



PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

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

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

| | | |
|---|--|------------------|
| <i>Unità Funzionale</i> | COLLEGAMENTI CALABRIA | CS0367_F0 |
| <i>Tipo di sistema</i> | INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI | |
| <i>Raggruppamento di opere/attività</i> | ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE | |
| <i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> | VIADOTTO PIRIA | |
| <i>Titolo del documento</i> | RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | |

CODICE

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| C | G | 0 | 7 | 0 | 0 | P | R | G | D | C | S | C | 0 | 0 | V | I | 1 | C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | F0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

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

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

INDICE

| | |
|---|----|
| INDICE | 3 |
| PREMESSA..... | 4 |
| 1 RIFERIMENTI NORMATIVI | 4 |
| 2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI | 6 |
| 3 CARATTERISTICHE MATERIALI..... | 9 |
| 3.1 Conglomerato cementizio | 9 |
| 3.1.1 Conglomerato cementizio per sottofondazioni | 9 |
| 3.1.2 Conglomerato cementizio per fondazioni | 9 |
| 3.1.3 Conglomerato cementizio per elevazioni | 9 |
| 3.1.4 Conglomerato cementizio per soletta d'impalcato e predalles..... | 9 |
| 3.2 Acciaio per cemento armato | 10 |
| 3.3 Acciaio per carpenteria metallica | 10 |
| 3.4 Collegamenti bullonati | 11 |
| 3.5 Connettori a piolo | 11 |
| 3.6 Saldature..... | 11 |
| 4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA..... | 13 |
| 4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA..... | 13 |
| 4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO..... | 15 |
| 4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO | 52 |
| 4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE | 53 |
| 4.4.1 Durabilità delle opere..... | 53 |
| 4.4.2 Definizione della larghezza collaborante..... | 54 |
| 4.4.3 Definizione del coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc..... | 55 |
| 5 FASI COSTRUTTIVE..... | 57 |
| 6 ELABORATI DI RIFERIMENTO..... | 58 |

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

PREMESSA

La presente relazione riguarda il dimensionamento statico del ponte ubicato alla PK. 2+610 denominato "Viadotto Piria" (altezza max. trave 250 cm e luce 50+50 m), nell'ambito del progetto Definitivo per la realizzazione del "Ponte sullo Stretto di Messina".

1 RIFERIMENTI NORMATIVI

- [NT_1]. *Legge n. 1086 del 5/11/1971 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;*
- [NT_2]. *D.M. del 14/2/1996 - Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle opere in c.a. normale e precompresso ";*
- [NT_3]. *D.M. del 9/1/1996 - Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche";*
- [NT_4]. *D.M. 16/1/1996: "Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";*
- [NT_5]. *Circolare n. 156 AA.GG./STC del 04/7/1996 - 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 D.M. 9/01/1996;*
- [NT_6]. *Circolare n. 252 del 15/10/1996 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. 9/01/1996;*
- [NT_7]. *Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale - "Istruzioni tecniche sul calcestruzzo strutturale. Linee guida". Dicembre 1996;*
- [NT_8]. *Legge n. 64 del 02/02/1974 - "Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali";*
- [NT_9]. *D.M. del 04/05/1990 - "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali";*
- [NT_10]. *Circolare n°34233 del 25/02/1991 - "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali";*
- [NT_11]. *Norme Tecniche C.N.R. n. 10011-86 del 31/12/1992 - Costruzioni di acciaio Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;*
- [NT_12]. *D.M. Min. LL.PP. 3 Dicembre 1987 - "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e*

| | | | | |
|---|---|---|-----------|--------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | Codice documento CS0367_F0 | Rev F0 | Data 20/06/2011 |

collaudo delle costruzioni prefabbricate”;

- [NT_13]. Circolare Min. LL.PP. 16 Marzo 1989, n° 31 104 - Istruzioni in merito alle “Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate”;
- [NT_14]. Norme Tecniche C.N.R. n. 10025-84 del 14/12/1984 - Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- [NT_15]. Legge n. 64 del 5/11/1974 - “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- [NT_16]. D.M. 16/1/1996: "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche";
- [NT_17]. Circolare n. 65AA.GG./STC del 10/04/1997 - Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche” di cui al D.M.16/01/1996;
- [NT_18]. Circolare Min. LL.PP. 6 Novembre 1967 n° 3 797, Circolare Min. LL.PP. 20 Agosto 1970 n° 7284 - “Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il collaudo delle fondazioni”;
- [NT_19]. D.M. Min. LL.PP. 11 Marzo 1988 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- [NT_20]. Circolare Min. LL.PP. 24 settembre 1988 n° 30483 - L. 2.2.74, n° 64 - art. 1 D.M. 11.3.1988 - “Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- [NT_21]. Istruzioni CNR 10011/88 - Costruzioni di acciaio : Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- [NT_22]. Istruzioni CNR 10016/85 – Travi composte di acciaio calcestruzzo : Istruzione per l'impiego nelle costruzioni.
- [NT_23]. Istruzioni CNR 10030/87, n°163 del 30/12/1 992 – Anime irrigidite di travi a parete piena.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

RIFERIMENTI PER CALCOLO STRUTTURALE

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

RIFERIMENTI PER CALCOLO SISMICO

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

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

- [B22]. ERASMO VIOLA [2001] - "Fondamenti di dinamica e vibrazione delle strutture"
- [B23]. IUSS PRESS, rivista quadrimestrale - "Progettazione sismica"
- [B24]. M.J.N. PRIESTLEY, G.M. CALVI, M.J. KOWLASKY [2007] - "Displacement-based seismic design of structures"
- [B25]. P.E. PINTO, P. FRANCHIN, A. LUPOI [2009] - "Valutazione e consolidamento sismico dei ponti esistenti"
- [B26]. P.E. PINTO, R. GIANNINI, P. FRANCHIN [2004] - "seismic reliability analysis of structures"

RIFERIMENTI PER CALCOLO GEOTECNICO

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

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Geotechnique, 2, 301-332.

- [B40]. MEYERHOF, G.G. [1951] - "Some recent research on the bearing capacity of foundations" - *Canadian Geotechnical Journal*, 1, 16-26
- [B41]. MEYERHOF G.G., SASTRY V.V.R.N. [1978] - "Bearing capacity of piles in layered soils. Part 1. Clay overlying sand" - *Canadian Geotechnical Journal*, 15, 171-182, 183-189.
- [B42]. REESE L.C., WRIGHT S.J. [1977] - "Drilled shaft manual" - U.S. Dept. Transportation, Offices of Research and Development, Implementation Div., HDV 2, Washington D.C., vol.1
- [B43]. REESE L.C., W.R.COX, F.D. KOOP [1974] - "Analysis of laterally loaded piles in sand" – Paper N° OCT 2080, Proceedings, Fifth Annual Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 1975.
- [B44]. REESE L.C., W.R.COX, F.D. KOOP [1975] - "Field testing and analysis of laterally loaded piles in stiff clay" – Paper N° OCT 2313, Proceedings, Seventh Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 1975.
- [B45]. REESE L.C., WELCH R.C. [1975] - "Lateral loading of deep foundations in stiff clay" – *Journal of the geotechnical Division, ASCE, Vol. 101, No GT7, Proceedings Paper 11456, 1975, pp. 633 – 649.*
- [B46]. SKEMPTON, A. W. [1951] - "The bearing capacity of clays" - *Building Research Congress, London, 1, 180-189.*
- [B47]. VESIC, A.S. [1970] - "Tests on instrumented Piles, Ogeechee River Site" - *JSMFD, ASCE, V. 96, N. SM2, Proc. Paper 7170, March.*
- [B48]. VESIC, A.S. [1973] - "Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations". - *JSMFD, ASCE, Jan., 45-73.*
- [B49]. WELCH, R.C., REESE L.C. [1972] - "Laterally loaded Behavior of drilled shafts" – *Research Report N° 3-5-65-89, conducted for Texas Highway Department and U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bureau of Public Roads, by Center for Highway Research, The University of Austin.*

|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
|---|---|---|--|------------|-------------|----|------------|
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_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 | | | | | | |

3 CARATTERISTICHE MATERIALI

3.1 Conglomerato cementizio

3.1.1 Conglomerato cementizio per sottofondazioni

Classe $R_{ck} \geq 15 \text{ N/mm}^2$

3.1.2 Conglomerato cementizio per fondazioni

Classe $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$
 Modulo elastico del calcestruzzo $E_c = 5700 \cdot R_{ck}^{0.5} = 31220 \text{ N/mm}^2$
 Tensione normale ammissibile di compressione $\sigma_{camm} = 6 + (R_{ck} - 15)/4 = 9.75 \text{ N/mm}^2$
 Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0} = 0.4 + (R_{ck} - 15)/75 = 0.60 \text{ N/mm}^2$
 $\tau_{c1} = 1.4 + (R_{ck} - 15)/35 = 1.82 \text{ N/mm}^2$
 Classe di esposizione XC2
 Classe di consistenza S4

3.1.3 Conglomerato cementizio per elevazioni

Classe $R_{ck} \geq 35 \text{ N/mm}^2$
 Modulo elastico del calcestruzzo $E_c = 5700 \cdot R_{ck}^{0.5} = 33721 \text{ N/mm}^2$
 Tensione normale ammissibile di compressione $\sigma_{camm} = 6 + (R_{ck} - 15)/4 = 11.00 \text{ N/mm}^2$
 Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0} = 0.4 + (R_{ck} - 15)/75 = 0.66 \text{ N/mm}^2$
 $\tau_{c1} = 1.4 + (R_{ck} - 15)/35 = 1.97 \text{ N/mm}^2$
 Classe di esposizione XC2 \ XF1
 Classe di consistenza S4

3.1.4 Conglomerato cementizio per soletta d'impalcato e predalles

Classe $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$
 Modulo elastico del calcestruzzo $E_c = 5700 \cdot R_{ck}^{0.5} = 36050 \text{ N/mm}^2$
 Tensione normale ammissibile di compressione $\sigma_{camm} = 6 + (R_{ck} - 15)/4 = 12.25 \text{ N/mm}^2$
 Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0} = 0.4 + (R_{ck} - 15)/75 = 0.73 \text{ N/mm}^2$

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

$$\tau_{c1} = 1.4 + (R_{ck}-15)/35 = 2.11 \text{ N/mm}^2$$

Classe di esposizione

XF4

Classe di consistenza

S4

3.2 Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo FeB44K controllato in stabilimento che presentano le seguenti caratteristiche:

Tensione di snervamento caratteristica

$$f_{yk} \geq 430 \text{ N/mm}^2$$

Tensione caratteristica a rottura

$$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$$

Tensione ammissibile

$$\sigma_s \geq 255 \text{ N/mm}^2$$

Modulo di deformazione elastico

$$E_s = 2100000 \text{ N/mm}^2 \epsilon_{uk} = 7,5 \%$$

3.3 Acciaio per carpenteria metallica

Acciaio tipo CORTEN In conformità con la norma UNI EN 100155:

- Elementi composti per saldatura:

spessori $t \leq 40 \text{ mm}$:

Tipo

S355J2G1W

Soglia di snervamento

$$f_{yk} \geq 355 \text{ N/mm}^2$$

Tensione di rottura

$$f_{tk} \geq 470-630 \text{ N/mm}^2$$

spessori $t > 40 \text{ mm}$:

Tipo

S355K2G1W

Soglia di snervamento

$$f_{yk} \geq 315 \text{ N/mm}^2$$

Tensione di rottura

$$f_{tk} \geq 470-630 \text{ N/mm}^2$$

- Elementi non saldati:

spessori $t \leq 16 \text{ mm}$:

Tipo

S355J0W

Soglia di snervamento

$$f_{yk} \geq 355 \text{ N/mm}^2$$

Tensione di rottura

$$f_{tk} \geq 470-630 \text{ N/mm}^2$$

spessori $16 < t \leq 40 \text{ mm}$:

Tipo

S355J0W

Soglia di snervamento

$$f_{yk} \geq 315 \text{ N/mm}^2$$

Tensione di rottura

$$f_{tk} \geq 470-630 \text{ N/mm}^2$$

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

3.4 Acciaio per armature micropali

In conformità con la norma UNI EN 100155:

- Elementi composti per saldatura:
spessori $t \leq 40$ mm:

| | |
|-----------------------|-------------------------------------|
| Tipo | S275JR |
| Soglia di snervamento | $f_{yk} \geq 275$ N/mm ² |
| Tensione di rottura | $f_{tk} \geq 430$ N/mm ² |

3.5 Collegamenti bullonati

Giunzioni ad attrito da realizzarsi con bulloneria ad alta resistenza a serraggio controllato secondo UNI 5712 e UNI 5713:

- Viti classe 10.9
- Dadi classe 10
- Rosette in acciaio C50 EN10083 (HRC 32-40) (UNI 5714)

Le giunzioni bullonate ad attrito dovranno prevedere un coefficiente di attrito pari a 0,35 e coppie di serraggio secondo CNR 10011.

I bulloni disposti verticalmente avranno la testa della vite verso l'alto ed il dado verso il basso ed avranno una rosetta sotto la vite ed una sotto il dado.

Fori per bulloni secondo CNR 10011.

3.6 Connettori a piolo

In conformità con la norma UNI EN ISO 13918:

| | |
|-----------------------|-------------------------------------|
| Acciaio tipo | ST 37-3K (S235J2G3+C450) |
| Soglia di snervamento | $f_{yk} \geq 350$ N/mm ² |
| Tensione di rottura | $f_{tk} \geq 450$ N/mm ² |
| Allungamento | $A \geq 15\%$ |
| Strizione | $Z \geq 50\%$ |

3.7 Saldature

In conformità con le CNR 10011 e D.M. 9-01-1996

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Dove non diversamente specificato si prevedono saldature a cordone d'angolo di lato pari a 0.7 per lo spessore minimo da collegare se su entrambi i lati, e di lato pari allo spessore minimo da collegare se su un solo lato. Tutti i cordoni devono essere sigillati sul contorno. Per i giunti a piena penetrazione le lamiere dovranno essere preventivamente preparate con opportuno cianfrino.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

La zona in cui è individuata l'opera esaminata nel presente documento, ricade all'incirca alla Latitudine di 38,233103 e Longitudine di 15,668998.



F1. Individuazione della zona in cui ricade l'opera

L'opera si sviluppa con andamento rettilineo su un'unica via di corsa di larghezza massima $B = 26,20$ m (dei quali 23,40 carrabili nel punto più largo) e si presenta retto rispetto alla direzione di percorrenza della viabilità; l'angolo tra l'asse longitudinale del ponte e l'asse appoggi è pari a 90° . Da un punto di vista statico, la struttura è a 2 campate con luce di calcolo pari a 50+50 m:

| Campata | Lunghezza [m] |
|-------------------|----------------------|
| Spalla A – Pila 1 | 50,00 |
| Pila 1 – Spalla B | 50,00 |

L'impalcato è realizzato mediante 4 travate metalliche continue con soletta in c.a. collaborante (prevista con il sistema costruttivo "a prédalles", armate con tralicci tipo Bausta o similari,

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

autoportanti nei confronti del getto in opera della soletta) e traversi metallici reticolari. Le travi in acciaio hanno altezza costante lungo il loro sviluppo longitudinale e un interasse variabile (min 4,25 \ max 8,50 m). La larghezza delle piattabande superiori ed inferiori e lo spessore dei singoli elementi sono definiti in maniera accurata negli elaborati grafici a cui si rimanda per maggior dettaglio:

| | TIPO 1 | TIPO 2 | TIPO 3 | TIPO 4 |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| H trave (mm) | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 |
| Piattabanda sup. (mm) | 900x30 | 900x30 | 900x40 | 1000x40+950x40 |
| Anima (mm) | 14 | 20 | 20 | 24 |
| Piattabanda inf. (mm) | 1200x40 | 1200x40 | 1200x40 | 1150x40+1200x40 |

Le travi in acciaio vengono prefabbricate in officina per conci di lunghezza massima 12,00 m, conci risultano trasportabili agevolmente senza oneri specifici.

La spalla è in c.a. di tipo tradizionale con muro frontale, paraghiaia e muri andatori, con fondazione su micropali in c.a. $\phi 240$ armati con un tubolare in acciaio $\phi 177.8 \times 12.5$. La sezione trasversale della spalla è costituita dal muro frontale di spessore costante pari a 2,75 m, posto davanti al muro paraghiaia di spessore di 60 cm che si eleva fino a quota pavimentazione; i muri andatori hanno spessore costante pari a 70 cm. Le orecchie di risvolto proseguono con il medesimo spessore dei muri andatori per 150 cm.

Per limitare le deformazioni del paramento verticale viene realizzato un setto in c.a. gettato in opera dello spessore di 100 cm, posto a tergo della spalla in posizione baricentrica.

Le spalle sono rette rispetto all'asse longitudinale del ponte, parallele alla direzione di scorrimento del corso d'acqua interferito.

Il sistema di vincolamento è realizzato mediante appoggi tipo VASOFLON, creando uno schema statico isostatico mediante un carrello e una cerniera. Saranno quindi predisposti:

- su spalla A = 3 appoggio unidirezionale trasversali + 1 appoggio fisso
- su Pila 1 = 3 appoggi multidirezionali +1 appoggio unidirezionale longitudinale
- su spalla B = 3 appoggi multidirezionali +1 appoggio unidirezionale longitudinale

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

I dispositivi saranno progettati affinché resistano all'azione di progetto allo stato limite ultimo e risultino idonei:

- a trasmettere le forze conseguenti alle azioni sismiche;
- ad evitare sconnessioni tra gli elementi componenti il dispositivo di vincolo;
- ad evitare la fuoriuscita dei vincoli dalle loro sedi.

Gli elementi di sostegno ai quali vengono trasmesse le azioni longitudinali e le azioni trasversali sono progettati affinché si mantengano in campo elastico anche sotto l'azione sismica allo stato limite ultimo.

Sono presenti inoltre ritegni sismici di emergenza in direzione trasversale (realizzati in cemento armato), i quali non possono però essere considerati come dispositivi di ritenuta adatti a fenomeni ciclici perché durante un evento sismico sono elementi soggetti a fenomeni di martellamento.

4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

Le fondazioni delle spalle si attestano a una profondità media da p.c. di circa 8 m, mentre la fondazione della pila si attesta a circa 3 m da p.c.

La zona in cui ricade l'opera in oggetto presenta quindi una stratigrafia dove i primi 18-20 m da intradosso fondazione sono caratterizzati da "depositi marini terrazzati", mentre il successivo strato uniforme è caratterizzato dai "plutoniti di tipo B".

Più in dettaglio tale le litologie presentano le seguenti caratteristiche:

DEPOSITI MARINI TERRAZZATI

| | |
|-------------------------------|--|
| γ (kN/m ³) | 18-20 |
| c'_{picco} (kPa) | 0 |
| ϕ'_{picco} (°) | 38°÷40° (p'ff=0-272KPa) / 36° ÷38° (p'ff=272-350KPa) |
| $C_{residuo}'$ (kPa) | 0 |
| $\phi_{residuo}'$ (°) | 33°÷35° |
| k_o (-) | 0.4-0.5 |
| V_s (m/sec) | 200+14·(z) |

| | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------|-------------|----|------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_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 | | | | | | |

| | |
|-------------------|---|
| G'₀ (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) | $10^{-5} - 10^{-6}$ |

PLUTONITI DI TIPO B

| | |
|-----------------------------------|---|
| γ (kN/m³) | 21÷23 |
| c' picco (kPa) | vedi sotto |
| φ' picco (°) | vedi sotto |
| C_{residuo}' (kPa) | vedi sotto |
| φ_{residuo}' (°) | vedi sotto |
| k_o (-) | - |
| V_s (m/sec) | Vs=400+13z (m/s) |
| G'₀ (MPa) | - |
| E' (MPa) * | E'=250 ÷ 500 Mpa in ammassi di classe IV-V RMR (faglie) e nei primi 10m di profondità 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 |
| v' (-) | 0.2 |
| K(m/s) | $10^{-7} \div 10^{-8}$ |

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

φ' = 36÷38°=angolo di resistenza al taglio

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

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 ($p'_{ff}=272 - 350\text{KPa}$)

$c_p' = 0 \text{ kPa}$ = 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:

γ_t = peso di volume naturale;

NSPT = resistenza penetrometrica dinamica in prova SPT;

φ' = angolo di attrito operativo;

c' = intercetta di coesione operativa;

φ_r' = angolo di attrito residuo;

c_r' = intercetta di coesione residua;

OCR = grado di sovraconsolidazione;

σ_{vo}' = pressione verticale efficace geostatica;

σ_{vmax}' = pressione verticale efficace massima subita dal deposito;

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

k_o = coefficiente di spinta del terreno a riposo;

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

V_s = velocità di propagazione delle onde di taglio;

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

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

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

ν' (-) = coefficiente di Poisson

p_a = pressione atmosferica di riferimento, espressa in MPa

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

Secondo i profili idrogeologici di progetto, la falda è assente. Viene preso comunque, a favore di sicurezza, un livello di falda a -30 m da p.c.

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

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

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|--------|--------|---|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|---|
| Profilo geologico-geotecnico | 1:2000 | CG0800 | P | F6 | D | C | SB | C6 | ST | 00 | 00 | 00 | 21 | B |
| Profilo idrogeologico | 1:2000 | CG0800 | P | F6 | D | C | SB | C6 | ST | 00 | 00 | 00 | 22 | 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 alluvionali, Depositi terrazzati marini, plutoniti

Depositi alluvionali: si tratta prevalentemente di depositi sabbioso-ghiaiosi olocenici di fondo alveo. L'incisione operata dai corsi d'acqua determina la diretta sovrapposizione di tali depositi sul substrato cristallino-metamorfico. Gli spessori massimi dedotti da affioramento e sondaggi non è superiore alla decina di metri.

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 graniotoidi 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 conferisce alla roccia un aspetto brecciato, a luoghi con colorazione biancastra e farinosa al

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

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.

La falda non risulta interferente con le opere.

La categoria di suolo sismico, secondo N.T.C: 2008, risulta pari a **B** (valori forniti dalle V_{s30} del sondaggio Cn451).

Indagini previste

Data l'esiguità dei sondaggi e delle prove localmente presenti (C435, SN9(ANAS_2005)), 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 C dopo il km 1+500.

- prove SPT (SN8, C428, C430, Cn451, C429, C432, C434, C435)
- 2 prove sismiche (Cn451, C430)
- 1 prova pressiometrica (SN8)
- 3 prove Le Franc (Cn451, C425, C430)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici ed delle caratteristiche di resistenza (TD, sondaggi SN14, C435)

Depositi alluvionali:

Si considerano i sondaggi della caratterizzazione generale.

- prove SPT (C434, Cn451, C415, C430, C417, C203, C213BIS)
- 2 prove sismiche (C417, C430)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici

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 delle caratteristiche di

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

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 elaborato ed alla relazione sismica di riferimento.

Depositi Alluvionali

Il numero esiguo a disposizione di prove non consente un'analisi locale per cui si fa riferimento ai risultati della caratterizzazione generale.

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 intermedi (ghiaie 36%, sabbie 49%). Il contenuto di fino è mediamente del 13%.

C'è da dire che a causa del campionamento l'analisi granulometrica (20 prove) può sicuramente risultare poco rappresentativa della parte più grossolana.

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 1.6 mm
- Il valore di D_{10} è pari a 0.02 mm

Il peso di volume dei grani γ_s è risultato pari a circa 26.5 kN/m³.

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche si ha:

- **Dr**: la densità relativa media della prevalente componente sabbiosa è del 50-70% e del 50-60% della frazione ghiaiosa. I valori di N_{spt} sono stati corretti con un fattore $C_{sg}=0.85$.
- **e_o** : stimando per e_{max} un valore pari a 0.7 ed essendo a conoscenza di $e_{max} - e_{min}$ (0.31) dalla formula di D_r si ottiene per e_o rappresentato nel grafico.
- **γ_d** : in base ai valori precedentemente ricavati si può stimare dall'indice dei vuoti e_o e da γ_s un valore medio di γ_d pari a circa 18KN/m³.

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza sulla base delle prove SPT si è ottenuto un

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

valore medio di angolo di attrito di circa 40°, ai parametri di resistenza operativi al taglio in termini di sforzi efficaci si sono assegnati i seguenti valori 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

Per le caratteristiche di deformabilità dalla prova sismica in foro si ottengono valori di V_s che vanno mediamente da 160 m/s a 190 m/s i primi metri di profondità.

Da prove SPT la media di V_s stimata fino a 13m di profondità e di circa 200 m/s. E_0 è stimato in 120÷170 MPa a 2m di profondità.

Ai valori delle velocità di taglio sismiche V_s corrispondono moduli di taglio iniziali G_0 molto variabili. Una stima con la profondità si rende quindi difficoltosa per la dispersione di G_0 e per il numero ridotto di valori.

G_0 ed E_0 si possono esprimere in funzione di z (m), una stima da SPT è data da:

$$G_0 = 14 \cdot z$$

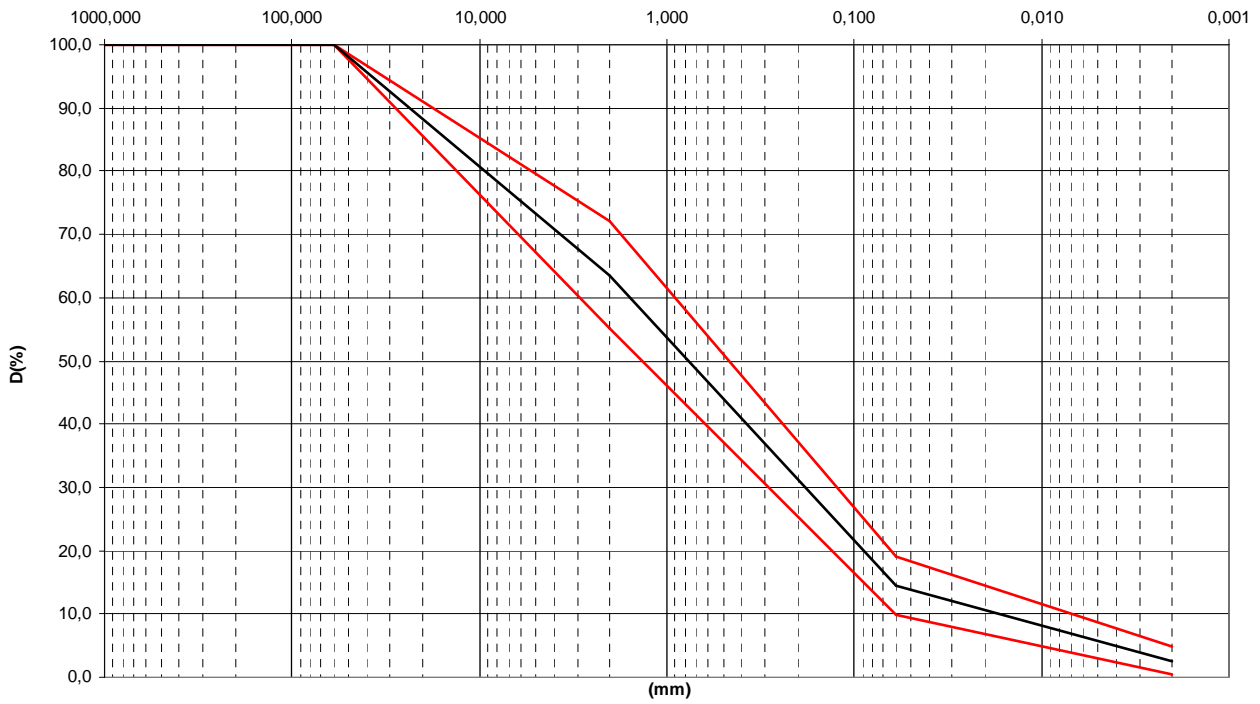
$$E_0 = 34 \cdot z$$

I moduli di Young “operativi” a medie deformazioni, valutati sulla base dei criteri descritti nei capitoli precedenti risulteranno pari a:

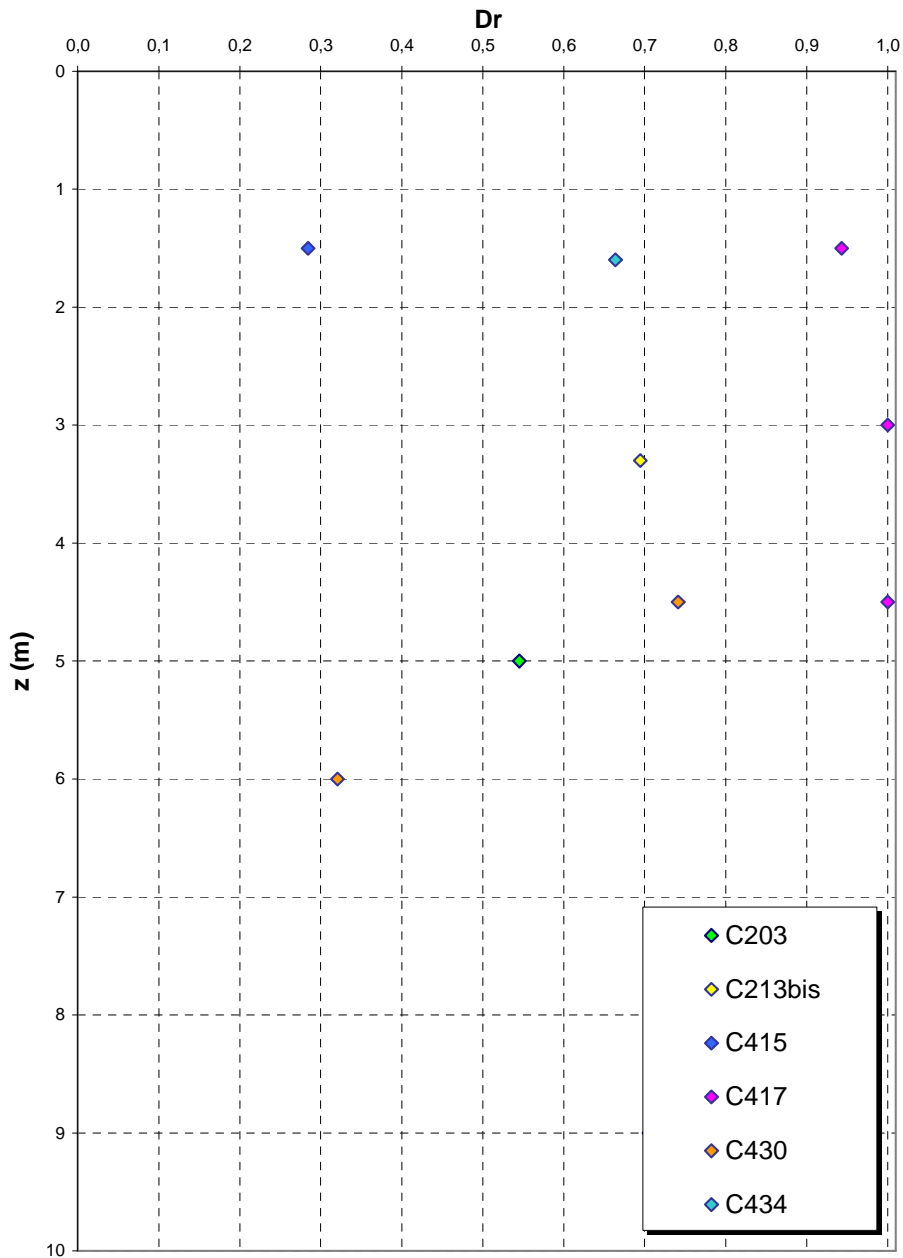
$$E = (4 - 11) \cdot z$$

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).

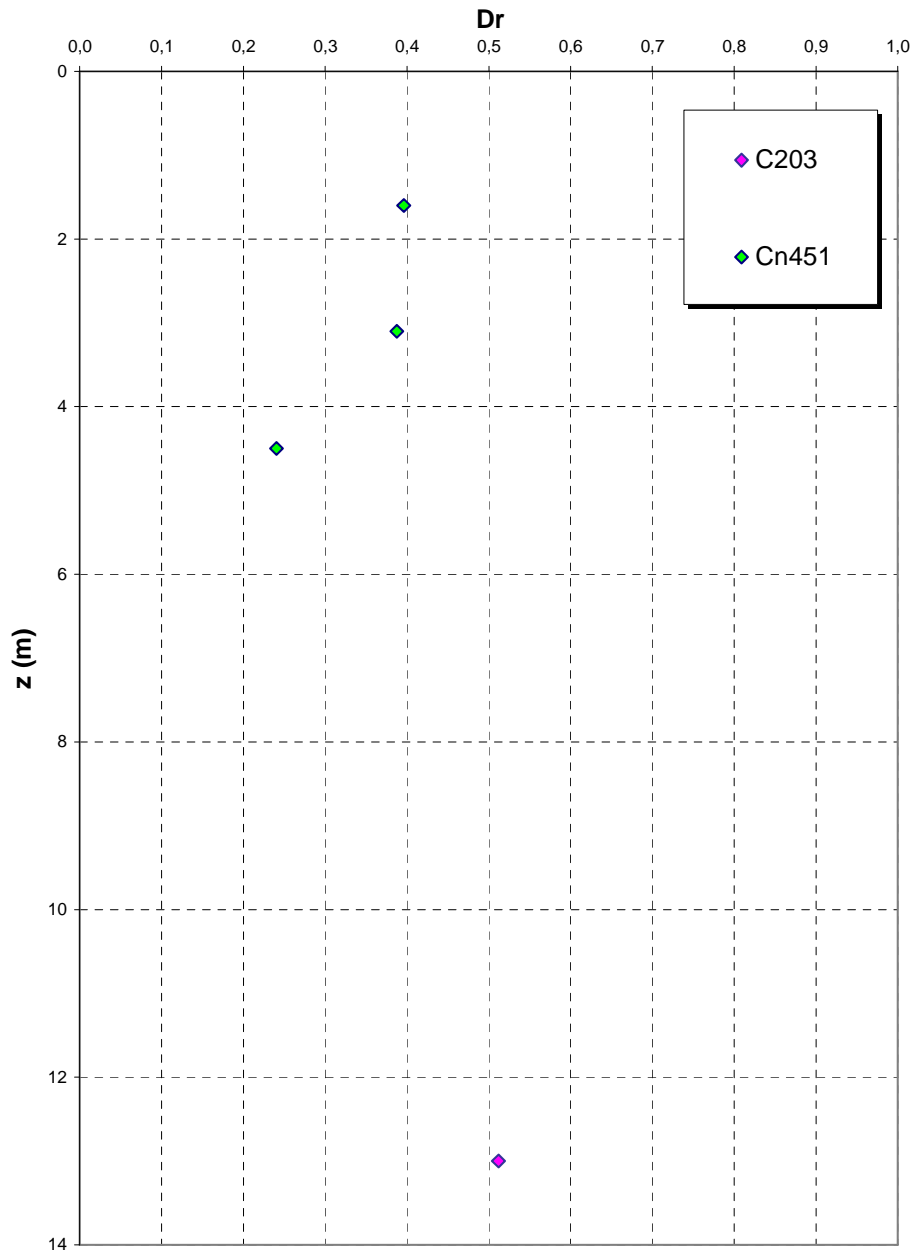
Depositi Alluvionali



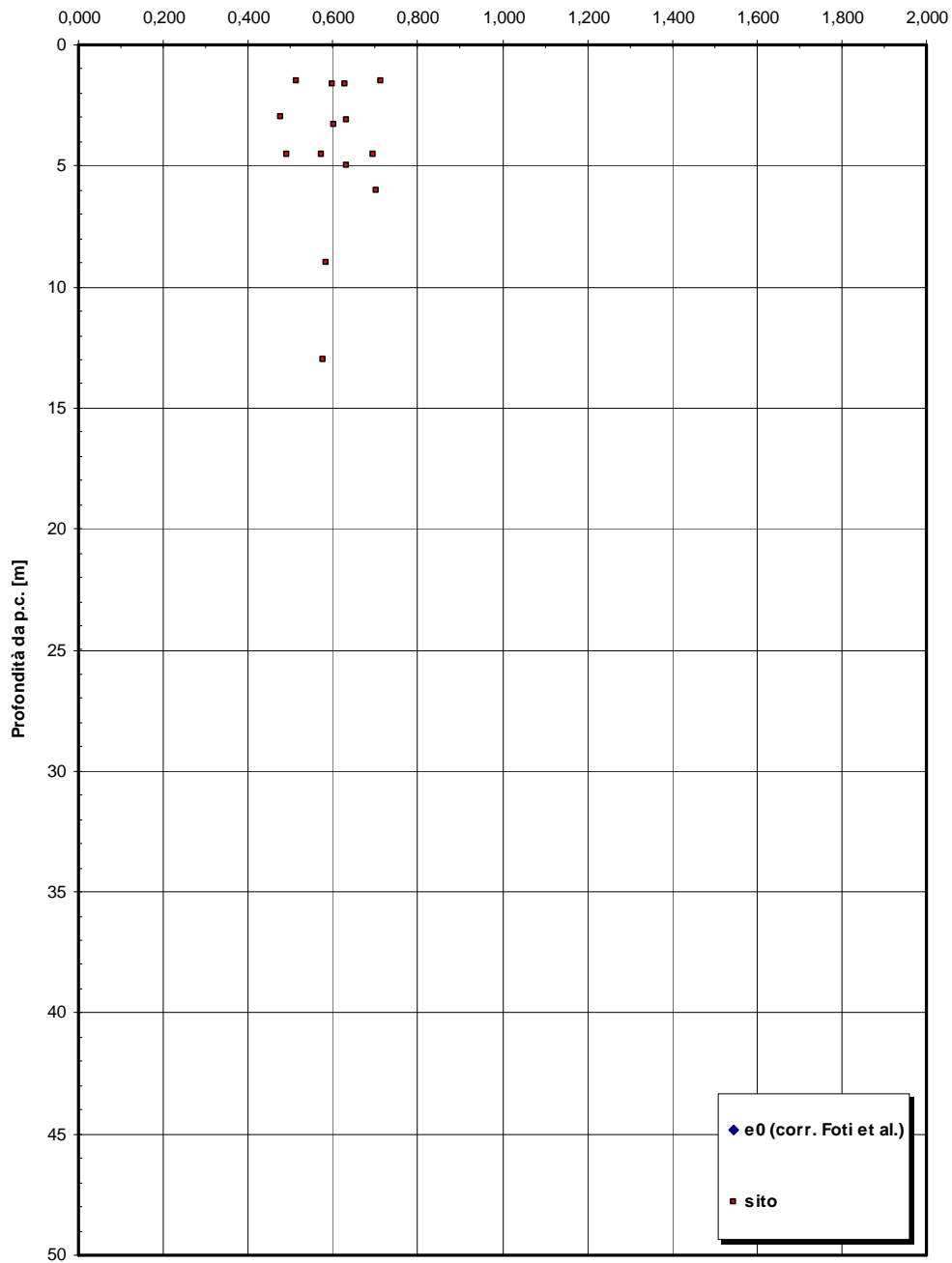
**Dr Skempton (1986)
Componente sabbiosa prevalente
DEPOSITI ALLUVIONALI**

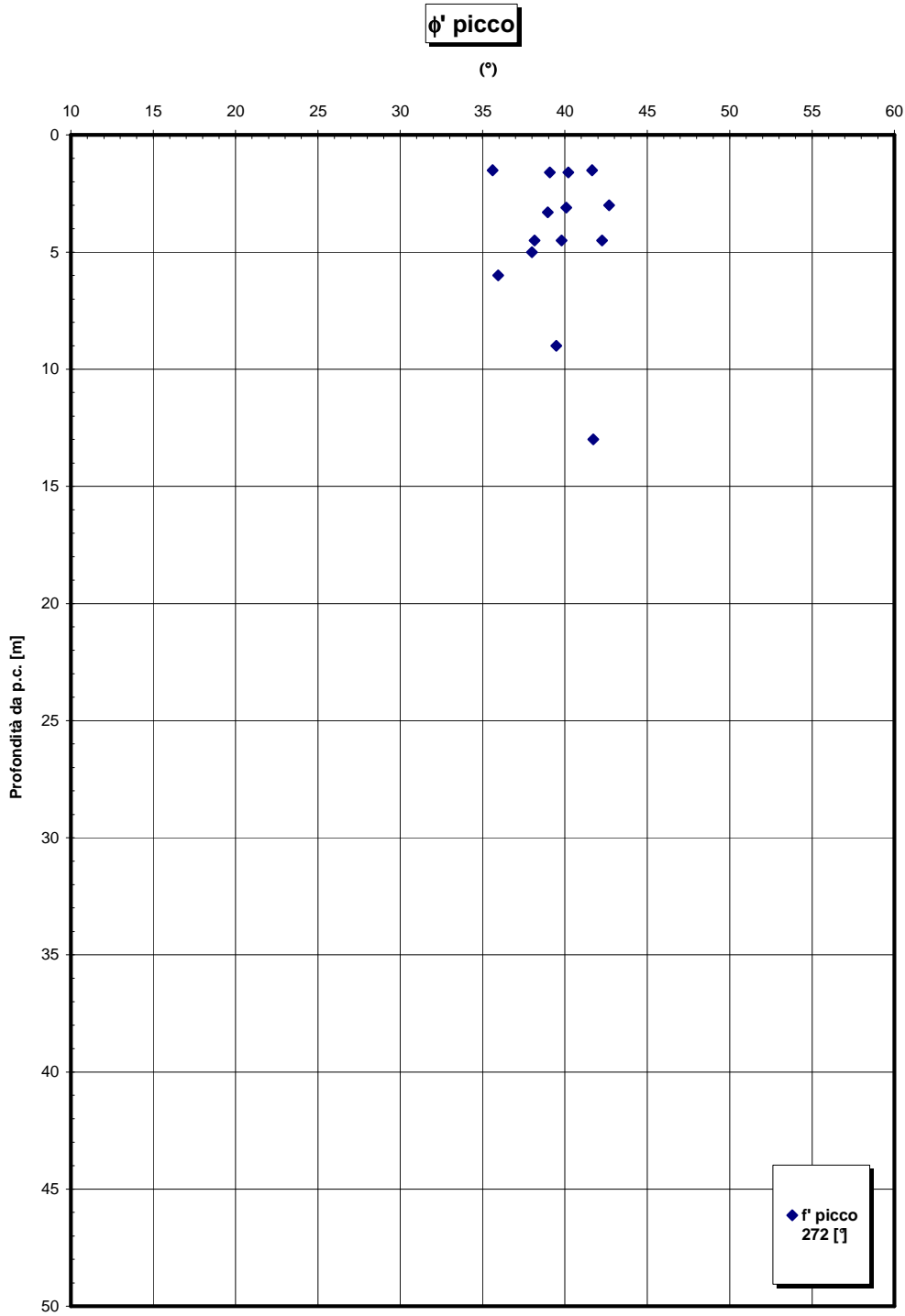


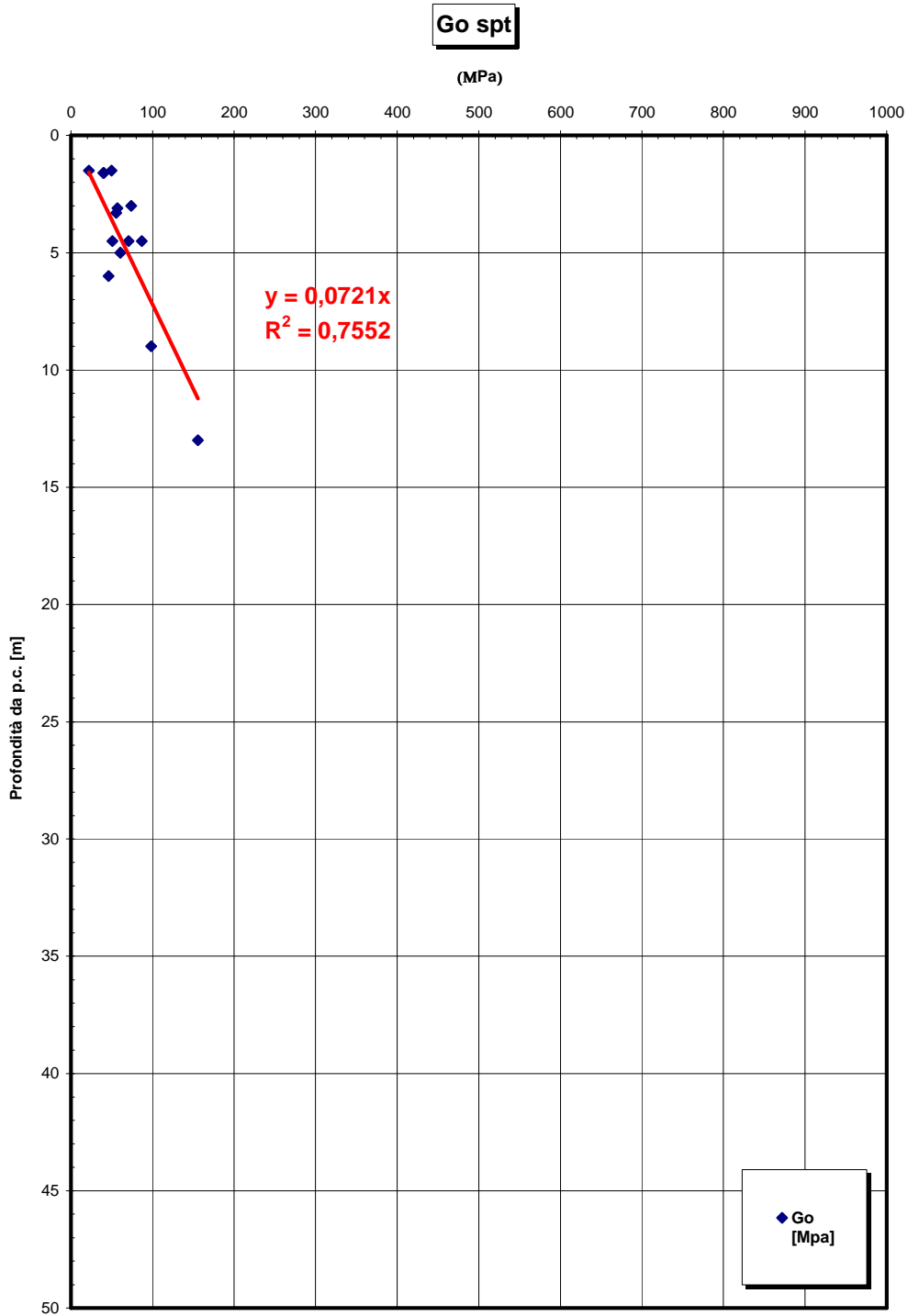
**Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
DEPOSITI ALLUVIONALI**

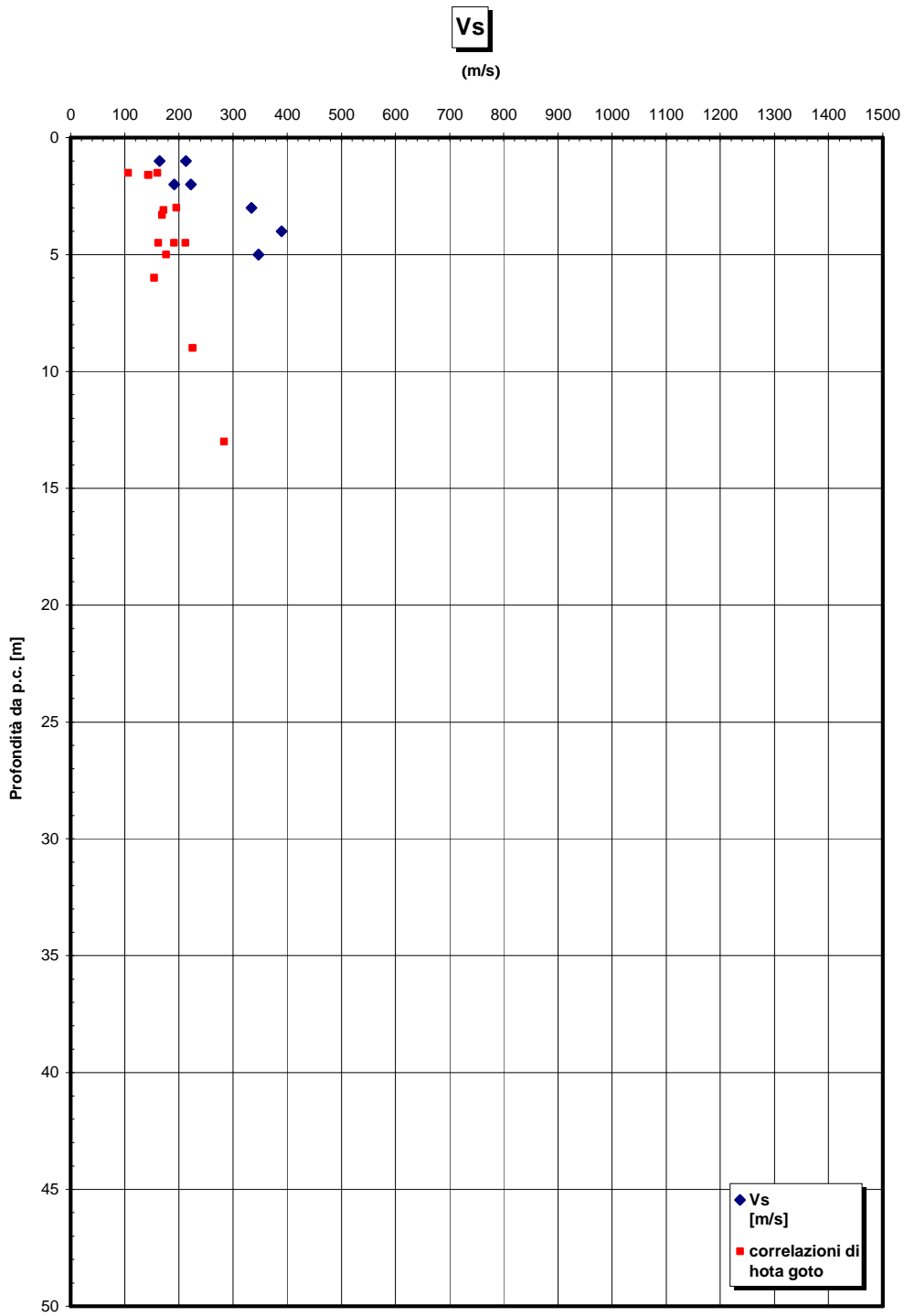


eo

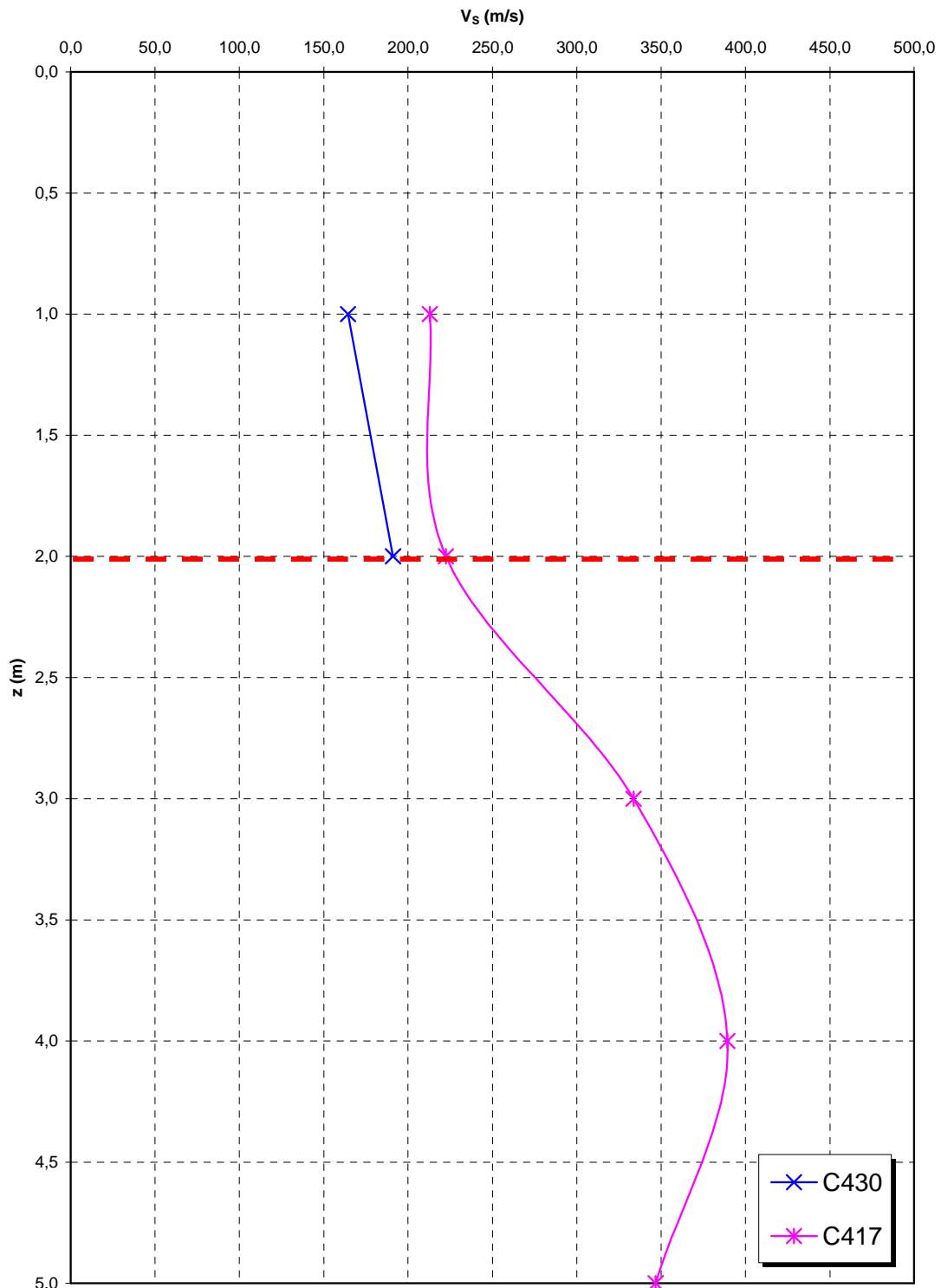




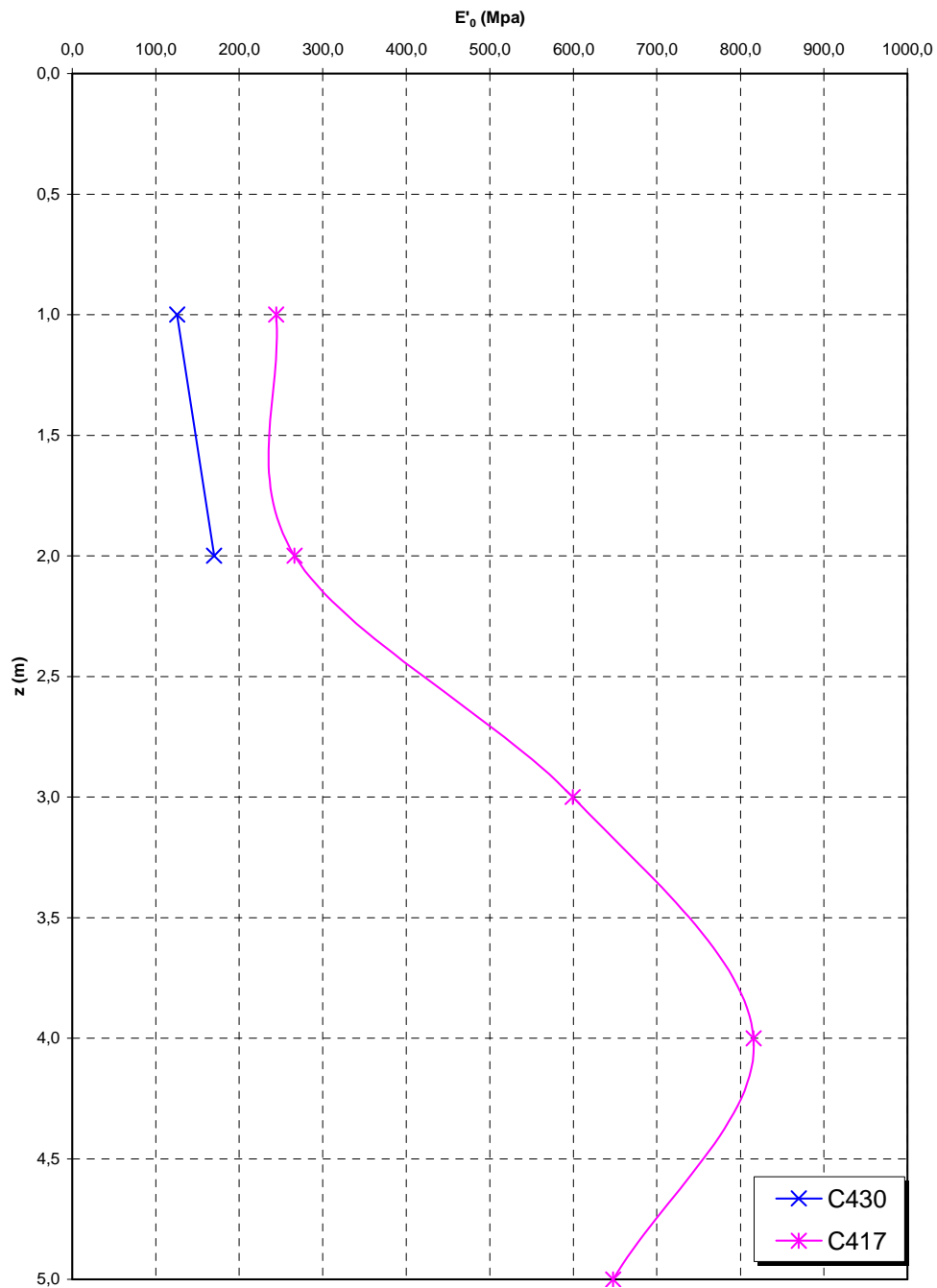




**Prove sismiche
DEPOSITI ALLUVIONALI**



**Prove sismiche
DEPOSITI ALLUVIONALI**



| | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------|-------------|----|------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_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 | | | | | | |

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 γ_s è risultato pari a circa 26.5 kN/m³.

Da letteratura si hanno a disposizione i valori di γ_{dmax} e γ_{dmin} pari rispettivamente a 18.8 e 15.7 kN/m³

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.
- **γ_d :** in base ai valori di e_o da γ_s si può stimare γ , riportato nel grafico.
- **K_0 :** si considera la relazione di Jaky.
-

| Dr(%) Prevalente sabbiosa | Dr(%) Sabbie e ghiaie | $\gamma_d(KN/m3)$ | K_0 |
|------------------------------|--------------------------|-------------------|-------------|
| 40-90 | 70-100 | 18-20 | 0.35 |

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) | ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°) | ϕ'_p (pff=-272-350KPa) (°) | ϕ'_{cv} (°) |
|-------------|------------------------------|---------------------------------|------------------|
| 0-15 | 38-42 | 33-38 | 33-35 |

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

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

$c' = 0$ kPa = coesione apparente

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

Anche le prove pressiometriche (SN9) hanno fornito valori di 38°

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 $30^\circ \div 35^\circ$.

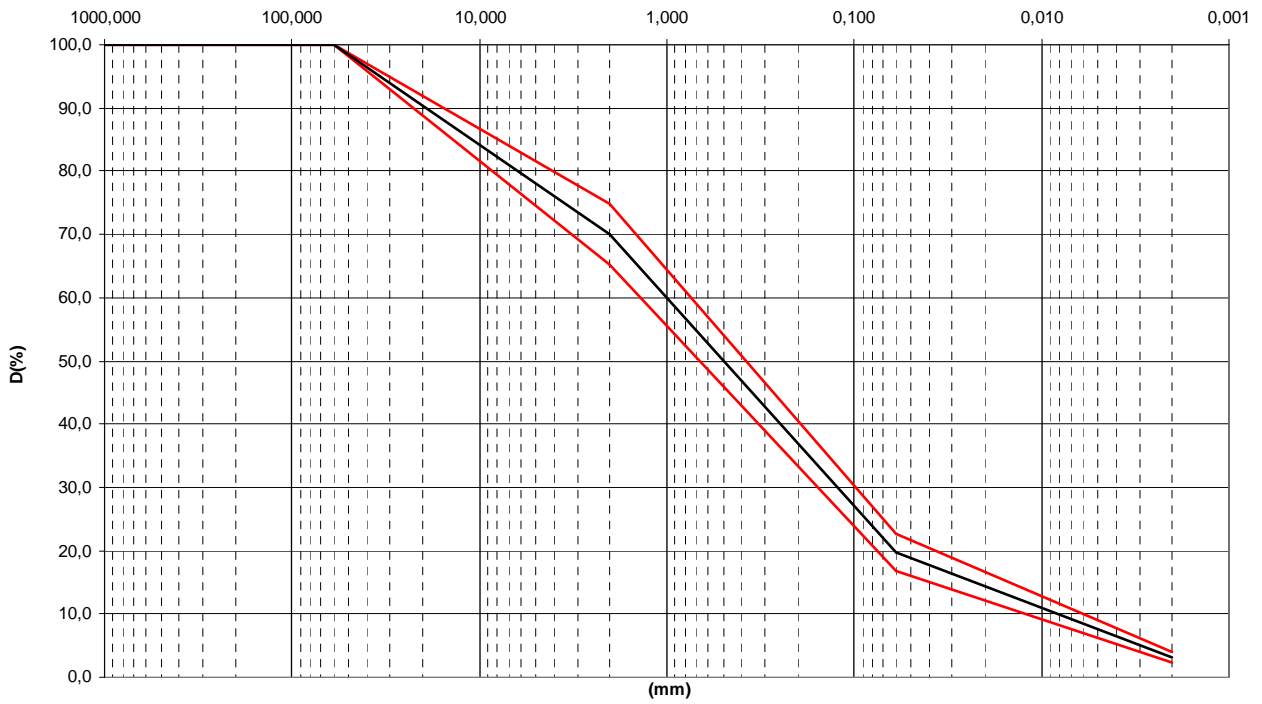
Per le caratteristiche di deformabilità in base alle SPT e alle sismiche si può assumere:

| z(m) | G0(MPa) | E0(MPa) | E'(MPa) |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 0-15 | $37 z^{0.7}$ | $90 z^{0.7}$ | $(17-30) z^{0.7}$ |

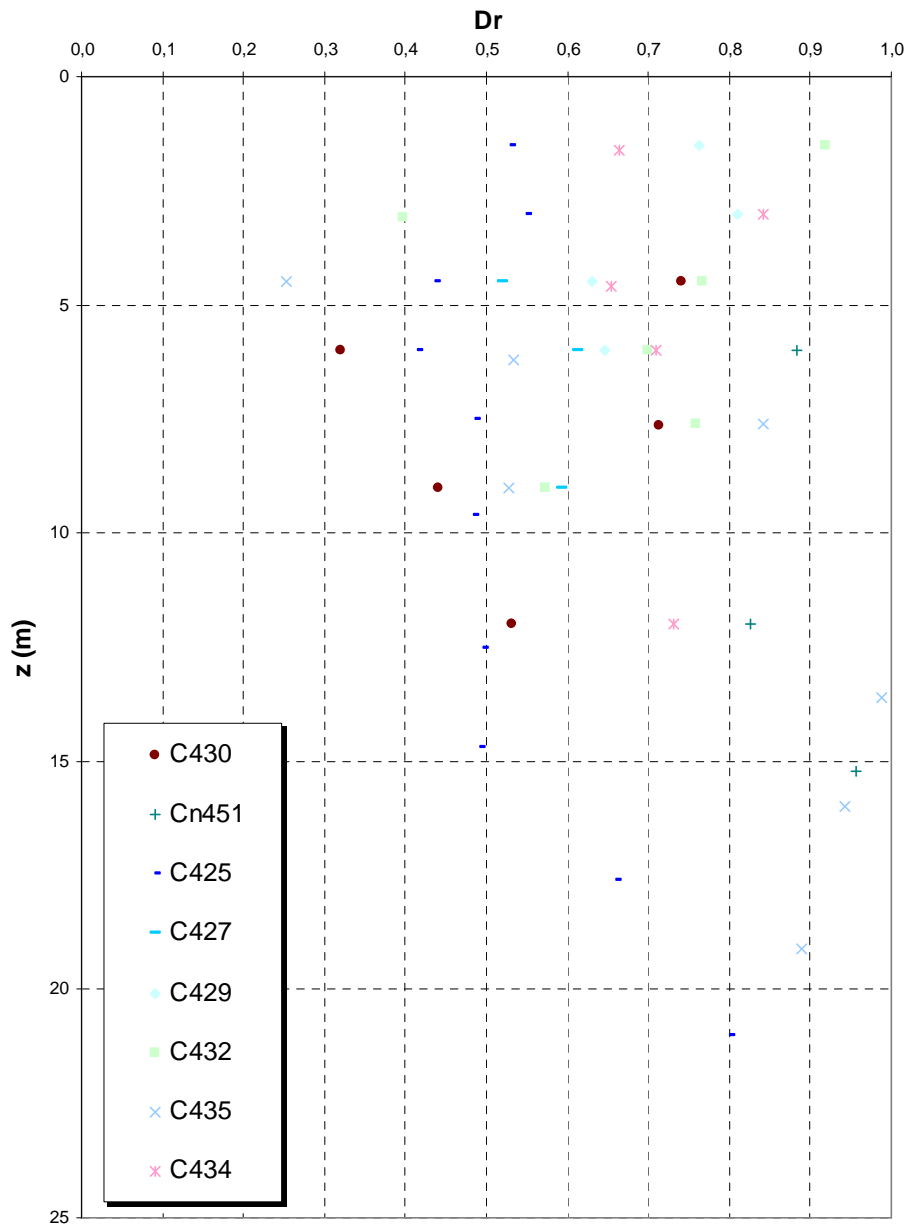
con i valori di E pari rispettivamente a circa $1/10 \div 1/5$ (medie e grandi deformazioni) ed $1/3$ di quelli iniziali (piccole deformazioni).

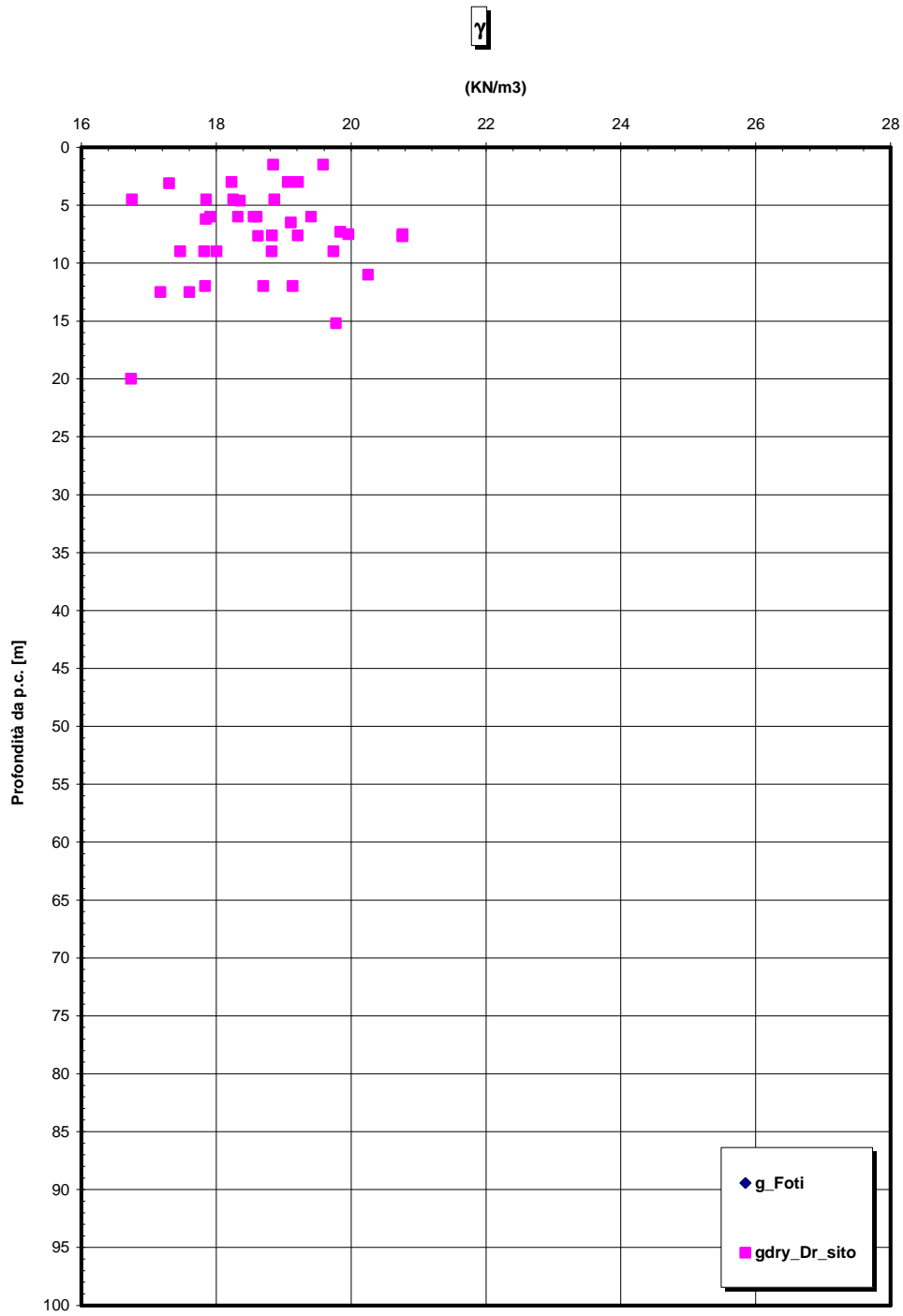
La prova pressiometrica (SN9) ha fornito un valore medio (primo carico) di circa 120MPa a circa 18m di profondità.

Depositi terrazzati marini

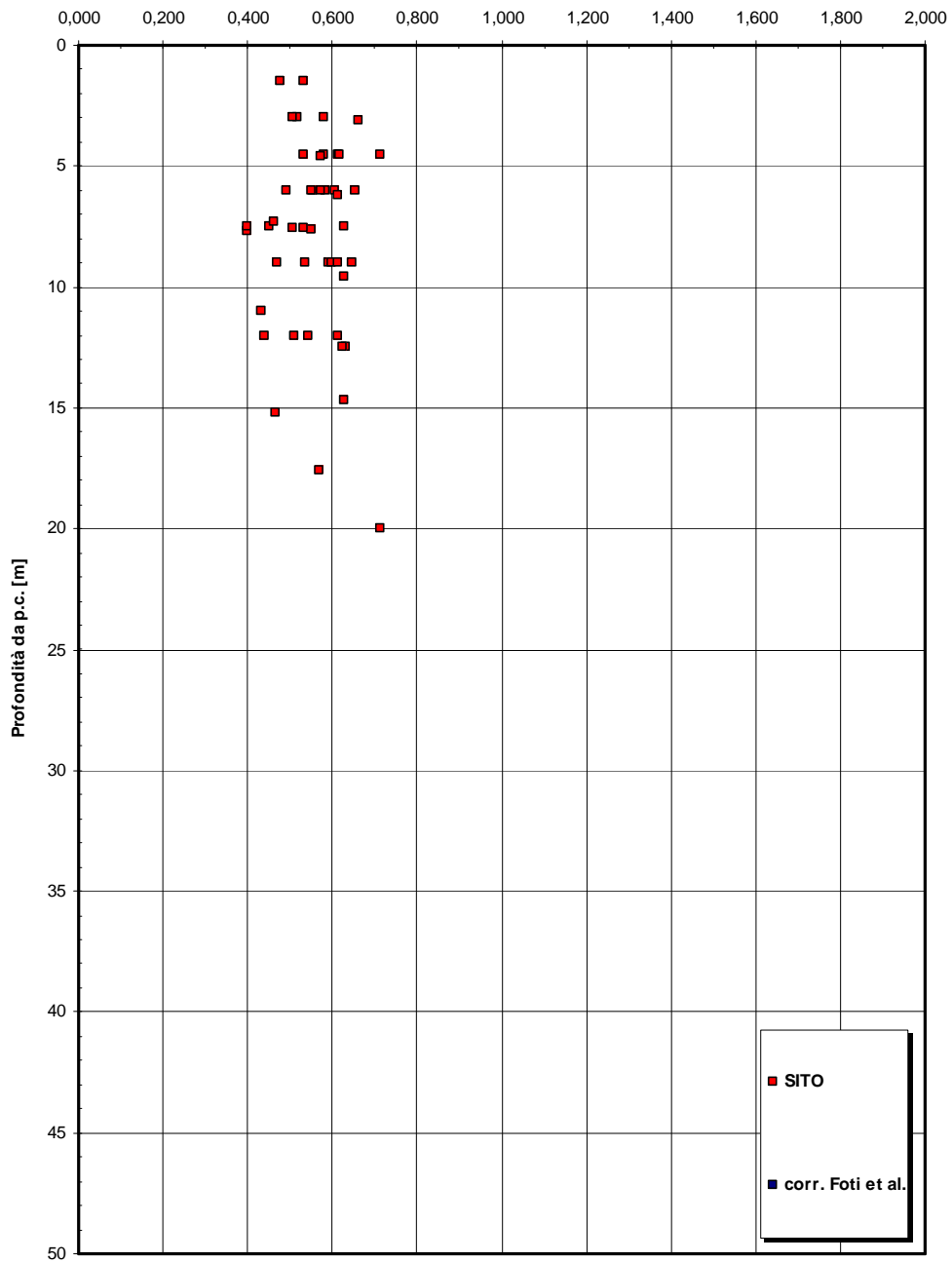


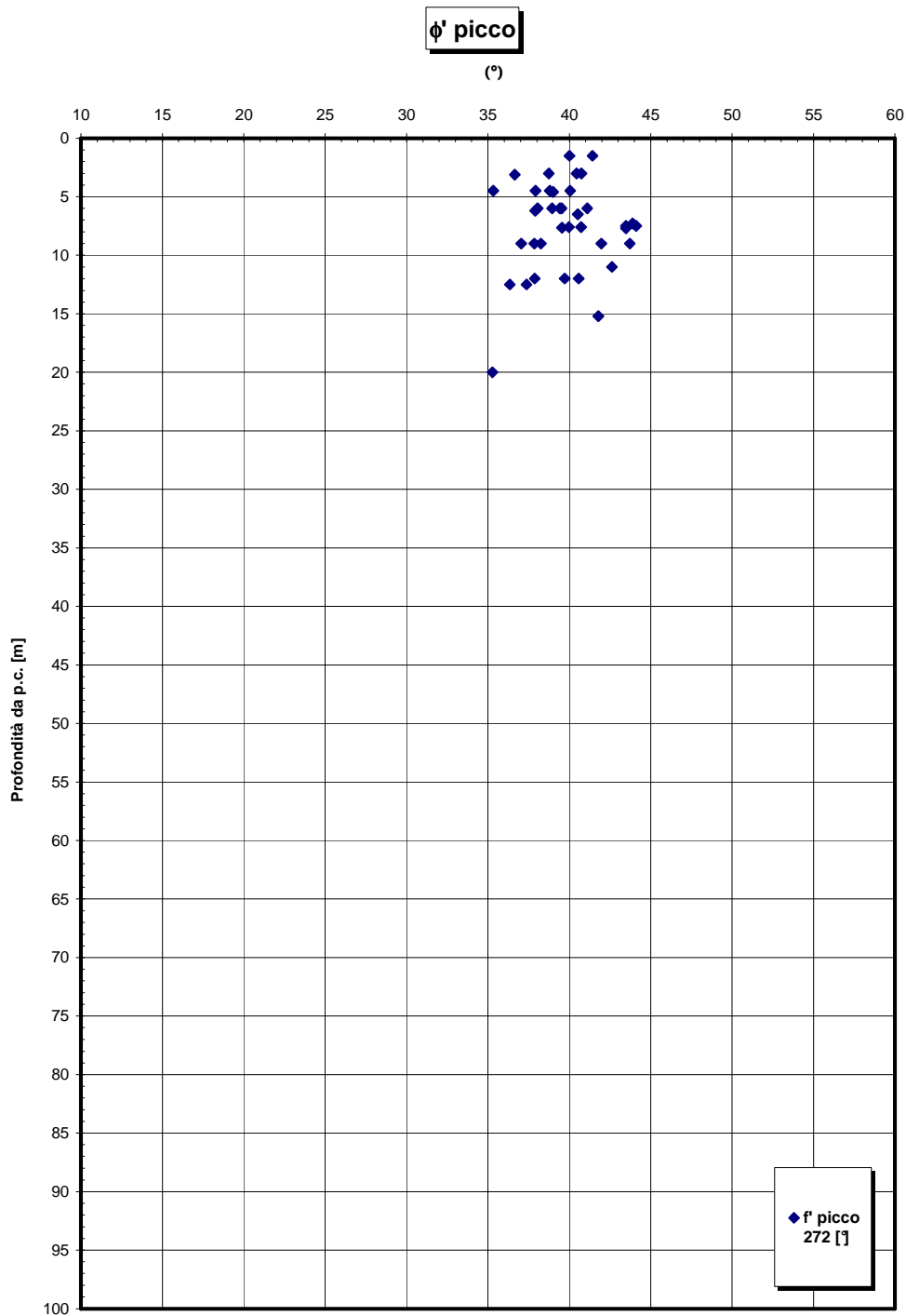
**Dr Cubrinovski e Ishihara (1999)
Componente sabbiosa prevalente
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI**

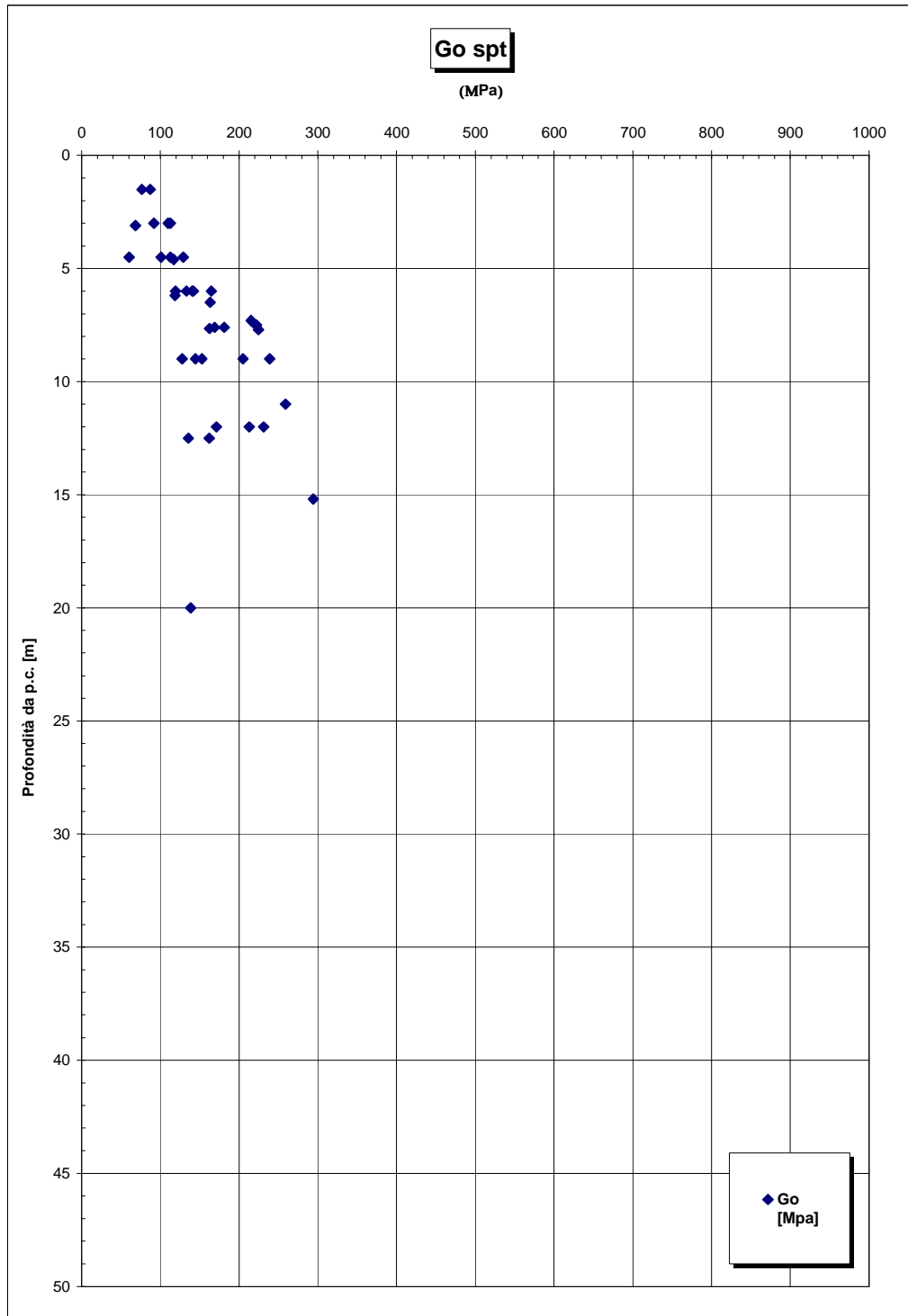




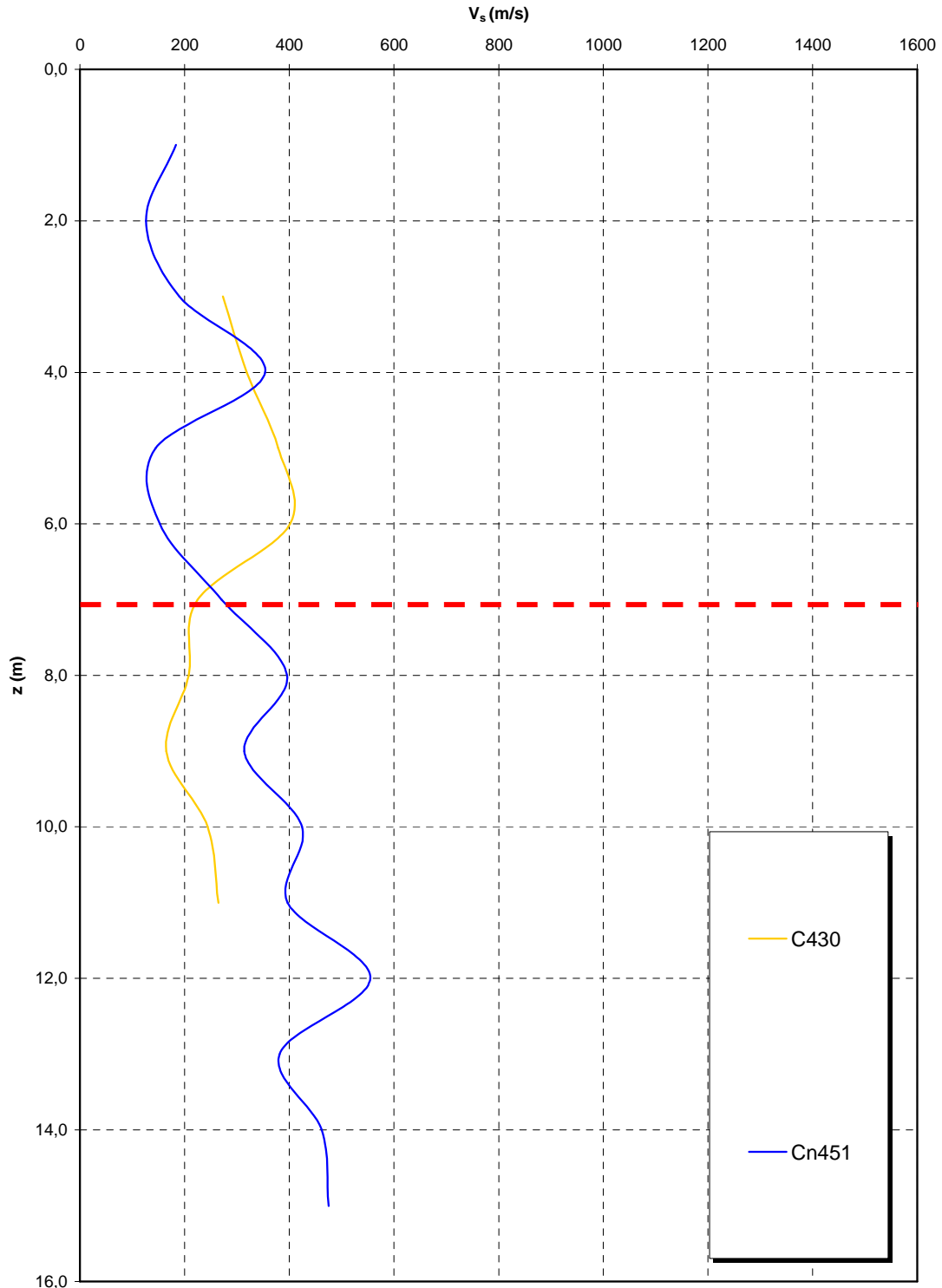
eo



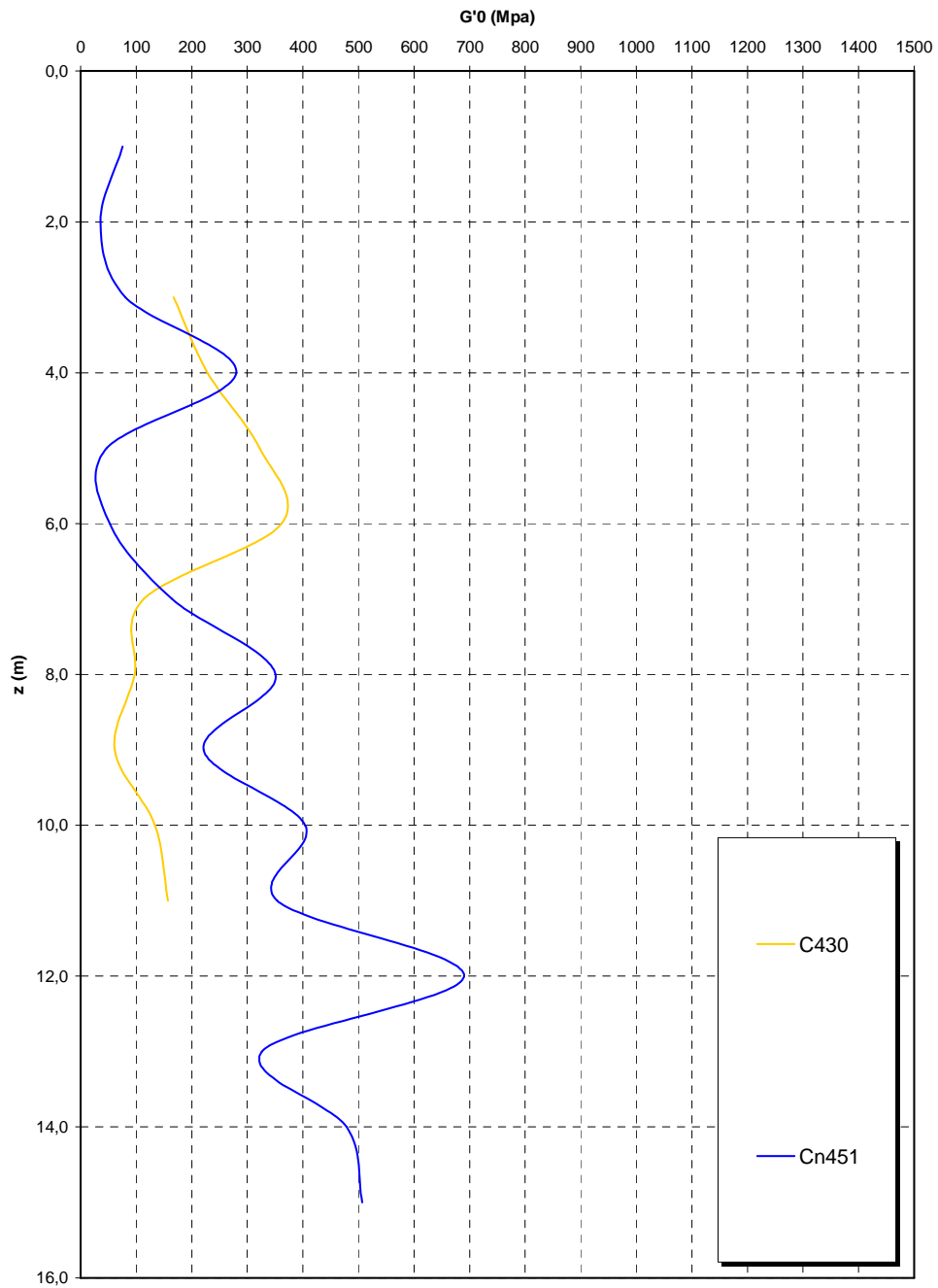




**Prove sismiche
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI**



**Prove sismiche
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI**



| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_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 γ di volume totale pari a 21KN/m³.

Considerando il probabile disturbo dei campioni si assume un range pari a 21-23 KN/m³

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 RMR₈₉ 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 σ_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) | σ_n (Mpa) | Picco | | Residuo | |
|---------------|------------------|----------|-------------|----------|-------------|
| | | c' (MPa) | ϕ' (°) | c' (MPa) | ϕ' (°) |
| 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 |

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

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 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) | σ_n (Mpa) | Picco | | Residuo | |
|---------------|------------------|----------|-------------|----------|-------------|
| | | c' (MPa) | ϕ' (°) | c' (MPa) | ϕ' (°) |
| 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

| | | | | |
|---|---|---|-------------------------------|-----------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| | | RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | Codice documento CS0367_F0 | Rev F0 |

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 ($1/5 - 1/10 E_0$).

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) | γ (kN/m ³) | γ_d (KN/m ³) |
|------------|------------|--|-------|-------------------------------|---------------------------------|
| 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] | ϕ' [°] |
|-----------|------------|-------|---|-------|----------|-------------|
| 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 |

RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA

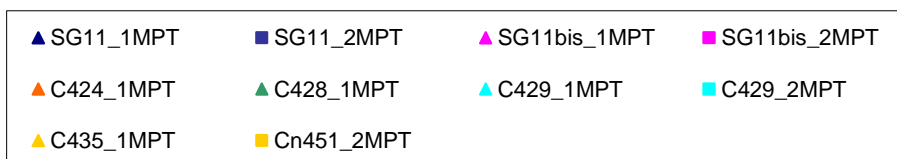
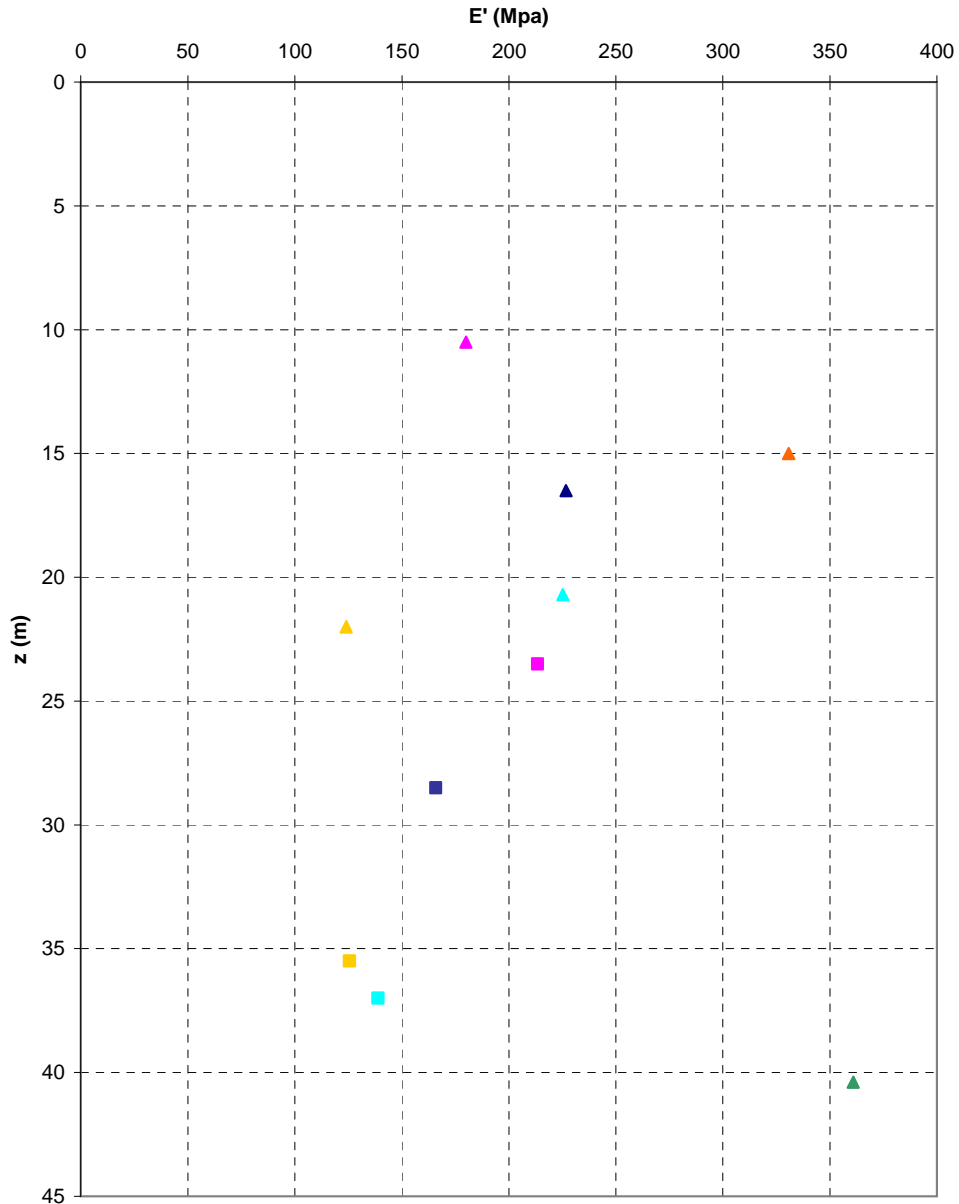
Codice documento
CS0367_F0

Rev
F0

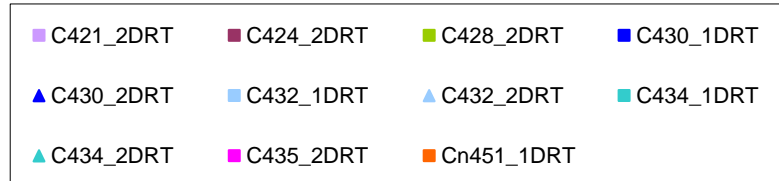
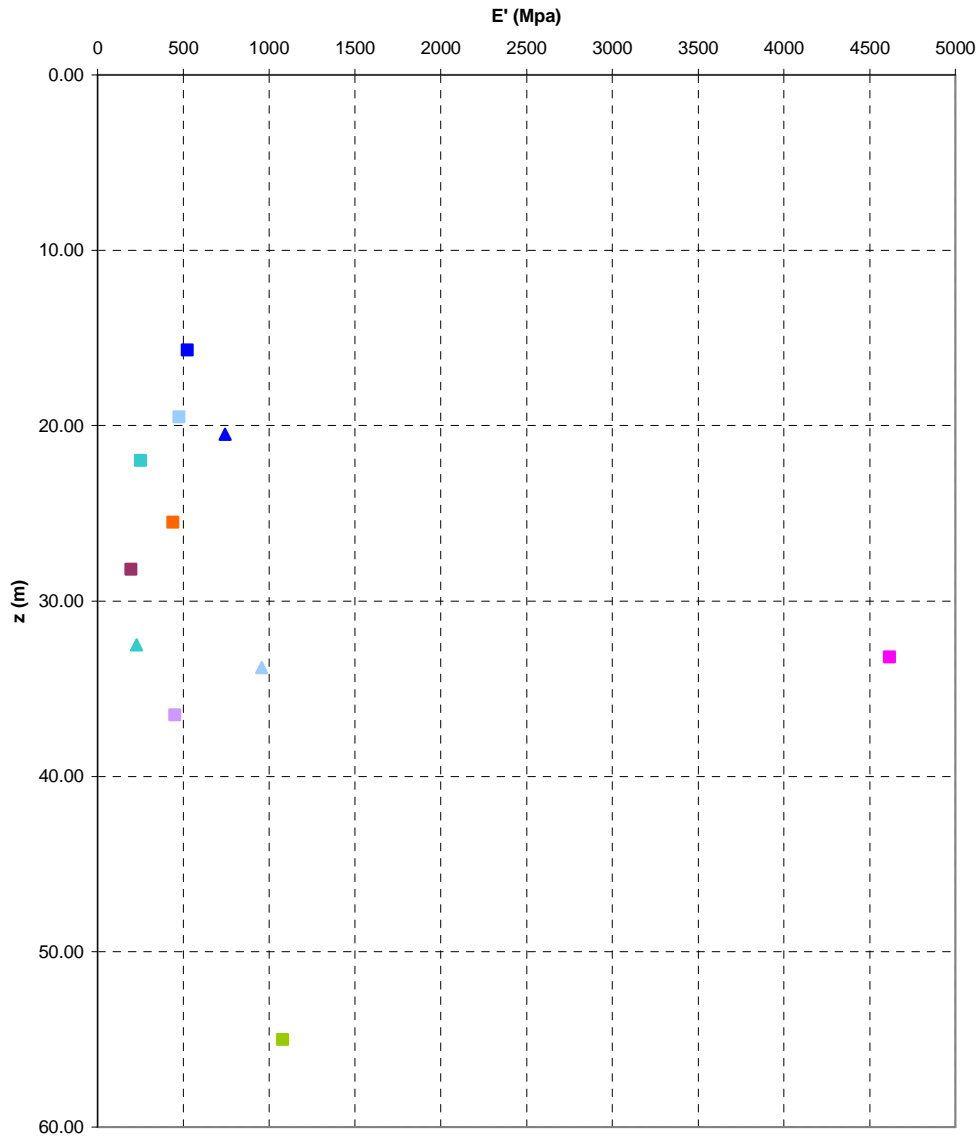
Data
20/06/2011

| SONDAGGIO | N° PROVINO | OPERA | z (m) | γ (kN/m ³) | γ_d (kN/m ³) | γ_s (kN/m ³) |
|-----------|------------|---|-------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 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 |

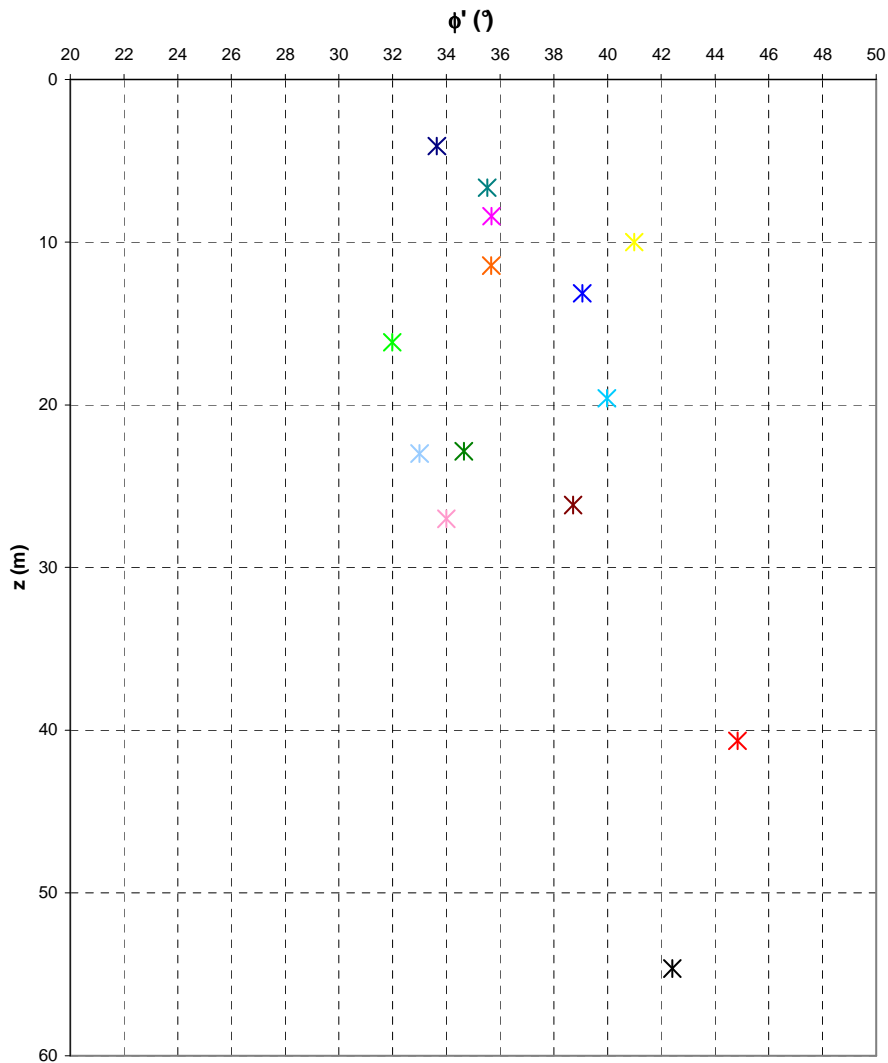
**Prove pressiometriche
PLUTONITI**



**Prove dilatometriche
PLUTONITI**

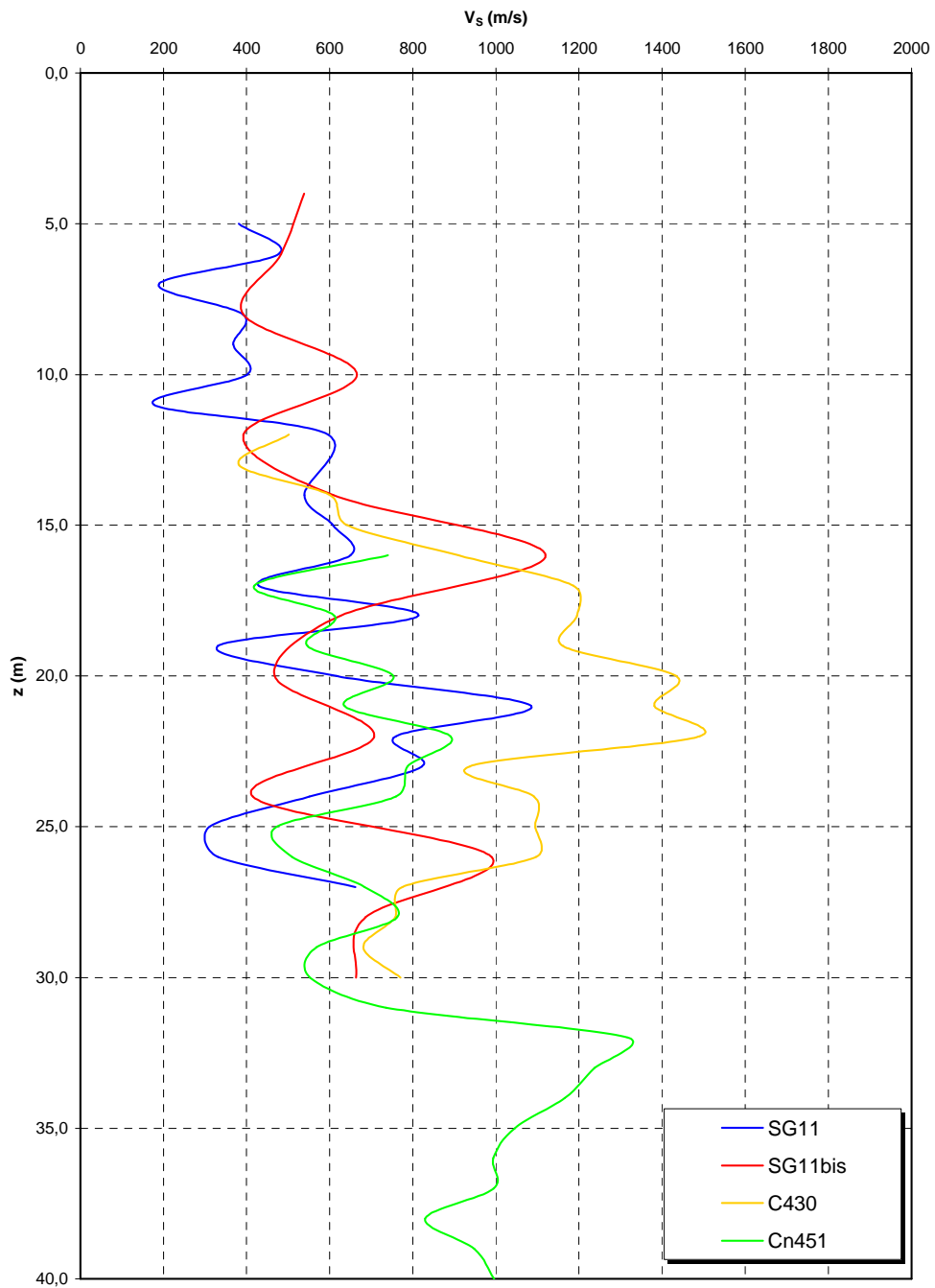


**Angolo di attrito
PLUTONITI**

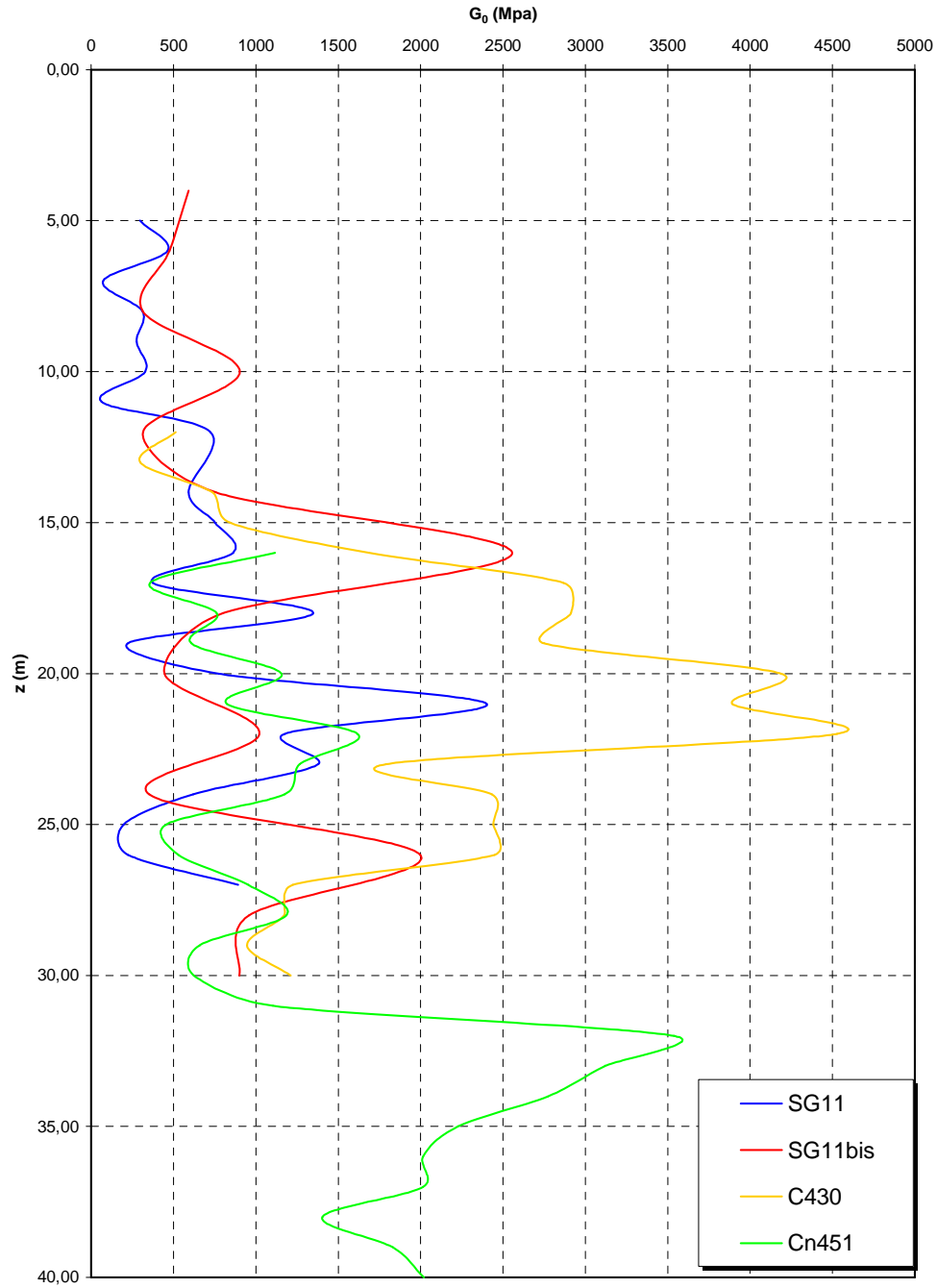


- ✕ SG11bis_C1_TD ✕ SG11bis_C2_TD ✕ SG11bis_C3_TD ✕ SG11bis_C4_TD
- ✕ SG11bis_C5_TD ✕ SG11bis_C6_TD ✕ SG13bis_C1_TD ✕ SG13bis_C2_TD
- ✕ SG13bis_C3_TD ✕ SG13bis_C4_TD ✕ SG13bis_C6_TD ✕ SG11_C1_TD
- ✕ SG11_C2_TD ✕ SG11_C3_TD

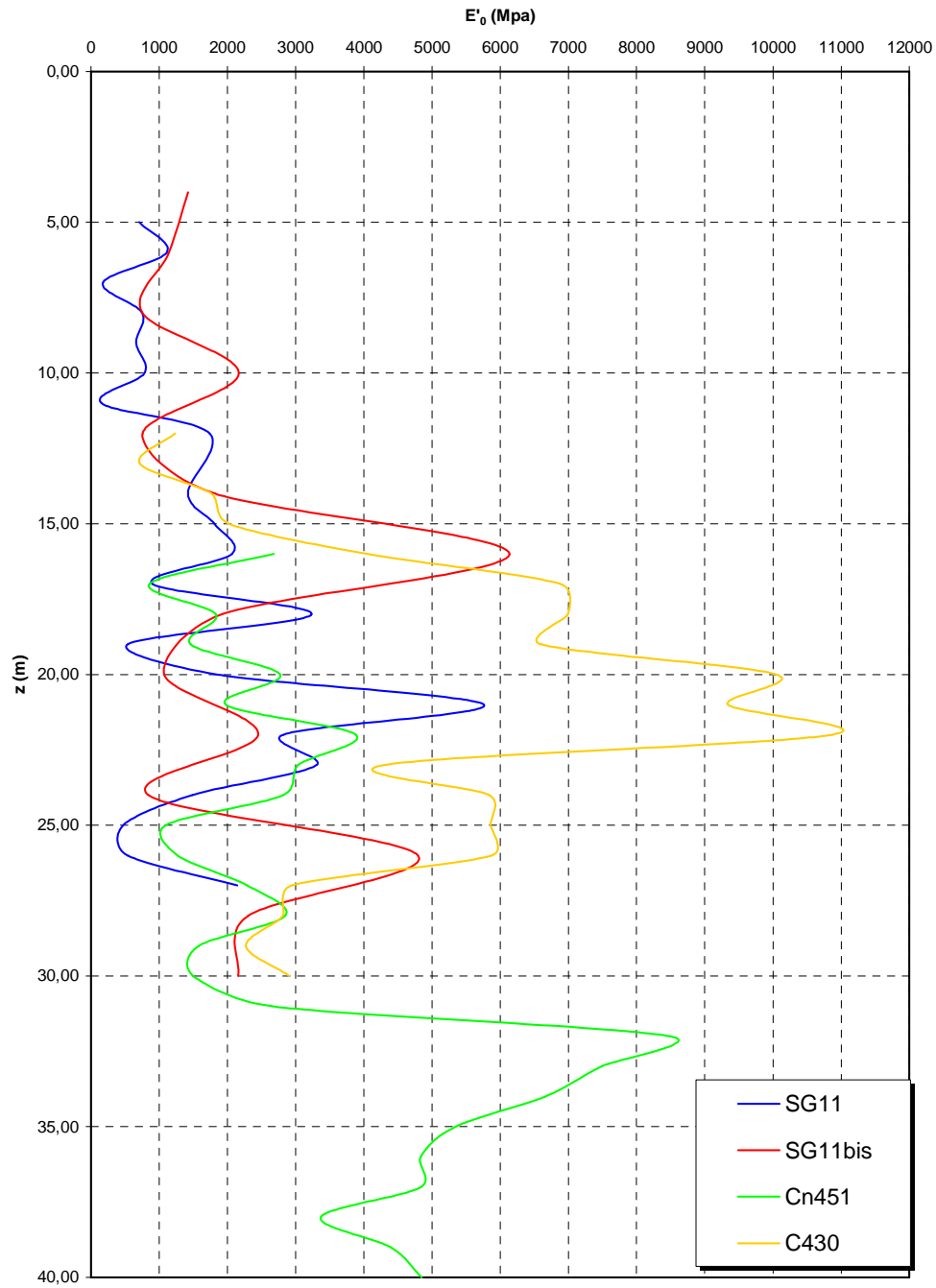
**Prove sismiche
PLUTONITI**

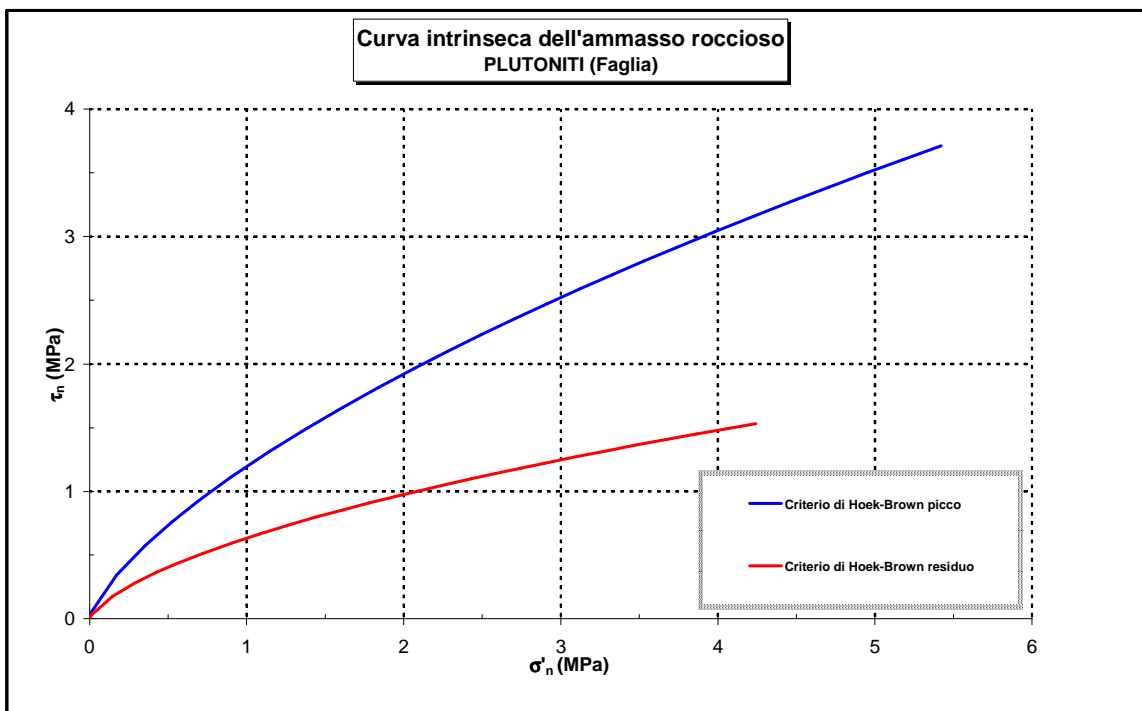
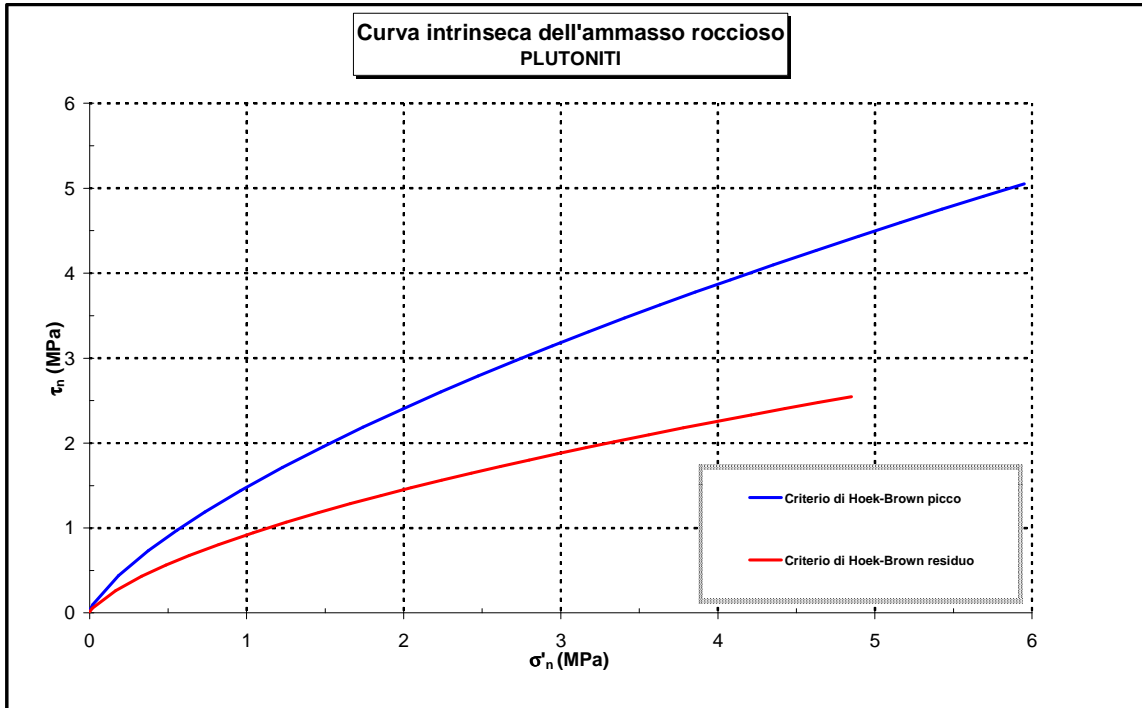


**Prove sismiche
PLUTONITI**



**Prove sismiche
PLUTONITI**





| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO

Il territorio in cui si trova l'opera ricade all'interno della zona ad elevata sismicità (S=12), da cui si ottiene un coefficiente di sismicità $C = 0,1$.

In accordo con il D.M. 16/01/1996 e Circ. 65 del 10/04/1997, si adotta un metodo di 'analisi statica equivalente' per valutare gli effetti del sisma sull'impalcato.

Per la definizione delle forze sismiche si definiscono inoltre i seguenti coefficienti:

- sistema di forze orizzontali $F_h = C \times R \times I \times \varepsilon \times \beta \times W$
 dove

| | | |
|---------------|-------------------|---|
| C | $= (S-2)/100=0.1$ | coefficiente di intensità sismica |
| S | $= 12$ | grado di sismica (zona ad alta sismicità) |
| R | $= 1$ | coefficiente di risposta |
| I | $= 1.2$ | coefficiente di importanza |
| ε | $= 1.2$ | coefficiente di fondazione |
| β | $= 1.2$ | coefficiente di struttura |
| W | | masse strutturali permanenti |
- sistema di forze verticali $F_v = m \times C \times I \times \varepsilon \times W$
 dove

| | | |
|-----|-----------|--|
| m | $= \pm 2$ | coefficiente per membrature principali |
|-----|-----------|--|

Non si esegue la verifica dello stato tensionale dell'impalcato in occasione dell'evento sismico, poiché sono state già effettuate verifiche di entità maggiore (esercizio).

- a) Trasversalmente le forze d'inerzia producono effetti inferiori all'azione del vento, considerando che non vi è il contemporaneo passaggio dei carichi accidentali sull'impalcato
- b) Longitudinalmente le forze d'inerzia non producono effetti significativi sull'impalcato, contrariamente a quanto avviene sugli elementi della sottostruttura
- c) Il carico uniforme sull'impalcato equivalente all'incremento di azione dovuto all'inerzia verticale è inferiore ai carichi accidentali

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

In ottemperanza alle norme di cui al § 1, i calcoli sono condotti con il metodo delle tensioni ammissibili.

4.4.1 Durabilità delle opere

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

In base al D.M. 09/01/1996 gli inerti, naturali o di frantumazione, saranno costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, ecc.

Gli aggregati devono essere disposti lungo una corretta curva granulometrica, per assicurare il massimo riempimento dei vuoti interstiziali.

La granulometria inoltre dovrà essere studiata scegliendo il diametro massimo in funzione della sezione minima del getto, della distanza minima tra i ferri d'armatura e dello spessore del copriferro. La ghiaia o il pietrisco sono previsti di dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature e tale valore è riportato sugli elaborati grafici nella relativa tabella.

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

Per le opere della presente relazione si adottano le classi di esposizione indicate al §3.1 ricordando che per ciascuna classe di esposizione le condizioni ambientali da considerare sono le seguenti (in accordo con [NT_2]):

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

Nella tabella seguente si riportano per completezza anche i limiti di apertura delle fessure in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature secondo [NT_2]:

| | | | | |
|---|---|---|--------------------------------------|------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| | | RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 |

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

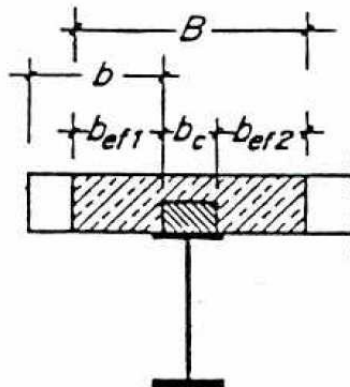
Per tutte le parti strutturali componenti l'opera in progetto si utilizzano armature **poco sensibili**.

4.4.2 Definizione della larghezza collaborante

La valutazione della larghezza collaborante della soletta in fase di modellazione è riferita alle indicazioni del § 3.2.2.1 e prospetto 3.2.1 di CNR 10016.

La larghezza collaborante B_{eff} si ottiene come somma delle due aliquote b_{e1} e b_{e2} ai due lati dell'asse della trave e della larghezza b_c impegnata direttamente dai connettori:

$$b_{eff} = b_{e1} + b_{e2} + b_c$$



I valori b_{ei} devono essere moltiplicati per i coefficienti η secondo il prospetto 3.2.1 di CNR 10016, in funzione del rapporto b_{ei}/L , con L lunghezza di calcolo dell'opera.

I valori numerici della larghezza collaborante, determinati in base ai criteri di cui sopra ed in corrispondenza delle varie ascisse, sono riportate di seguito, per ciascuna trave:

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| LARGHEZZA COLLABORANTE SECONDO CNR 10016 | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|
| [DIMENSIONE IN m] | | | | |
| N° TRAVE ASCISSA | TRAVE 1 | TRAVE 2 | TRAVE 3 | TRAVE 4 |
| x = 0 m | 6,24 m | 6,67 m | 5,81 m | 5,47 m |
| x = 50 m | 6,24 m | 6,32 m | 5,00 m | 5,06 m |
| x = 100 m | 6,24 m | 5,91 m | 4,08 m | 4,60 m |

In fase di verifica della resistenza la larghezza collaborante è definita secondo le indicazioni del prospetto 3.2.2 di CNR 10016. Essendo i valori dei coefficienti η che moltiplicano i valori delle aliquote b_{e1} e b_{e2} superiori rispetto ai valori ottenuti dal prospetto 3.2.1 di CNR 10016, a favore di sicurezza si assumono le stesse larghezze collaboranti definite in precedenza.

Nel seguito verranno svolti i dimensionamenti sulla trave più caricata (che risulterà la TRAVE 1, essendo la trave di bordo con maggior area d'influenza e minor sbalzo); a favore di sicurezza si adatterà nella modellazione e nell'analisi un larghezza collaborante per ciascuna trave pari a **5,50 m**.

4.4.3 Definizione del coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc

Per tenere conto le effettive caratteristiche geometrico\inerziali dell'impalcato, si considera un coefficiente di omogeneizzazione tra le strutture metalliche resistenti (travi longitudinali) e la soletta in calcestruzzo armato, modellando il comportamento del calcestruzzo per azioni di breve e lunga durata.

Nell'analisi strutturale si tiene quindi conto delle fasi transitorie e di esercizio e si opera considerando 3 modelli di calcolo:

- *Modello 1*: ottenuto considerando le proprietà inerziali delle sole travi metalliche ed utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dal peso proprio dell'acciaio e della soletta.
- *Modello 2*: ottenuto considerando le proprietà inerziali ideali della sezione composta con soletta collaborante omogeneizzata all'acciaio mediante coefficiente $n = 5,71$. Il modello è utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dalle azioni di breve durata.
- *Modello 3*: ottenuto considerando le proprietà inerziali ideali della sezione mista con soletta collaborante omogeneizzata all'acciaio mediante coefficiente $n = 18,57$. Il modello è utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dalle azioni di lunga durata.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

I coefficienti di omogeneizzazioni sono stati determinati in accordo con § 1.4.7 di CNR 10016, come evidenziato nel seguito.

- Per azioni di breve durata, la soletta, realizzata in conglomerato cementizio di resistenza caratteristica $R_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$, ha modulo elastico istantaneo pari a:

$$E_c = 5700 \sqrt{R_{ck}} = 36050 \text{ N/mm}^2$$

Il coefficiente di omogeneizzazione risulta pertanto:

$$n_0 = E_s / E_c = 206000 / 36050 = 5,71$$

- Per azioni di lunga durata, adottando un coefficiente di viscosità per il conglomerato della soletta pari a $\varphi (t_\infty, t_0) = 2,25$ da cui:

$$E_{cls, \infty} = 11092 \text{ N/mm}^2$$

Il coefficiente di omogeneizzazione a tempo infinito risulta:

$$n_L = n_0 \cdot (1 + \varphi) = 18,57$$

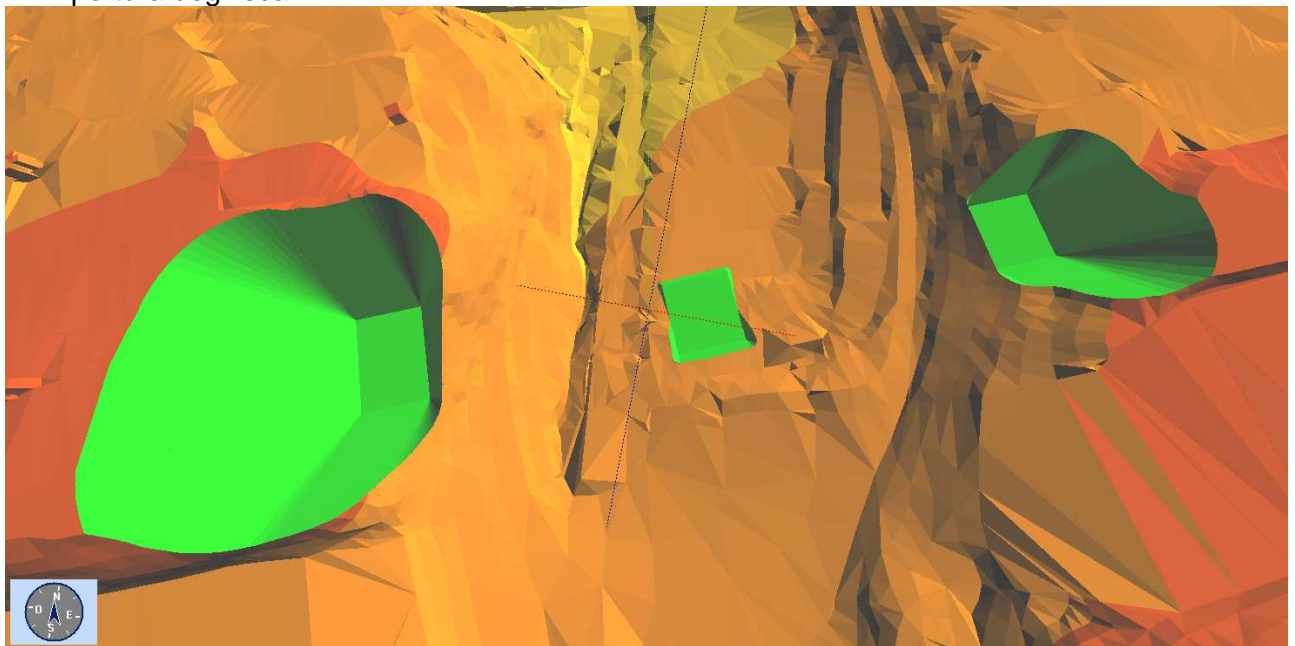
| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

5 FASI COSTRUTTIVE

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

ESECUZIONI DI PRIMA FASE:

- Apertura degli scavi:



- demolizione del muro andatore esistente in adiacenza alla struttura che verra' realizzata in allargamento;
- preparazione del piano di posa per il getto del cls magro e realizzazione delle fondazioni in c.a.

ESECUZIONI DI SECONDA FASE

- casseratura delle elevazioni e getto delle parti in c.a. delle spalle delle delle strutture in all'allargamento;
- demolizione di una fascia di circa 2.50m dell'impalcato esistente;
- installazione degli apparecchi di appoggio.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

ESECUZIONI DI TERZA FASE

- stoccaggio della trave di progetto sull'impalcato esistente;
- posizionamento della gru di sollevamento (350 t, braccio=20.00m)
- varo della trave metallica sugli appoggi della struttura realizzata;
- realizzazione dei traversi metallici tra la trave di progetto e quella esistente;
- getto dell'impalcato in allargo;
- sistemazione dei rilevati come da elaborato di progetto
CG0700PP8DCSC00VIH1000001F0.

6 ELABORATI DI RIFERIMENTO

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

| | |
|--|---|
| Relazione tecnico descrittiva dell'opera | CG0700 P RG D C SC 00 VI 1C 00 00 01 F0 |
| Scheda riassuntiva di rintracciabilità dell'opera | CG0700 P SH D C SC 00 VI 1C 00 00 01 F0 |
| Relazione di calcolo | CG0700 P CL D C SC 00 VI 1C 00 00 01 F0 |
| relazione geotecnica | CG0700 P RB D C SC 00 VI 1C 00 00 01 F0 |
| Planimetria di progetto | CG0700 P P8 D C SC 00 VI 1C 00 00 01 F0 |
| Profilo longitudinale di progetto | CG0700 P FZ D C SC 00 VI 1C 00 00 01 F0 |
| Planimetria di tracciamento | CG0700 P P8 D C SC 00 VI 1C 00 00 02 F0 |
| Sezione longitudinale e pianta fondazioni | CG0700 P ZA D C SC 00 VI 1C 00 00 01 F0 |
| Pianta dell'opera, prospetti e sezioni trasversali | CG0700 P PZ D C SC 00 VI 1C 00 00 01 F0 |
| Carpenteria spalla A | CG0700 P BA D C SC 00 VI 1C 00 00 01 F0 |
| Carpenteria spalla B | CG0700 P BA D C SC 00 VI 1C 00 00 02 F0 |
| Carpenteria pile - tavola 1 di 2 | CG0700 P BA D C SC 00 VI 1C 00 00 04 F0 |
| Carpenteria pile - tavola 2 di 2 | CG0700 P BA D C SC 00 VI 1C 00 00 05 F0 |
| Carpenteria impalcati - tavola 1 di 2 | CG0700 P BZ D C SC 00 VI 1C 00 00 01 F0 |
| Carpenteria impalcati - tavola 2 di 2 | CG0700 P BZ D C SC 00 VI 1C 00 00 02 F0 |
| Particolari costruttivi impalcati | CG0700 P SZ D C SC 00 VI 1C 00 00 01 F0 |

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA | <i>Codice documento</i> CS0367_F0 | | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |