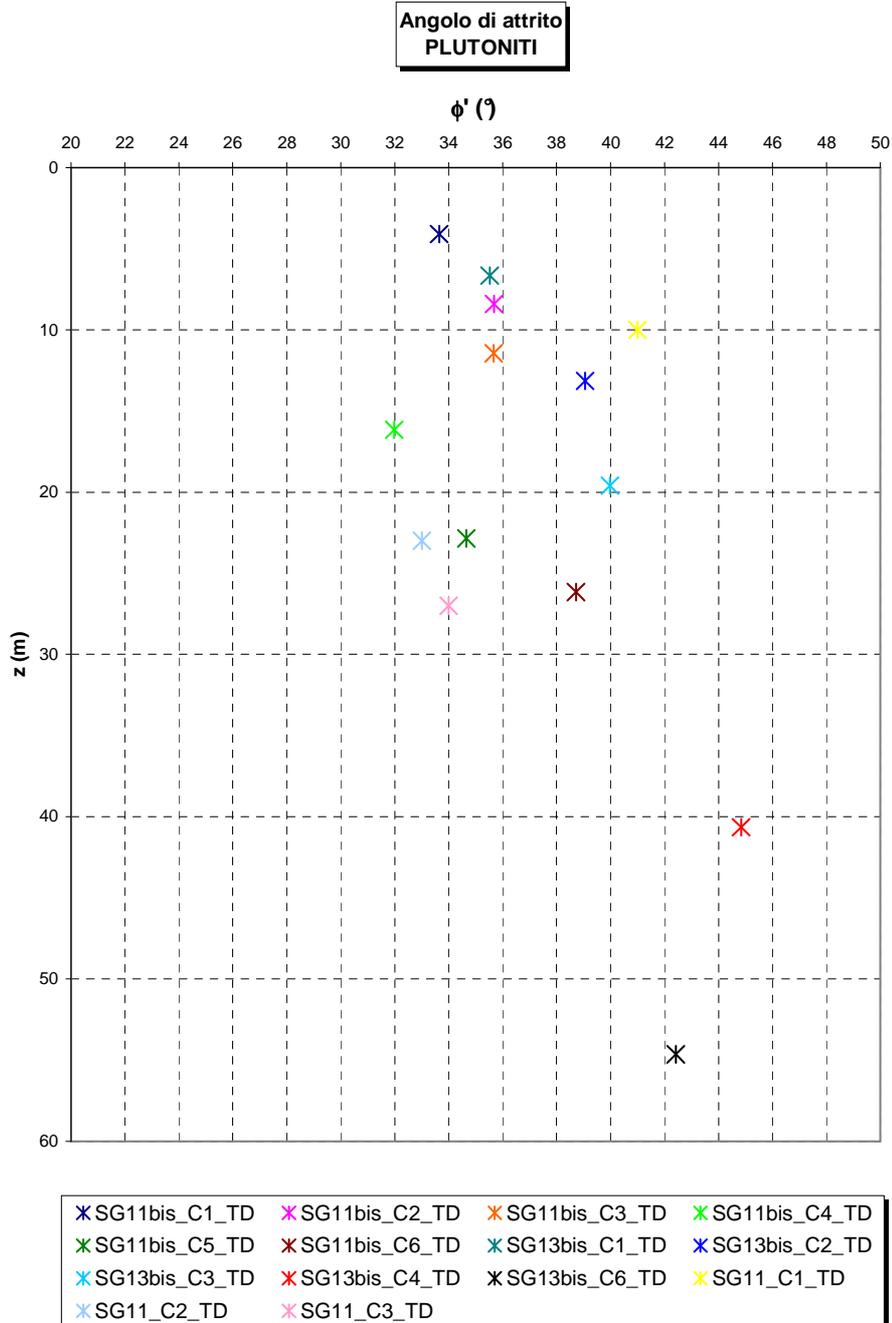
SONDAGGIO	N° PROVINO	OPERA	z (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )
SG11bis	C1	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	4.1	19.91	18.0	25.80
SG11bis	C2	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	8.4	18.85	15.2	25.90
SG11bis	C3	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	11.45	18.55	17.0	26.10
SG11bis	C4	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	16.15	20.01	17.3	26.10
SG11bis	C5	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	22.8	19.52	17.9	25.40
SG11bis	C6	Rampa A 2+100-2+370 / Rampa C 1+200-3+300 / Rampa G	26.15	20.01	17.6	26.70
SG13bis	C1	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	6.65	19.81	17.1	26.70
SG13bis	C2	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	13.15	19.02	16.8	25.30
SG13bis	C3	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	19.60	18.8	17.3	26.30
SG13bis	C4	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	40.65	20.40	18.7	25.50
SG13bis	C6	Galleria Rampa C / Galleria Rampa D / ferrovia	54.65	20.97	17.9	25.80
Cn451	CR1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	31.60			26.67
Cn451	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	34.60			26.87
Cn451	CR3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	37.35			26.74
C421	CR3	Galleria Rampa A	31.8			26.50
C421	CR4	Galleria Rampa A	35.2			27.18
C421	CR5	Galleria Rampa A	38.80			27.21
C425	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	19.2			26.84
C425	SPT10	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	21			26.39
C425	CR3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	22.5			26.84
C425	SPT11	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F / Rampa G	24			26.58
C429	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	23.8			27.19
C429	CR3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	28.9			26.92
C432	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	25.8			26.41
C432	SL01	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa V	18.8			27.21
C435	CR1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	20.5			26.86
C435	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	25.7			26.83
C435	CR3	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	32.3			26.77
C435	CR4	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	39.9			26.39
C427	CR03	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	23.4			26.79
C427	CR04	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	31.3			26.61
C427	CR05	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	38.5			26.13
C421	SL01	Galleria Rampa A	13.6			26.78
C421	SL02	Galleria Rampa A	22.9			27.06
C427	SL01	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	31.8			27.05
C428	CI1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	14.08			26.76
C428	CR1	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	17.42			26.45
C428	SPT7	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	21			27.13
C428	CR2	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	21.74			27.20
C428	CR03	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	24.4			27.75
C428	CR4	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	33.9			26.92
C428	CR6	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa U / Rampa V / Rampa F	38.55			26.66
C434	SPT8	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	15			26.37
C434	SPT9	Rampa C 1+200-3+300 / Rampa F / Rampa A_acc	18			26.54

**Prove pressiometriche  
PLUTONITI**

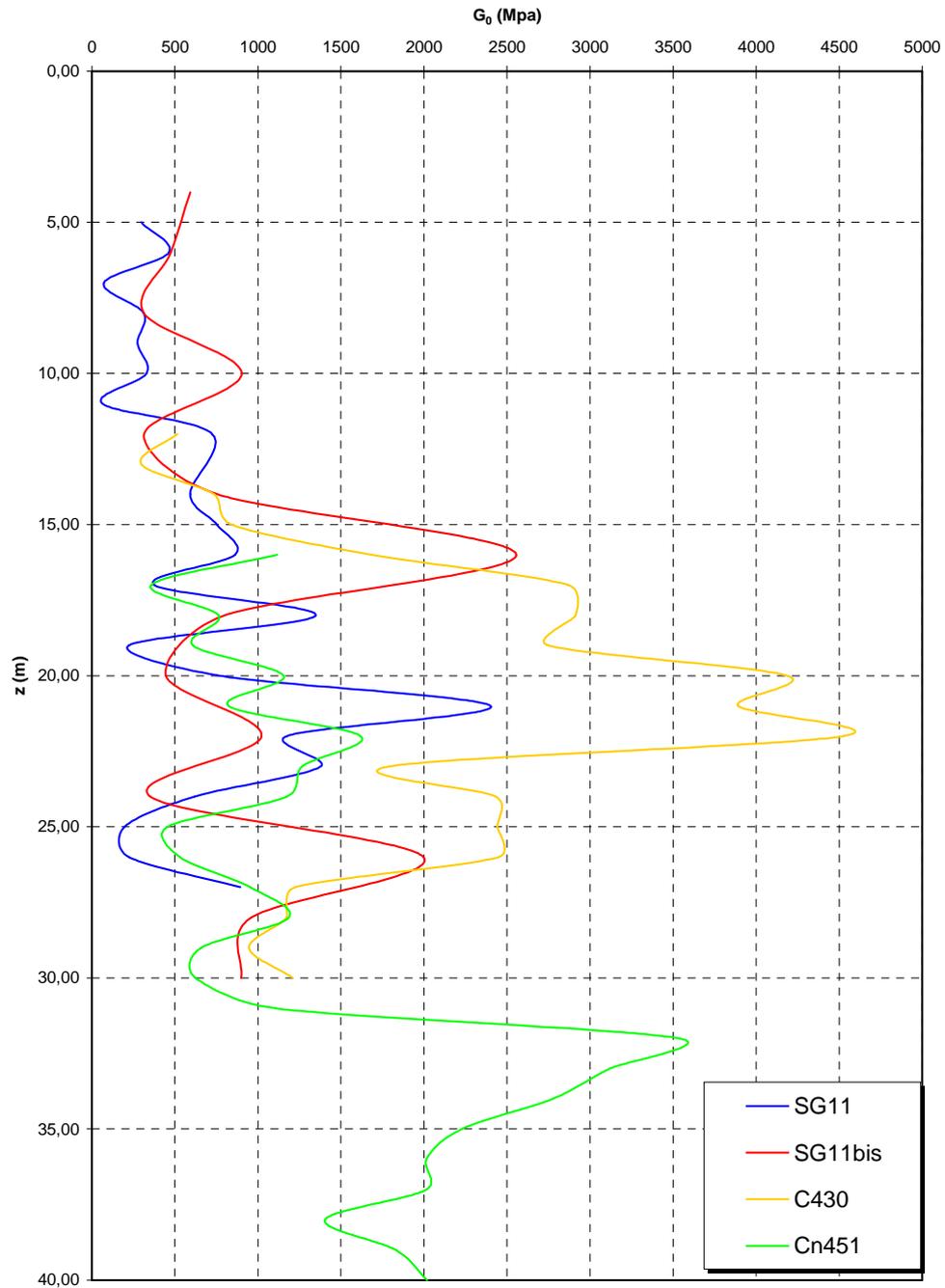


**Prove dilatometriche  
PLUTONITI**

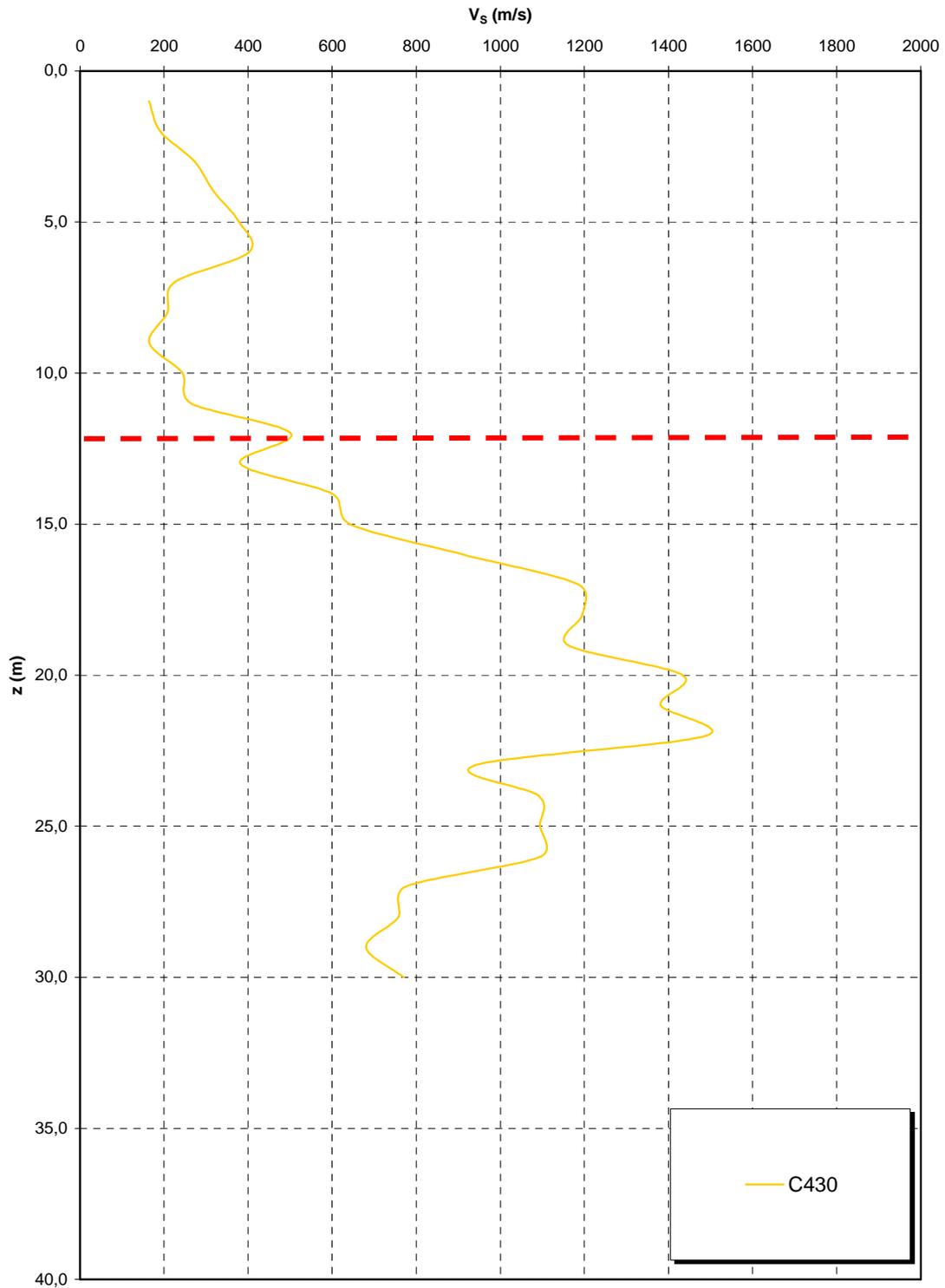




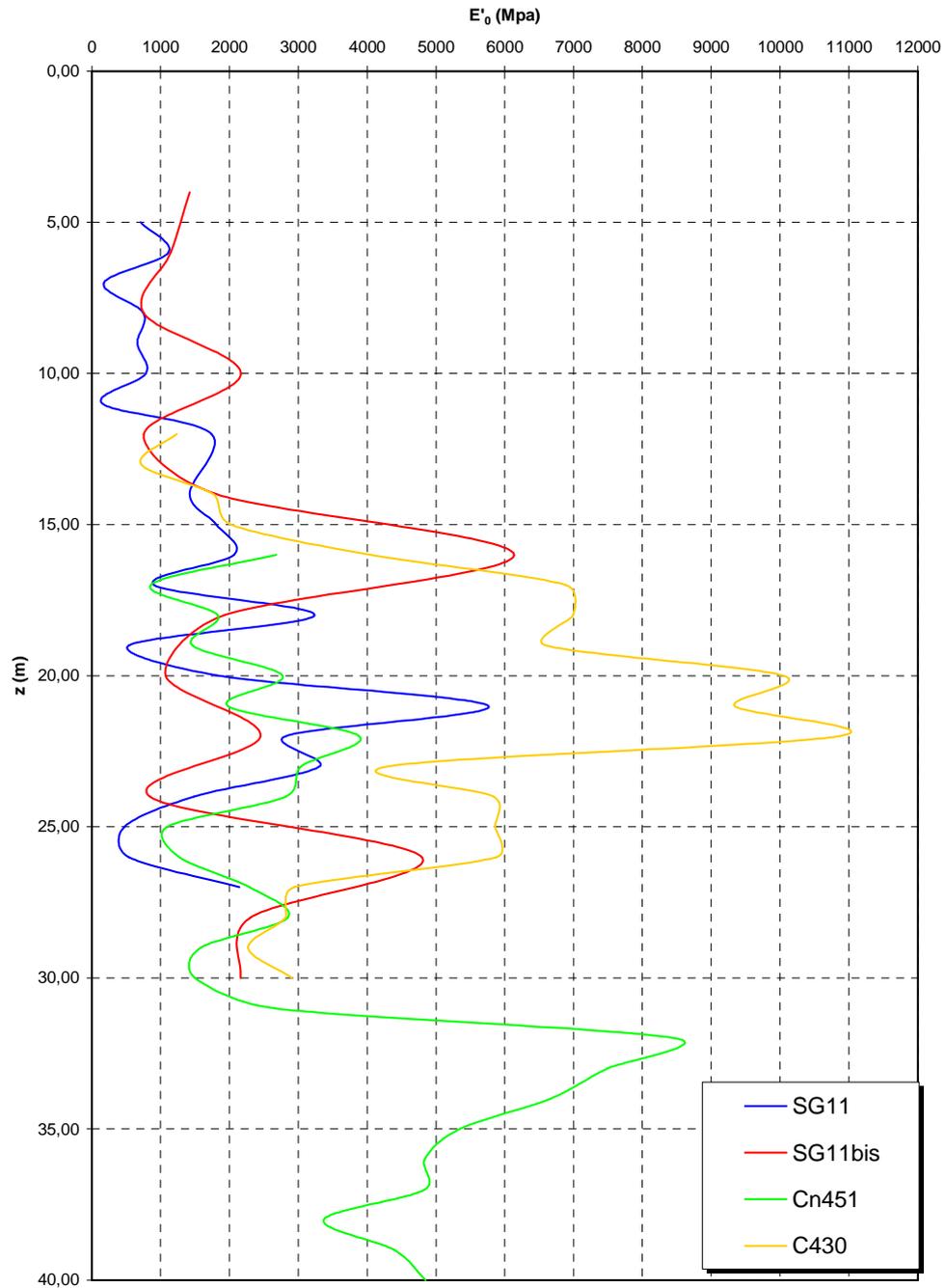
**Prove sismiche  
PLUTONITI**

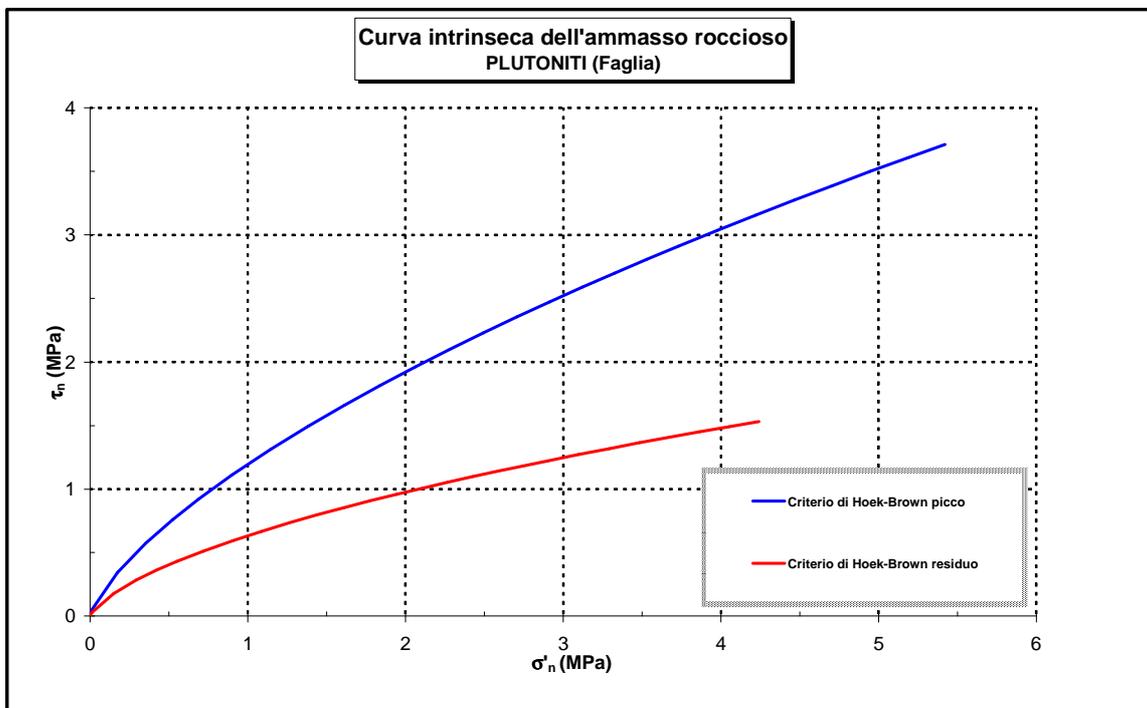
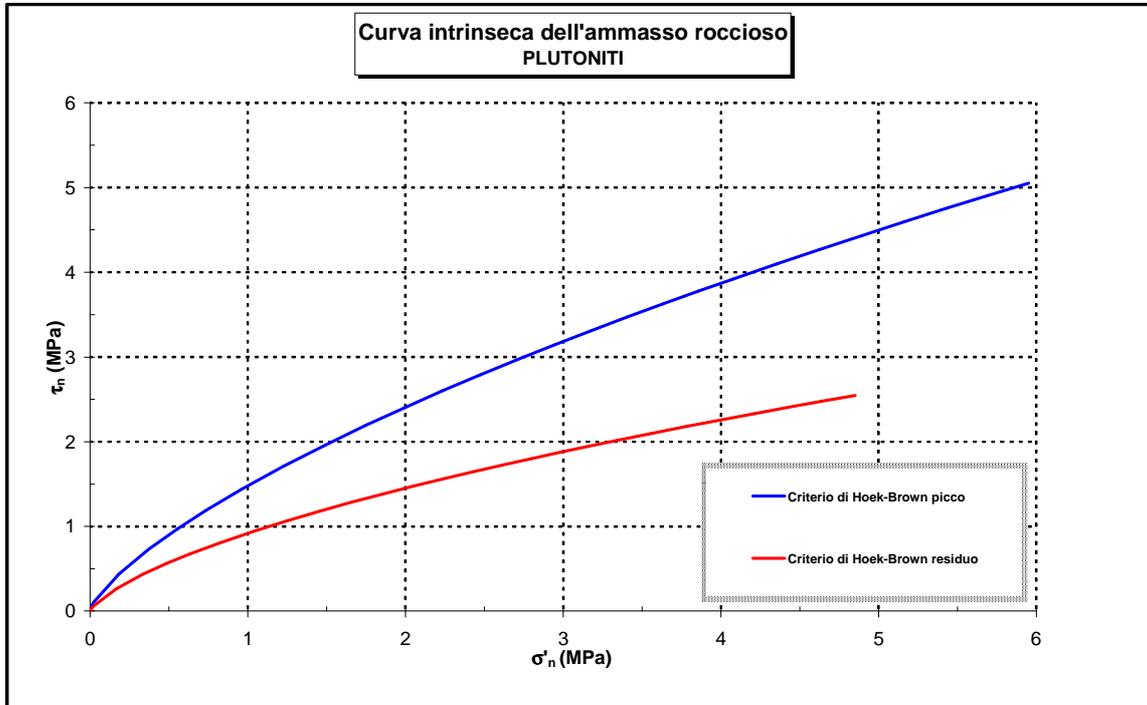


**Prove sismiche**



**Prove sismiche  
PLUTONITI**





		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11.5.2 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO

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

## 11.6 CABINA PIAN DI LASTRICO LATO RC

### 11.6.1 Stratigrafia di progetto

Le **litologie** prevalenti sono costituite dalla formazione del Conglomerato di Pezzo sovrastato dalle Sabbie e Ghiaie di Messina.

Il Conglomerato di Pezzo, di età tortoniana, è la litologia stratigraficamente più bassa della successione sedimentaria. La sua potenza è superiore ai 200 m.

Il conglomerato è composto prevalentemente da clasti di graniti e gneiss cementati in matrice prevalentemente composta da frazioni arenacee fini e limose.

Le dimensioni dei clasti sono eterogenee e variabili da pochi mm fino a blocchi superiori al metro, interpretati come grossi trovanti inglobati nel conglomerato.

Negli affioramenti la formazione presenta un aspetto litoide con scarpate stabili.

Il Conglomerato di Pezzo ha quindi generalmente caratteristiche assimilabili a quelle di rocce tenere.

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

La **falda** non risulta interferente con le opere.

Il numero di **sondaggi** localmente presenti è esiguo (CN450): si considerano i sondaggi e le prove localmente disponibili in prossimità della rampa M e zone limitrofe.

#### Conglomerato di Pezzo

- prove di carico su piastra (campagna di indagine 1988 – pozzo P2500)
- 1 prova sismica (S8\_DG42)
- Prove pressiometriche e dilatometriche (SG15, C411, CN450, C413)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici e meccanici (CS103, FCBH1512, OTCLPT1505, FCCH2509, OTCSPT504, FCBH1501, OTCLPT2503)

#### Sabbie e Ghiaie di Messina

- Prove SPT(C411, C413, C414,C415,SG15,SN10,SN11,SVAR1)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 2 prova sismiche (SG15, C415)
- Prove pressiometriche e dilatometriche (C414, C415)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici ed elle caratteristiche di resistenza (TD, sondaggio C410, Svar1)

#### Conglomerato di Pezzo

Per quanto riguarda gli spezzoni di roccia o di conglomerato prelevati nei sondaggi il peso di volume totale  $\gamma$  è risultato mediamente pari a 23 kN/m<sup>3</sup> con i valori più bassi di 20 -21 kN/m<sup>3</sup> rappresentativi degli spezzoni conglomeratici:

Per lo stato iniziale poiché la litologia in esame è quella, della successione sedimentaria, più vecchia, è difficile tenere in conto in modo sintetico della storia tensionale del deposito che è stato caratterizzato da fenomeni di preconsolidazione e cementazione. La stima può in prima approssimazione essere effettuata: considerando un età di almeno 10 milioni di anni, che  $K_{o_{nc}}=0.35\div 0.5$  ( $\phi'=30^\circ\div 40^\circ$ ) e che  $K_{o_{oc}}=0.5\div 0.6$ , tenendo dell'erosione (si stima un fattore minimo pari a 1.4 corrispondente ad OCR=2) ed infine considerando gli effetti di "aging" con la correlazione di (Mesri (1989)), si ottiene un valore compreso approssimativamente fra 0.7 e 0.9.

Per i parametri di resistenza al taglio nell'ambito dello strato superficiale più alterato ( $z < 25\div 30m$ ), si fa riferimento alla caratterizzazione geotecnica generale che si basa sull'esito delle prove di carico su piastra, ritenute maggiormente rappresentative del comportamento d'insieme dell'ammasso: si considerano quelle ubicate in prossimità del blocco di ancoraggio lato Calabria (campagna di indagine 1988 – pozzo P2500) ed al proposito si è ripreso lo studio effettuato nel Progetto preliminare ("Le basi del progetto – Geotecnica" – Elab. PP2RA24) (Vd.Elabor. CG0800PRBDCSBC8G00000001A).

In corrispondenza di un valore medio di  $\phi'=40^\circ$  (ott enuto anche da prove pressiometriche) i valori di  $c'$  ottenuti variano linearmente, tra 0 e circa 25m di profondità, da 0 a 100 KPa circa.

La resistenza a compressione monoassiale ottenuta invece da prove di laboratorio LPT ha fornito valori molto variabili da qualche MPa ad un max di 30-40MPa.

Per i parametri di deformabilità nel contesto in esame la simica di riferimento sono S8\_DG42 evidenzia una certa variabilità di  $G_0$  fra 300 MPa e 2000 MPa.

Le pressiometriche forniscono un range di valori fra 15m e 35m di profondità compreso fra 160 e 200 MPa

Si ritiene che il range di progetto  $E'=150\div 300$  MPa, nei primi 20m di spessore del Conglomerato di Pezzo, possa considerarsi adeguato per la tratta in esame.

In particolare il valore minimo di 150 MPa si ritiene mediamente rappresentativo del contesto

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

geotecnico in esame in cui sono previste opere che mobilitano medie e grandi deformazioni.

#### 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  $\gamma_{dmin}$  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  $d_{50}=0.8$ mm.

**$e_o$ :** a partire dal  $d_{50}$  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".

Z(m)	Dr (%) Prevalente sabbiosa	Dr (%) Sabbie e ghiaie	$\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )	$K_0$
0-10	40-80	80-90	17-20	0.45-0.55
>10	70-90		18-20	0.5

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  $z > 5$ m.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$\phi'_p$ (pff=0-272KPa) (°)	$\phi'_p$ (pff=272-350KPa) (°)	$\phi'_{cv}$ (°)
38-43		
40-42	38-40	33-35

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

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

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

<b>G0 (MPa)</b>	<b>E0 (MPa)</b>	<b>E' (MPa)</b>
$20 z^{0.6}$	$48 z^{0.6}$	$(7 \div 16) z^{0.6}$

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

Le prove pressiometriche forniscono valori variabili compresi fra 150 e 350 MPa fra 10 e 20m di profondità.

In definitiva, i parametri geotecnici considerati nella presente relazione sono i seguenti:

<b>Livello</b>	<b><math>\gamma</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b><math>\phi_k</math> (°)</b>	<b><math>c'_k</math> (kPa)</b>	<b><math>c_{u-k}</math> (kPa)</b>	<b>E (MPa)</b>
Rilevato	20	38	0	-	-
Sabbie e Ghiaie di Messina	19	38	0	-	$(7-16) z^{0.6}$
Conglomerato di Pezzo	21	40	0	-	150

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Cautelativamente, come terreno di fondazione dei muri sono stati considerati i parametri delle Sabbie e ghiaie di Messina.

In relazione della natura dei depositi sintetizzata nelle pagine precedenti, considerando il numero esiguo di prove per la caratterizzazione sismica disponibili nelle vicinanze dell'opera, cautelativamente alla zona in esame si assegna la categoria di suolo sismico (secondo N.T.C. 2008) di classe **C**.

## 11.7 Parametri di spinta

### 11.7.1 Coefficienti di spinta in fase statica

I valori dei coefficienti di spinta attiva ( $k_a$ ) sono stati calcolati secondo la relazione di Coulomb: il valore dell'angolo di attrito terreno-muro ( $\delta$ ) è stato assunto pari a  $2/3 \cdot \varphi$ .

La relazione di Coulomb per il calcolo del coefficiente di spinta attiva, con le condizioni assunte, è la seguente:

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi)}{\text{sen}^2 \varphi \cdot \text{sen}(\psi - \delta) \left( 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\delta + \varphi) \cdot \text{sen}(\varphi - \varepsilon)}{\text{sen}(\psi - \varphi) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right)^2} \quad (\text{spinta attiva})$$

Dove:  $\varphi$  = angolo d'attrito del terreno;

$\psi$  = inclinazione del paramento di monte del muro ( $90^\circ$ );

$\delta$  = angolo d'attrito lungo la superficie di rottura;

$\varepsilon$  = Inclinazione del pendio a monte ( $0^\circ$  x muri di sos tegno).

I coefficienti di spinta passiva ( $k_p$ ), invece sono stati prudenzialmente assunti nulli.

La tabella seguente riassume i coefficienti di spinta utilizzati nei calcoli effettuati.

Valori	Approccio	$\phi$ [°]	$k_a$
Caratteristici	A1+M1+R1	38	0.22
Progetto	A2+M2+R2	32	0.28

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## COEFFICIENTI DI SPINTA CASO STATICO

### 11.7.1.1 Coefficienti di spinta in fase sismica

I coefficienti di spinta in fase sismica sono stati valutati mediante la relazione di Mononobe – Okabe:

$$K_{a, sism} = \frac{\sin^2(\psi + \varphi - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \sin^2 \varphi \cdot \sin(\psi - \vartheta - \delta) \left( 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon - \vartheta)}{\sin(\psi - \vartheta - \varphi) \cdot \sin(\psi + \varepsilon)}} \right)^2} \quad (\text{spinta attiva})$$

Dove, oltre ai termini il cui significato è già stato esposto in precedenza, si assume

$$\vartheta = \arctan\left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right).$$

La seguente tabella riassume i coefficienti di spinta in fase sismica per i terreni in esame:

Valori	Approccio	$\phi$ [°]	$k_{a,sism}$
Caratteristici	A1+M1+R1	38	0.33
Progetto	A2+M2+R2	32	0.40

## COEFFICIENTI DI SPINTA DEL RILEVATO A TERGO MURI NEL CASO SISMICO

### 11.7.2 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA'

La categoria di suolo prevista è C ( $V_{s30}$  da sismica a rifrazione SR15 e S441), mentre la categoria topografica è T1 in quanto il rilievo considerato ha altezza inferiore a 30m;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11.8 CABINA CAMPANELLA LATO RC

### 11.8.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

#### 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>o</sub> (-)	0.45-0.55
V <sub>s</sub> (m/sec)	V <sub>s</sub> =200+7·z (m/s)
G' <sub>o</sub> (MPa)	$G_o = 1780 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o'}{p_a}\right)^{0.65}$
E' (MPa)*	$E' = (17 \div 40) \cdot (z)^{0.7}$
v' (-)	0.2
G <sub>0</sub> , G/G <sub>0</sub>	curve teoriche
D <sub>0</sub> , D/D <sub>0</sub>	curve teoriche
K(m/s)	10 <sup>-4</sup> ÷10 <sup>-5</sup>

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<sub>r</sub>' = intercetta di coesione residua;

OCR = grado di sovraconsolidazione;

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$c_u$  = 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.

$\nu'$  (-) = coefficiente di Poisson

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

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

La posizione della falda è individuata a -18 m da p.c., pertanto nel proseguo della relazione si considererà assente la falda in quanto ininfluenza nei dimensionamenti.

Per un maggior dettaglio della caratterizzazione geotecnica dei suoli si rimanda alla relazione generale CG0800PRBDCSBC8G000000001.

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

Profilo geologico-geotecnico - Tav. 1/2 1:2000 CG0800 P F6 D C SB C6 ST 00 00 00 07 B

Profilo geologico-geotecnico - Tav. 2/2 1:2000 CG0800 P F6 D C SB C6 ST 00 00 00 27 A

Profilo idrogeologico 1:2000 CG0800 P F6 D C SB C6 ST 00 00 00 08 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.

La falda non risulta interferente con le opere.

Localmente non ci sono indagini che indagano nei primi 30m di profondità per la caratterizzazione sismica del suolo. La prova sismica nel sondaggio C415 fornisce una  $V_{s30}$  di cat.C.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Indagini previste

Data l'esiguità dei sondaggi e delle prove localmente presenti (C414, C415), 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 D dal Km 1+300.

- 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 delle 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. CG0800PRBDCSBC8G00000001A. 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  $\gamma_{dmin}$  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  $d_{50}=0.8mm$ .
- **$e_o$ :** a partire dal  $d_{50}$  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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

a 0.33. Stimando per  $e_{max}$  un valore pari a 0.7 a partire dai valori di  $D_r$  è stato possibile determinare i valori di  $e_o$  in sito.

- $\gamma_d$  : in base a tali valori di  $e_o$  e da  $\gamma_s$  si può stimare  $\gamma_d$ .
- $K_0$ : si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di "aging".

Dr(%) Prevalente sabbiosa	Dr(%) Sabbie e ghiaie	$\gamma_d$ (KN/m3)	$K_0$
<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 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:

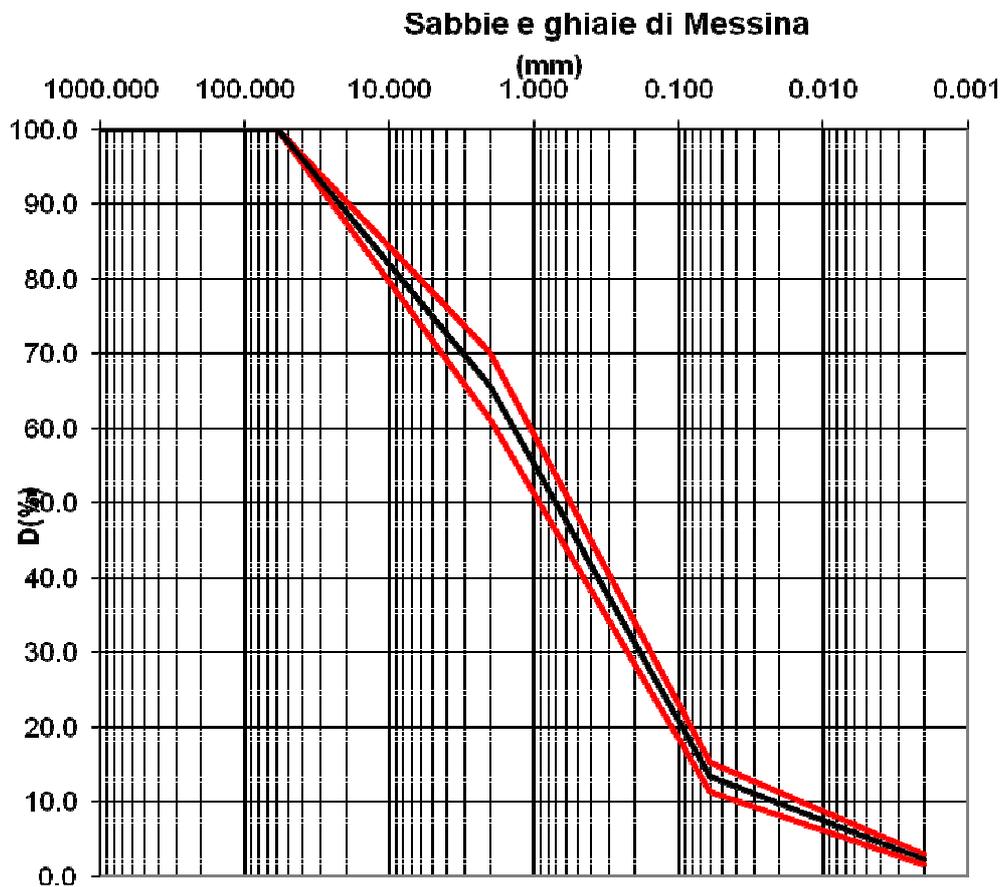
z(m)	$G_0$ (MPa)	$E_0$ (MPa)	$E'$ (MPa)
------	-------------	-------------	------------

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

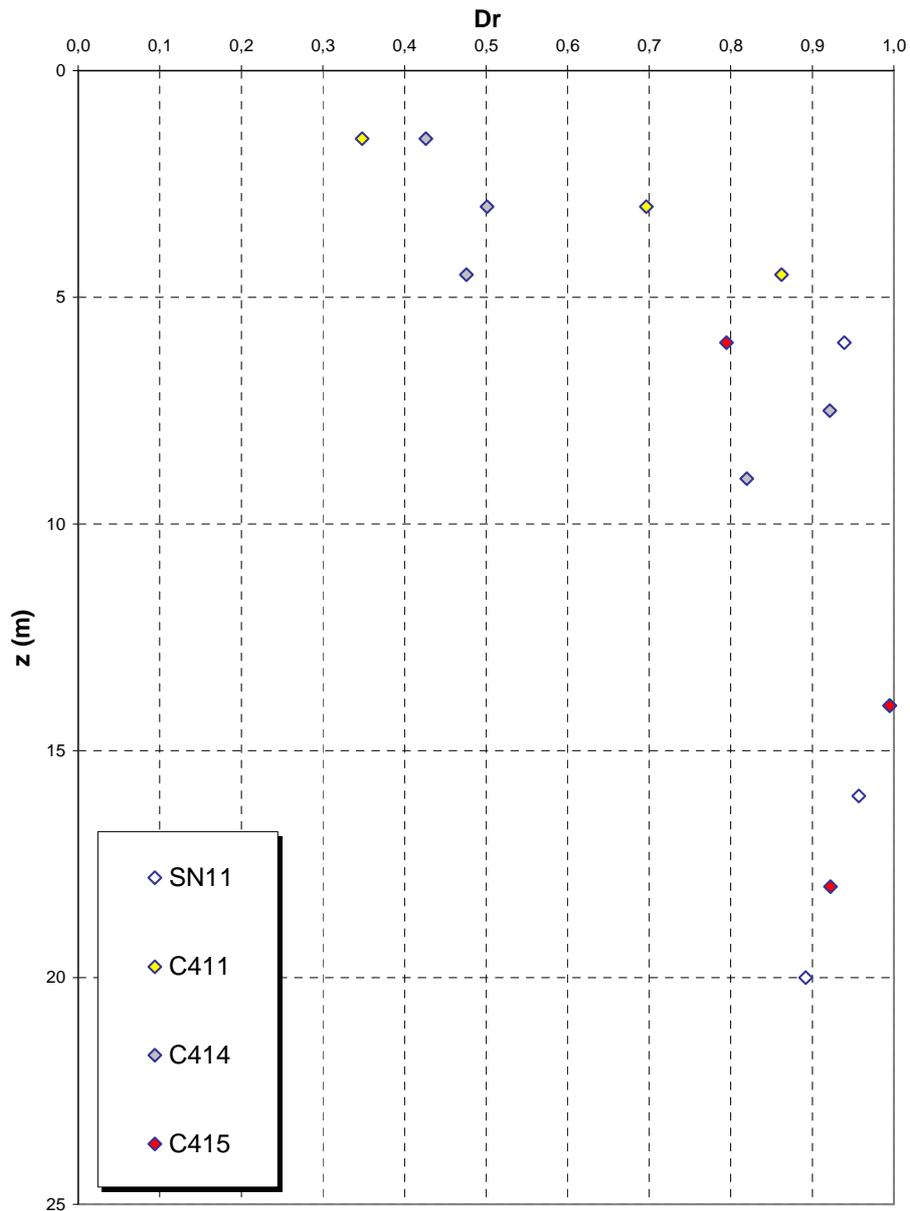
<b>0-25</b>	<b>40 z<sup>0.7</sup></b>	<b>96 z<sup>0.7</sup></b>	<b>(14-33) z<sup>0.7</sup></b>
-------------	---------------------------	---------------------------	--------------------------------

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

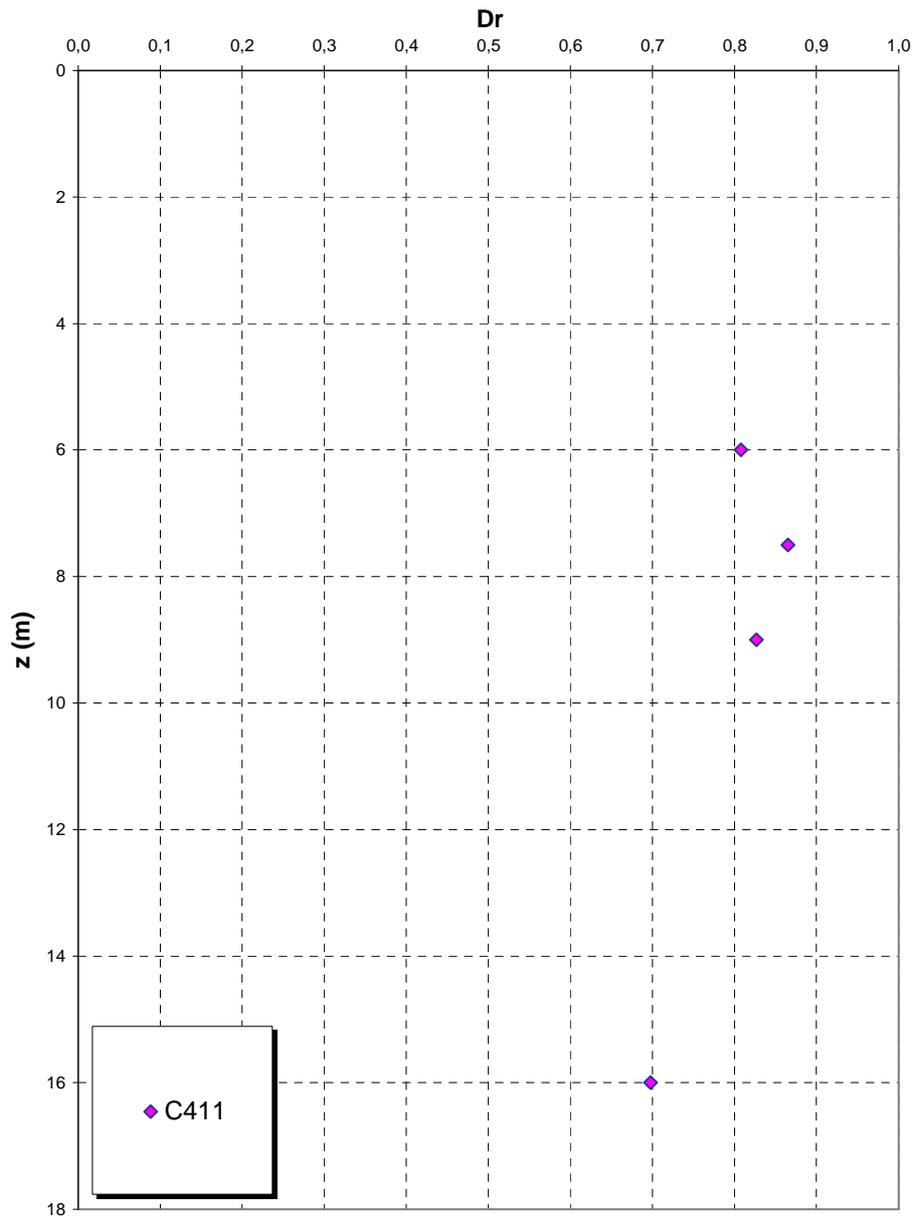
Le 4 prove pressiometriche forniscono invece valori variabili compresi fra 140 e 340 MPa fra 35 ed 85m di profondità.



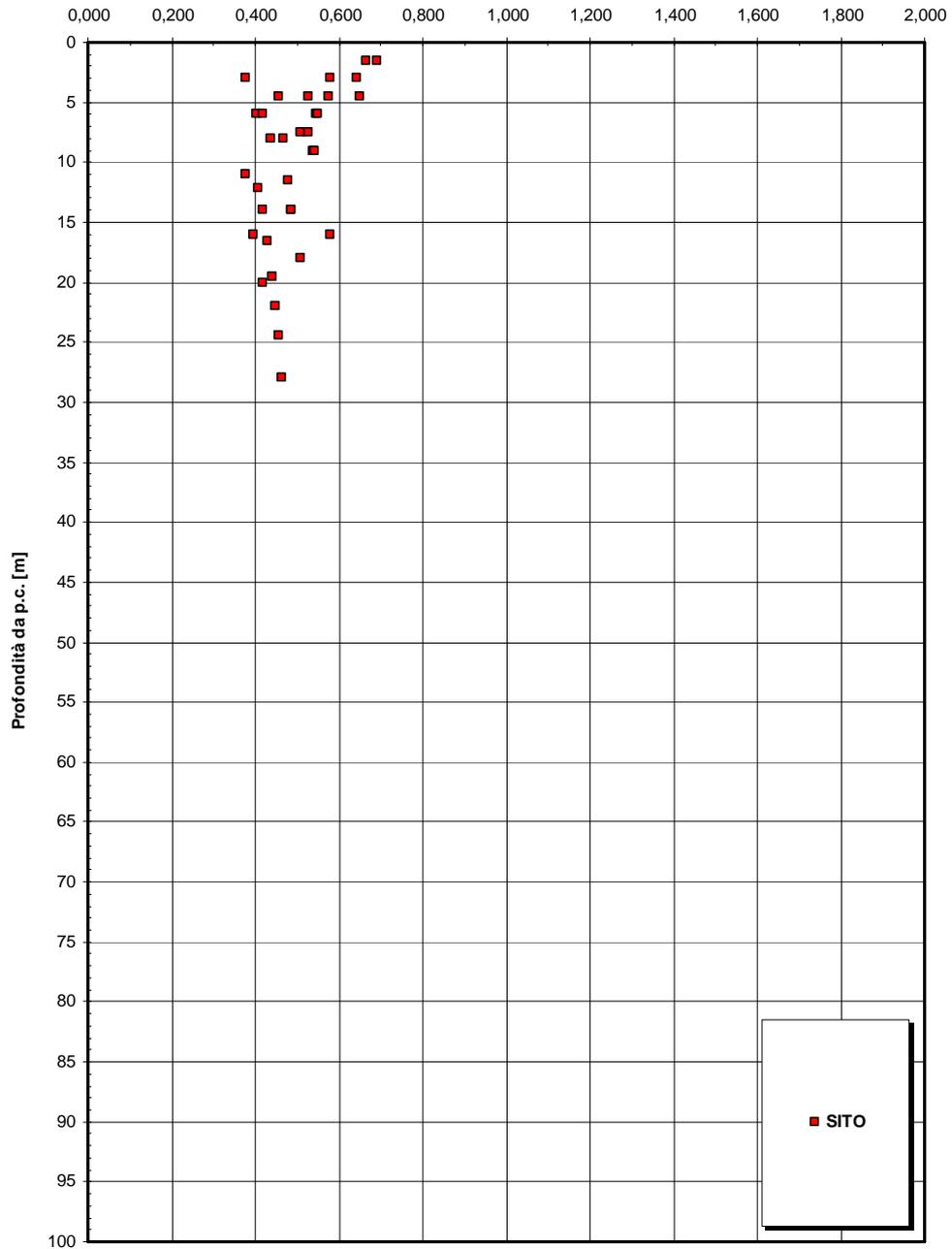
**Dr Skempton (1986)  
Componente sabbiosa prevalente  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**

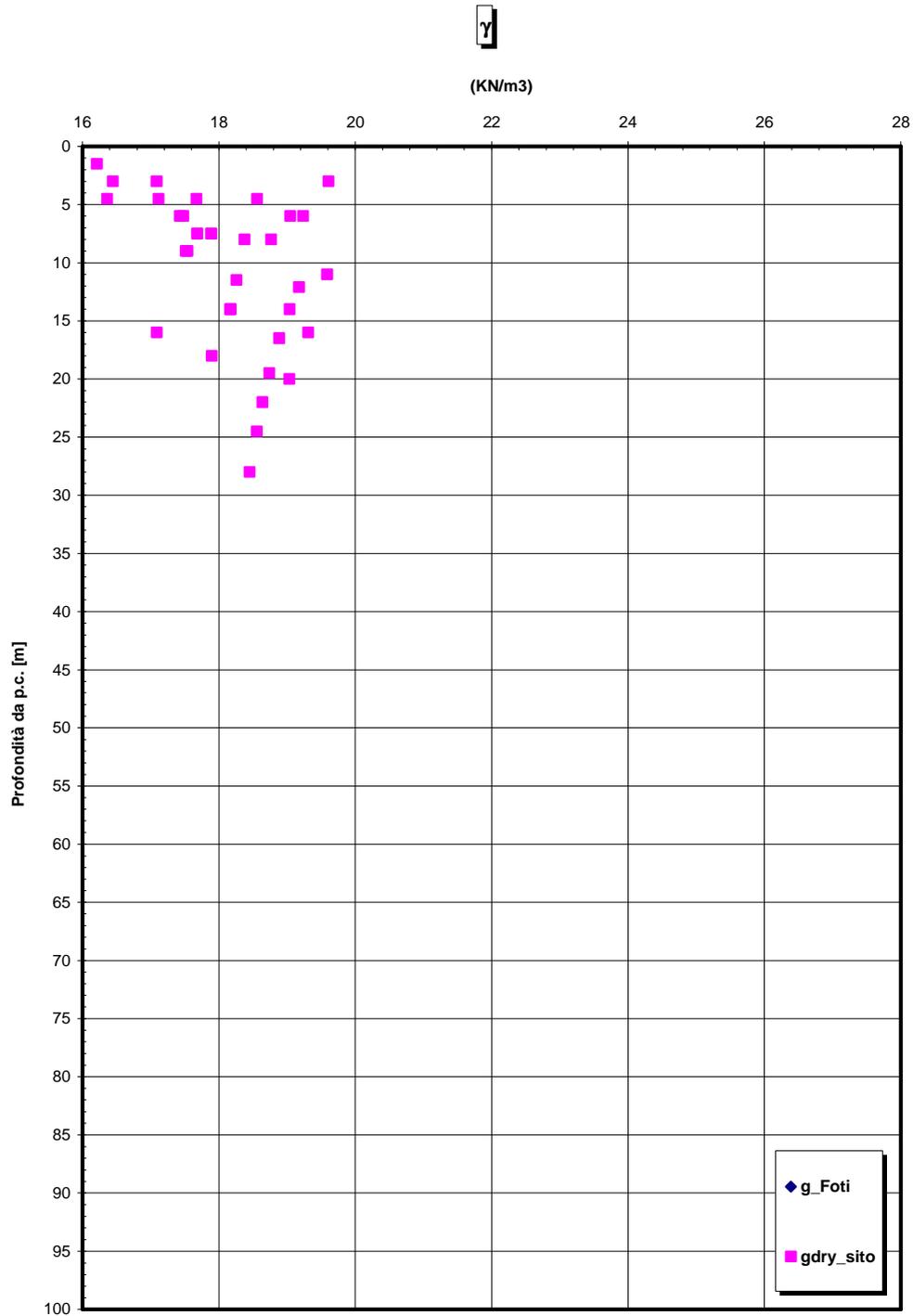


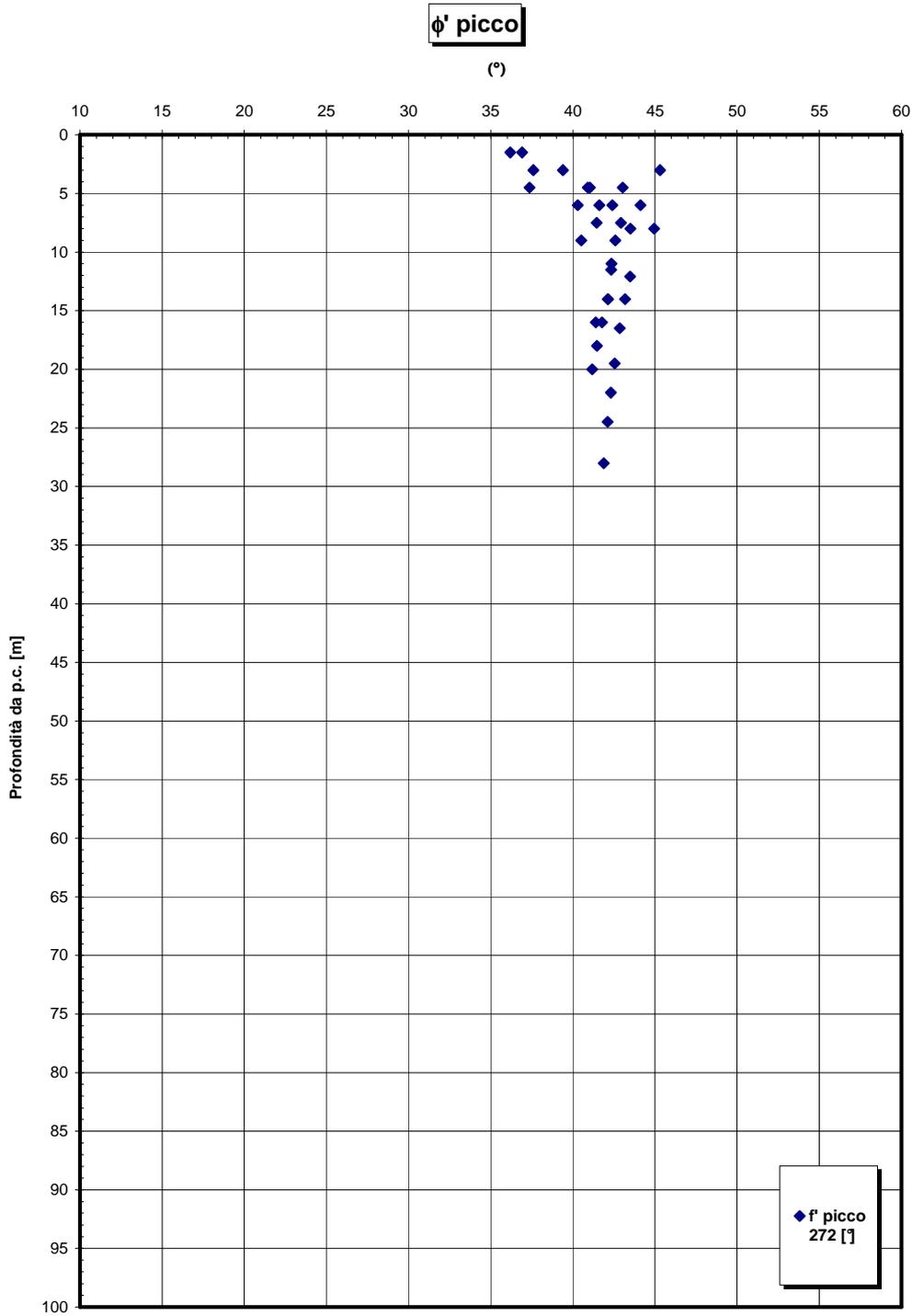
**Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)  
Componente ghiaiosa e sabbiosa  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**

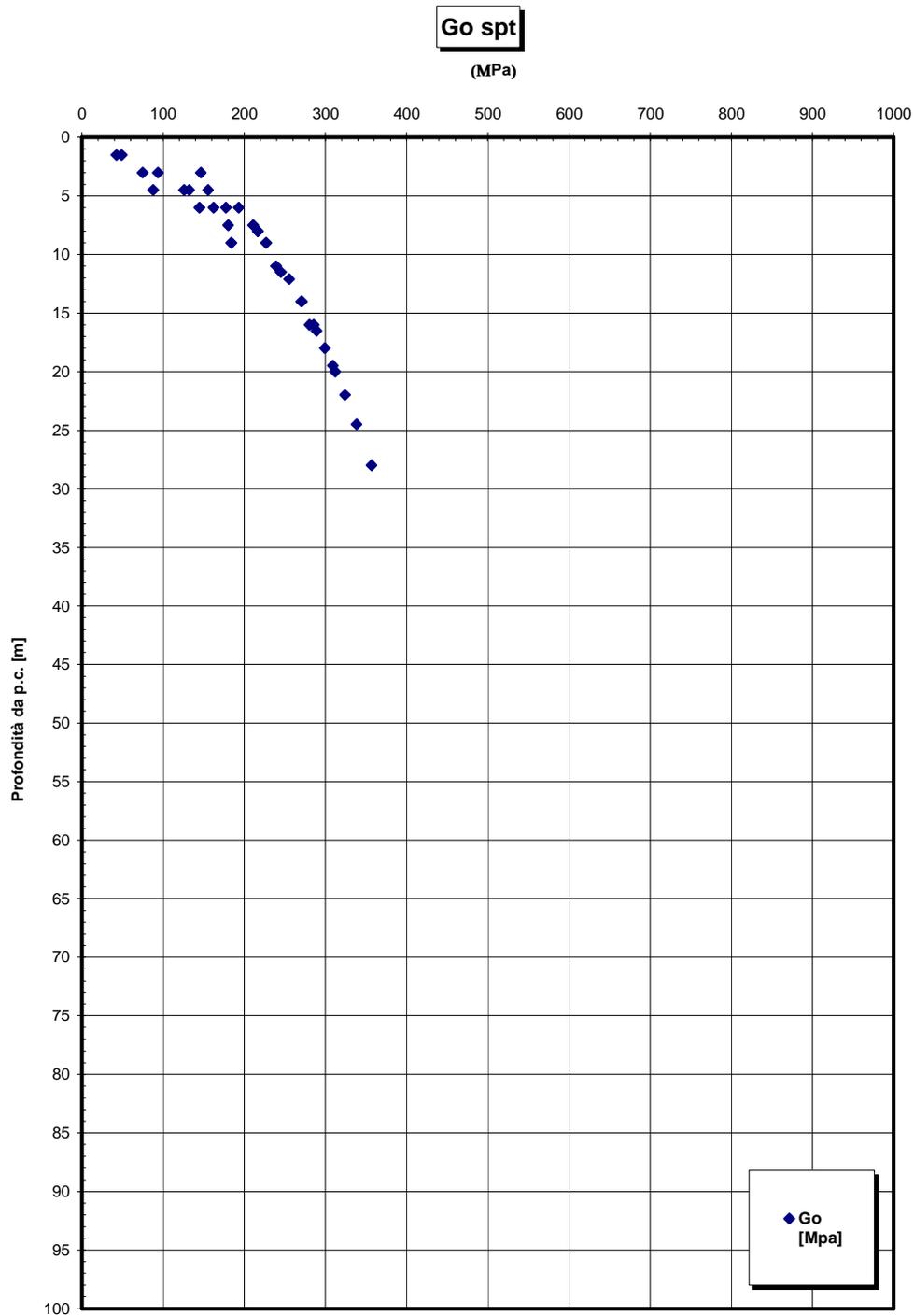


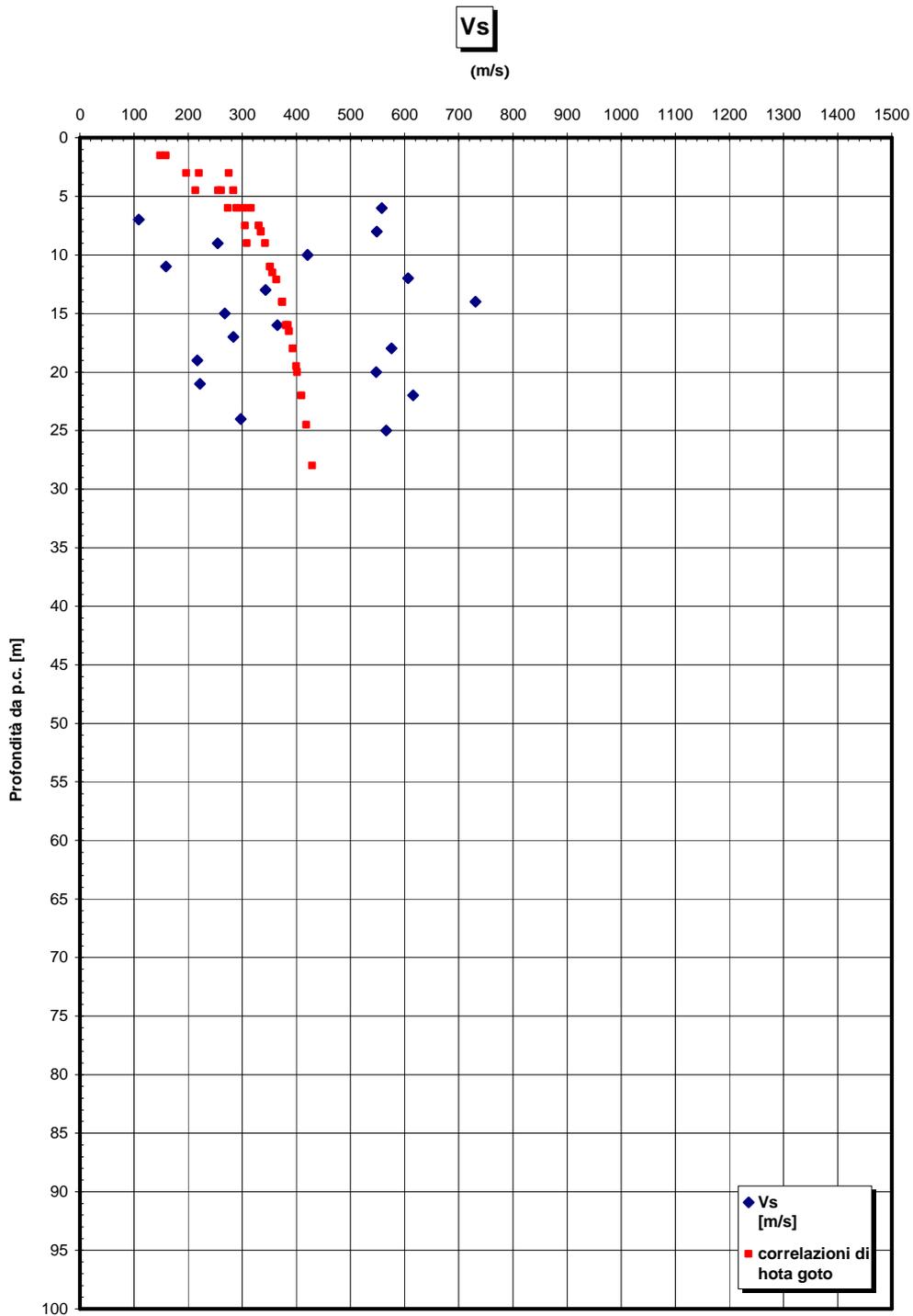
eo



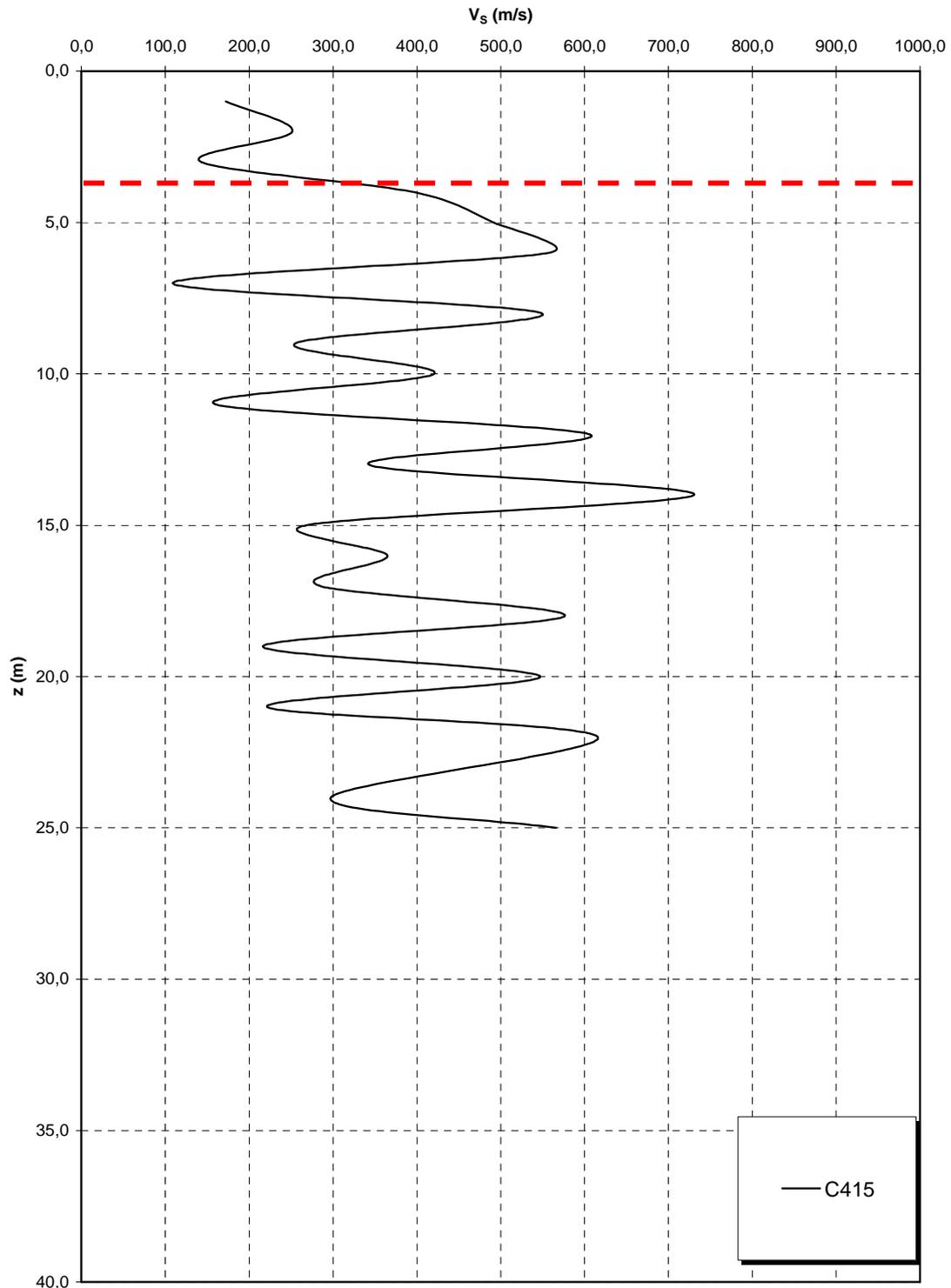




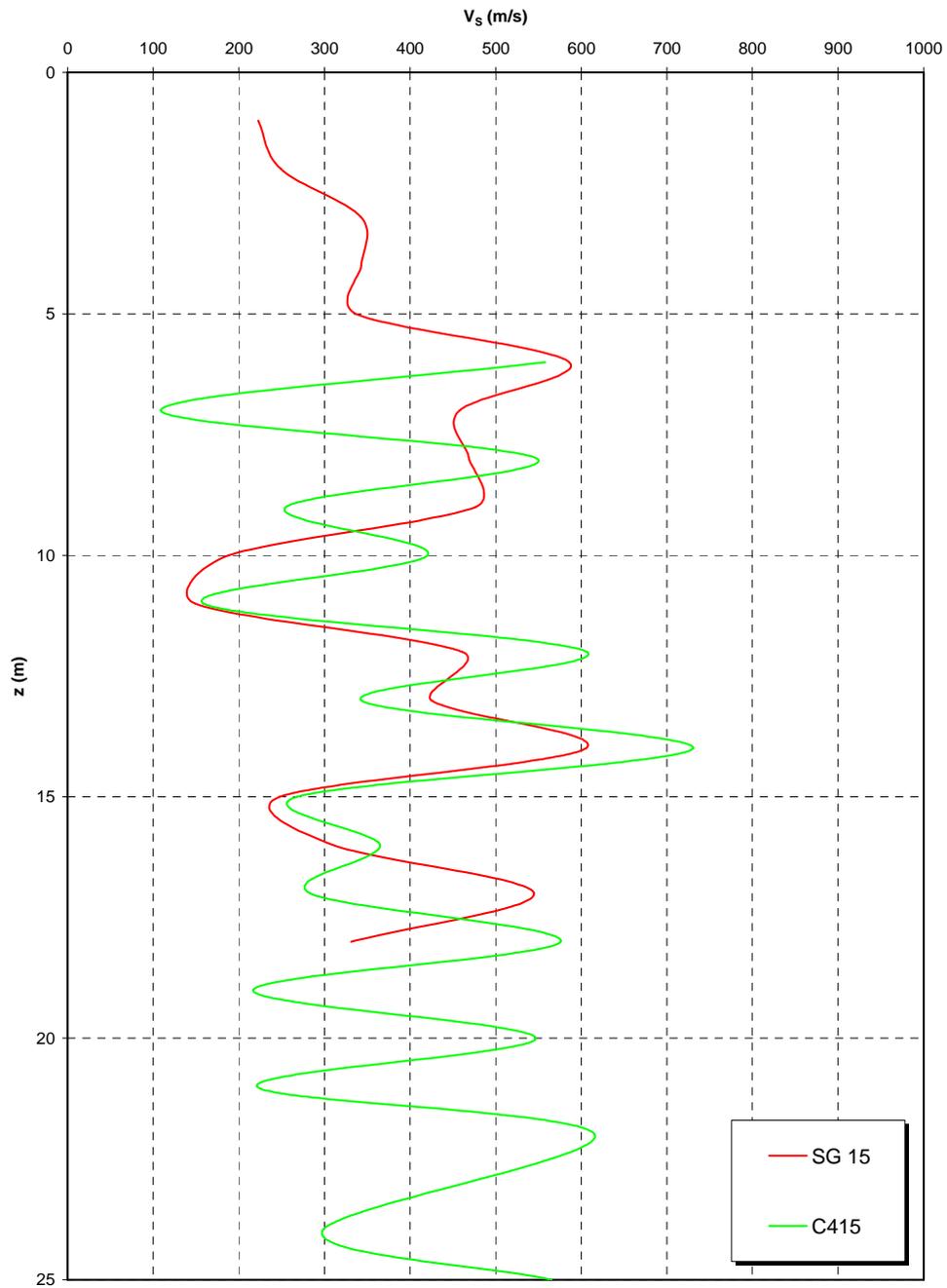




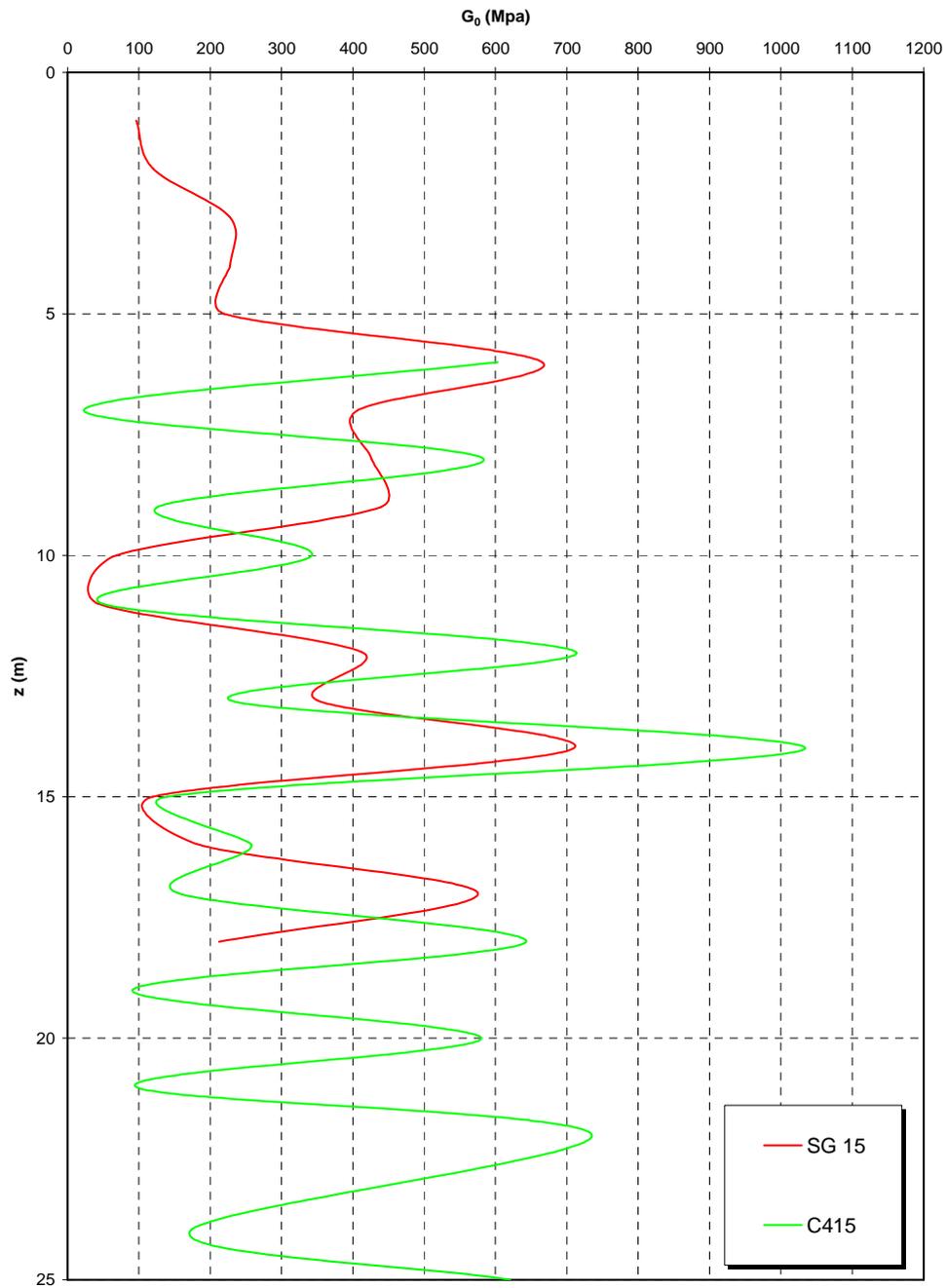
**Prove sismiche  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**



**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>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11.8.2 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO

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

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

## 11.9 CABINA AREA DI SOSTA E CONTROLLO SOLARO

### 11.9.1 Descrizione delle litologie prevalenti

Le litologie prevalenti sono costituite dalle formazioni dei Sabbie e Ghiaie di Messina, Depositi terrazzati marini.

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

I Depositi terrazzati marini sono rappresentati da depositi marini sabbiosi e sabbioso ghiaiosi fortemente pedogenizzati in prossimità della superficie. I depositi dei terrazzi marini rappresentano terre da sciolte a debolmente coesive con cementazione da debole ad assente.

L'età attribuibile ai terrazzi cartografati nell'area di intervento copre l'intervallo Pleistocene medio-superiore.

La falda non risulta interferente con le opere.

### 11.9.2 Caratterizzazione geotecnica

Per i criteri e per gli aspetti generali di caratterizzazione si rimanda a quanto riportato nella relazione Elab. CG0800PRBDCSBC8G00000001. Per la definizione delle categorie di suolo si rimanda al medesimo elaborato ed alla relazione sismica di riferimento.

#### 11.9.2.1 Indagini utilizzate

Data l'esiguità dei sondaggi e delle prove localmente presenti (SN13), si è scelto di tenere conto anche di altri sondaggi e prove disponibili.

Sabbie e Ghiaie di Messina

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Si considerano i sondaggi della tratta relativa alla Rampa D\_dec.

- prove SPT (S10\_DG42,SN12,SN13,SN14,C416,C417)
- 2 prove sismiche (C416, C417)
- 2 prove Le Franc (C416, C417)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici ed elle caratteristiche di resistenza (C403BIS,C429,C430,C432)

#### Depositi terrazzati marini

Si considerano i sondaggi della tratta relativa alla Rampa D\_dec.

- prove SPT (SN12, C416)
- 1 prove sismiche (C416)
- 2 prove Le Franc (C416, C417)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici ed elle caratteristiche di resistenza (C429,C430,C432)

#### **11.9.2.2 Caratterizzazione 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  $\gamma_{dmin}$  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  $d_{50}=0.8$ mm.
- **$e_o$ :** a partire dal  $d_{50}$  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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

a 0.33. Stimando per  $e_{max}$  un valore pari a 0.7 a partire dai valori di  $D_r$  è stato possibile determinare i valori di  $e_o$  in sito.

- $\gamma_d$  : in base a tali valori di  $e_o$  e da  $\gamma_s$  si può stimare  $\gamma_d$ .
- $K_0$ : si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di "aging".

Z(m)	Dr(%) Prevalente sabbiosa	Dr(%) Sabbie e ghiaie	$\gamma_d$ (KN/m3)	$K_0$
5-15	0.8	-	18-20	0.40-0.45
>15	0.6-0.8	-	17-18	0.45-0.5

**TABELLA 28: RIASSUNTO DELLE CARATTERISTICHE INIZIALI DELLE SABBIE E GHIAIE DI MESSINA.**

Per i parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci sulla base delle prove SPT si è ottenuto:

Z(m)	$\phi'_p$ (pff=0-272KPa) (°)	$\phi'_p$ (pff=272-350KPa) (°)	$\phi'_{cv}$ (°)
5-15	40-42	37-39	33-35
>15	39-41	36-38	

**TABELLA 29: RIASSUNTO DELLE CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DELLE SABBIE E GHIAIE DI MESSINA.**

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per le caratteristiche di deformabilità dalle prove sismiche in foro (C416, C417) si ottengono valori dei moduli di taglio iniziali  $G_0$  che mostrano un andamento crescente con la profondità, da circa 100MPa a circa 500MPa a 40m di profondità.

Una stima con la profondità si rende difficoltosa per la dispersione di  $G_0$ .

Tenendo conto delle prove SPT si ottiene una stima cautelativa:

G0 (MPa)	E0 (MPa)	E' (MPa)
$60 z^{0.5}$	$144 z^{0.5}$	$(19-48) z^{0.5}$

**TABELLA 30: RIASSUNTO**

**DELLE CARATTERISTICHE DI**

**DEFORMABILITÀ DELLE SABBIE E GHIAIE DI MESSINA.**

con E' 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 130 e 200 MPa fra 20 ed 30m di profondità.

### 11.9.2.3 Caratterizzazione Depositi terrazzati marini

L'andamento del fuso evidenzia che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 30%), sia di materiali intermedi (sabbie 50%). Il contenuto di fino è mediamente del 17%

Con riferimento al fuso medio si ha:

- Il valore di  $D_{50}$  è pari a 0.5mm
- Il valore di  $D_{60}$  è pari a 1.0 mm
- Il valore di  $D_{10}$  è pari a 0.008 mm

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

Da letteratura si hanno a disposizione i valori di  $\gamma_{dmax}$  e  $\gamma_{dmin}$  pari rispettivamente a 18.8 e 15.7 kN/m<sup>3</sup>

Per la definizione dello stato iniziale si ha:

- **Dr**: I valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con il fattore correttivo  $C_{sg}=0.85$  corrispondente al  $d_{50}=0.5$ mm.
- **e<sub>o</sub>**: a partire dal  $d_{50}$  stimato si ottiene di  $e_{max}-e_{min}$  pari a 0.35. Stimando per  $e_{max}$  un valore pari a 0.7 a partire dai valori di Dr è stato possibile determinare i valori di **e<sub>o</sub>** in sito. In Allegato si mostra il confronto/calibratura di **e<sub>o</sub>** determinato a partire da Dr con quello misurato nelle prove di laboratorio.
- **γd** : in base ai valori di **e<sub>o</sub>** da  $\gamma_s$  si può stimare  $\gamma_s$ .

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- $K_0$ : si considera la relazione di Jaky.

z(m)	Dr(%) Prevalente sabbiosa	Dr(%) Sabbie e ghiaie	$\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )	$K_0$
<b>5-15</b>	<b>50-90</b>	-	<b>19-20</b>	<b>0.35-0.4</b>

31:

**RIASSUNTO DELLE CARATTERISTICHE INIZIALI DEI DEPOSITI TERRAZZATI MARINI.**

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 circa 40°

z(m)	$\phi'_p$ (pff=0-272KPa) (°)	$\phi'_p$ (pff=272-350KPa) (°)	$\phi'_{cv}$ (°)
5-15	38-42	35-38	33-35

**TABELLA 32: RIASSUNTO DELLE CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI DEPOSITI TERRAZZATI MARINI.**

Si considerano valori operativi dell'angolo di attrito pari a 38°-40°

Per le caratteristiche di deformabilità dalle prove sismiche in foro (C416) e dalle SPT si ottengono valori pari a:

z(m)	G0(MPa)	E0(MPa)	E'(MPa)
<b>5-15</b>	<b>100-200</b>	<b>240-960</b>	<b>35-80 / 70-160</b>

**TABELLA 33: RIASSUNTO DELLE CARATTERISTICHE DI DEFORMABILITÀ DELLE SABBIE E GHIAIE DI MESSINA.**

pari rispettivamente a circa 1/10-1/5 ed a 1/3 di quelli iniziali.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CABINE - RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CS0727_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 11.9.3 Stratigrafia di progetto

Di seguito si riporta la stratigrafia di progetto ottenuta sulla base dei profili Geologico-Geotecnici e i parametri geotecnici caratteristici delle varie unità assunti nei calcoli.

Materiale	prof. (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	$c'$ (Kpa)	$E'^*$ (MPa)	K (m/s)
Depositi terrazzati marini	0 – 0/5	19-20	38-40	0	35-80	$10^{-5} - 10^{-6}$
Sabbie e Ghiaie di Messina	> 0/5	18-20	38-40	0	$(19-48) z^{0.5}$	$10^{-4} \div 10^{-5}$

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

**TABELLA 34: STRATIGRAFIA DI PROGETTO E PARAMETRI CARATTERISTICI DEI MATERIALI.**

dove:

- $\gamma_n$  = peso di volume naturale
- $c'$  = coesione drenata
- $\phi'$  = angolo di attrito efficace
- $E'$  = modulo elastico per medie-grandi deformazioni

La falda non risulta interferente con le opere.

### 11.9.4 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITÀ

Localmente non ci sono indagini che raggiungano i primi 30 m di profondità per la caratterizzazione sismica del suolo: cautelativamente si assume una categoria nel contesto in esame (cat. C) corrispondente a “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*”, mentre la categoria topografica è T1 in quanto il rilievo considerato ha altezza inferiore a 30m; si ottiene quindi questo valore di  $a_{max}$ :