

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</p>  <p>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 SICILIA | SS0818_F0 |
| <i>Tipo di sistema</i> | INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI | |
| <i>Raggruppamento di opere/attività</i> | SVINCOLO ANNUNZIATA | |
| <i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> | CAVALCAVIA – RAMPA 1 | |
| <i>Titolo del documento</i> | RELAZIONE TECNICO- DESCRITTIVA DELL'OPERA | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| CODICE | C | G | 0 | 7 | 0 | 0 | P | R | G | D | S | S | C | A | 4 | C | V | R | 1 | 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> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

INDICE

| | |
|--|----|
| INDICE | 3 |
| PREMESSA..... | 4 |
| 1 RIFERIMENTI NORMATIVI | 4 |
| 2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI | 6 |
| 3 CARATTERISTICHE MATERIALI..... | 7 |
| 3.1 CALCESTRUZZI (Secondo UNI 11104 - 2004) | 7 |
| 3.2 ACCIAIO PER ARMATURE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO (secondo NTC 2008 – D.M. 14/01/2008)..... | 11 |
| 3.3 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO | 11 |
| 3.4 BULLONI..... | 13 |
| 3.5 PIOLI CON TESTA TIPO “NELSON”..... | 13 |
| 3.6 SALDATURE..... | 13 |
| 4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA..... | 14 |
| 4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO..... | 15 |
| Parametri principali assunti..... | 49 |
| 4.2 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO | 50 |
| 4.2.1 AZIONI SISMICHE | 51 |
| 4.2.1.1 VITA NOMINALE | 52 |
| 4.2.1.2 CLASSE D'USO..... | 52 |
| 4.2.1.3 PERIODO DI RIFERIMENTO | 52 |
| 4.2.1.4 STATO LIMITE CONSIDERATO | 53 |
| 4.2.1.5 PARAMETRI E PUNTI DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ORIZZONTALE PER LO STATO LIMITE SLV | 53 |
| 5 FASI COSTRUTTIVE..... | 55 |
| 6 ELABORATI DI RIFERIMENTO..... | 56 |

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

PREMESSA

La presente relazione tratta il cavalcavia svincolo Annunziata (Pk. Iniz. 0+291.71 - Pk. Fin. 0+355.71), facente parte dello svincolo di Annunziata terminale dell'intervento lato Sicilia del ponte sullo stretto di Messina.

1 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

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

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

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

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

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

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

3 CARATTERISTICHE MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZI (Secondo UNI 11104 - 2004)

Per sottofondazioni

classe di resistenza

C12/15

classe di esposizione

XC0

Per pali gettati in opera

classe di resistenza

C25/30

modulo elastico

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

resistenza caratteristica a compressione cilindrica

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

resistenza media a compressione cilindrica

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

resistenza di calcolo a compressione

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

resistenza a trazione (valore medio)

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

resistenza caratteristica a trazione (frattile al 5%)

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

resistenza a trazione per flessione

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

tensione a SLE – combinazione rara

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

tensione a SLE – combinazione quasi permanente

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

copriferro

$C = 60 \text{ mm}$

classe di esposizione

XC2

classe di consistenza slump

S4-S5

max dimensione aggregati

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

rapporto A/C massimo

0.50

Fondazioni pile e spalle

classe di resistenza

C25/30

modulo elastico

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

resistenza caratteristica a compressione cilindrica

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

resistenza media a compressione cilindrica

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

resistenza di calcolo a compressione

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

resistenza a trazione (valore medio)

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

resistenza caratteristica a trazione (frattile al 5%)

$f_{ctk,5\%} = 3.07 \text{ N/mm}^2$

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | | |
|--|--------------|-------|-------------------|
| resistenza a trazione per flessione | $f_{ctm} =$ | 3.07 | N/mm ² |
| tensione a SLE – combinazione rara | $\sigma_C =$ | 14.94 | N/mm ² |
| tensione a SLE – combinazione quasi permanente | $\sigma_C =$ | 11.20 | N/mm ² |
| copriferro | $C =$ | 40 | mm |
| classe di esposizione | | XC2 | |
| classe di consistenza slump | | S4 | |
| max dimensione aggregati | $D_{max} =$ | 32 | mm |
| rapporto A/C massimo | | 0.50 | |

Solette di transizione

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

Baggioli e ritegni sismici

| | | | |
|---|-----------------|---------------|-------------------|
| classe di resistenza | | C32/40 | |
| modulo elastico | $E_c \square =$ | 33643 | N/mm ² |
| resistenza caratteristica a compressione cilindrica | $f_{ck} =$ | 33.20 | N/mm ² |
| resistenza media a compressione cilindrica | $f_{cm} =$ | 41.20 | N/mm ² |
| resistenza di calcolo a compressione | $f_{cd} =$ | 18.81 | N/mm ² |
| resistenza a trazione (valore medio) | $f_{ctm} =$ | 3.10 | N/mm ² |

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

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

Elevazioni pila, spalle, muri, paragliaia

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

Soletta di impalcato

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

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

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

Cordoli di impalcato

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

Opere provvisionali

| | | | |
|---|---------------|---------------|-------------------|
| classe di resistenza | | C32/40 | |
| modulo elastico | $E_{c\Box} =$ | 33643 | N/mm ² |
| resistenza caratteristica a compressione cilindrica | $f_{ck} =$ | 33.20 | N/mm ² |
| resistenza media a compressione cilindrica | $f_{cm} =$ | 41.20 | N/mm ² |

| | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------|-------------|----|------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>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 | | | | | | |

| | | | |
|---|-----------------|-------|-------------------|
| resistenza di calcolo a compressione | $f_{cd} =$ | 18.81 | N/mm ² |
| resistenza a trazione (valore medio) | $f_{ctm} =$ | 3.10 | N/mm ² |
| resistenza caratteristica a trazione (frattile al 5%) | $f_{ctk,5\%} =$ | 2.17 | N/mm ² |
| resistenza a trazione per flessione | $f_{ctm} =$ | 3.72 | N/mm ² |
| tensione a SLE – combinazione rara | $\sigma_C =$ | 19.92 | N/mm ² |
| tensione a SLE – combinazione quasi permanente | $\sigma_C =$ | 14,94 | N/mm ² |
| copriferro | $C =$ | 40 | mm |
| classe di esposizione | | XS1 | XF2 |
| classe di consistenza slump | | S4 | |
| max dimensione aggregati | $D_{max} =$ | 20 | mm |
| rapporto A/C massimo | | 0.5 | |

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

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

3.2 ACCIAIO PER ARMATURE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO (secondo NTC 2008 – D.M. 14/01/2008)

| | | | |
|--|-------------------|--------------|-------------------|
| | | B450C | |
| tensione caratteristica di snervamento | $f_{yk} =$ | 450 | N/mm ² |
| tensione caratteristica di rottura | $f_{tk} =$ | 540 | N/mm ² |
| resistenza di calcolo a trazione | $f_{yd} =$ | 391.30 | N/mm ² |
| modulo elastico | $E_s =$ | 206.000 | N/mm ² |
| deformazione caratteristica al carico massimo | $\epsilon_{uk} =$ | 7.50 | % |
| deformazione di progetto | $\epsilon_{ud} =$ | 6.75 | % |
| coeff. resistenza a instabilità delle membrature | $\gamma_m =$ | 1.10 | |

3.3 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO

Elementi composti per saldatura:

acciaio S355 J2G3 (ex 510 D) per spessori ≤ 40 mm (UNI EN 10025)

acciaio S355K2G3 (ex 510 DD) per spessori > 40 mm (UNI EN 10025)

Elementi non saldati:

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

acciaio S355 JO (ex 510 C) (UNI EN 10025)

Entrambi gli acciai devono essere conformi alle prescrizioni del D.M. 14.01.2008, dovendo presentare le seguenti caratteristiche (Tabella 11.3.IX, D.M. 14.01.2008):

| Spessore nominale dell'elemento | | | |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| t ≤ 40 | | 40 mm < t ≤ 80 mm | |
| f _{yk} [MPa] | f _{tk} [MPa] | f _{yk} [MPa] | f _{tk} [MPa] |
| 355 | 510 | 335 | 470 |

Per la verifica in campo elastico, la resistenza di calcolo dell'acciaio si è assunta pari a :

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M}$$

essendo

γ_M = coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità

| | Elemento o tipo di verifica | γ_M |
|--------------------|---|----------------------|
| Per il materiale | Sezioni di classe 1-2-3-4 | $\gamma_{M0} = 1.05$ |
| | Fenomeni di instabilità | $\gamma_{M1} = 1.1$ |
| | Resistenza delle sezioni tese (indebolite dai fori) | $\gamma_{M2} = 1.25$ |
| | Bulloni | $\gamma_{M2} = 1.25$ |
| Per i collegamenti | Saldature | $\gamma_{M2} = 1.25$ |

Si sono utilizzati i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

- modulo di elasticità $E = 210000 \text{ N/mm}^2$
- modulo di elasticità tangenziale $G = E / (2 \times (1 + \nu)) = 80769 \text{ N/mm}^2$
- coefficiente di Poisson $\nu = 0.3$
- coefficiente di espansione termica $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}$
- densità $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Tutte le giunzioni per l'assemblaggio dei conci delle travi portanti saranno di tipo saldato a completa penetrazione. I diaframmi intermedi e di spalla saranno collegati alle travi principali attraverso giunzioni bullonate.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Il viadotto oggetto della presente relazione è denominato Cavalcavia Svincolo Annunziata (Pk. Iniz. 0+278.43 - Pk. Fin. 0+340.22), ed è parte dello svincolo di Annunziata terminale dell'intervento lato Sicilia del ponte sullo stretto di Messina.

Il cavalcavia è composto da n.2 campate di luce massima pari a 32.0 m misurata tra gli assi di appoggio della pila e delle due spalle in cemento armato.

La larghezza della carreggiata stradale è pari a 9.00 m; sono previsti due cordoli laterali di larghezza pari a 0.8, sui quali sono impostati i montanti delle barriere di protezione.

L'impalcato è realizzato in struttura mista acciaio – calcestruzzo ed è composto da 3 travi longitudinali poste a interasse 3.7 m collegate da diaframmi intermedi a traliccio e diaframmi di testata ad anima piena posti a interasse massimo pari a circa 3.97 m misurato lungo l'asse principale. Le travi principali hanno sezione in profilo composto di altezza costante lungo lo sviluppo del viadotto pari a 1.8 m.

La collaborazione fra struttura metallica e soletta in c.a. è prevista per mezzo di connettori tipo Nelson saldati sull'estradosso delle piattabande superiori delle travi principali.

L'impalcato in c.a. è realizzato con getto in opera mediante l'impiego di predalles autoportanti di spessore 6 cm, munite di armature a traliccio e poggianti sulle ali superiori delle travi.

Una volta disposte le predalle si provvede alla posa dell'armatura longitudinale ed al completamento di quella trasversale e quindi, al getto della soletta fino agli spessori di progetto; la sezione trasversale della soletta presenta un'altezza costante pari a 30 cm (24 cm + 6 cm di predalles).

Complessivamente la struttura è stata suddivisa in 5 conci di lunghezza massima pari a 13.5 m, assemblati in cantiere con giunzioni saldate.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|------------|-------------|----|------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <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 | | | | | | |

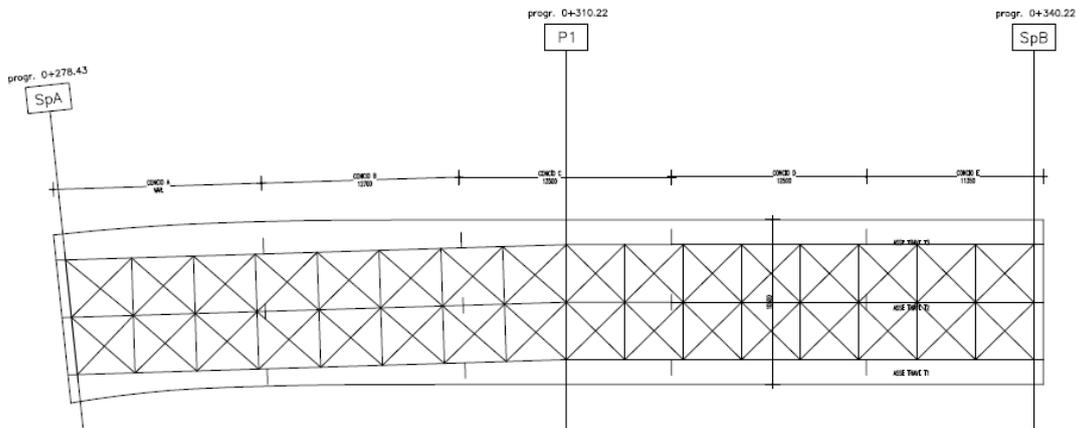


Figura 1 – Pianta

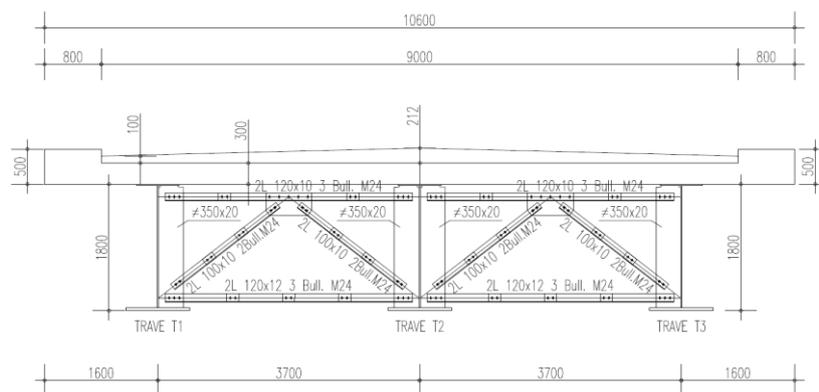


Figura 2 – Sezione trasversale tipica

4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

Descrizione delle litologie prevalenti

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

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

I depositi alluvionali recenti sono costituiti da limi e sabbie con livelli di ghiaie a supporto di matrice

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

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

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

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

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

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

Indagini previste

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

La categoria di suolo sismico, secondo N.T.C: 2008, risulta pari a **C** (sismica a rifrazione S432-SR15 e PR18 SR, S441), come si evince dalle tabelle e figure in Allegato.

Le prove utilizzate nella caratterizzazione sono:

Depositi alluvionali

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

* S432 non è stato considerato rappresentativo per la parametrizzazione dei depositi alluvionali in quanto lontano dall'opera in esame.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

San Pier Niceto argilloso

Le prove utilizzate nella caratterizzazione sono:

- prove pressiometriche (S432, S454)
- prove dilatometriche (S459bis, S453)
- prove sismiche a rifrazione (SR11)
- prove di laboratorio per la determinazione dei parametri di resistenza (S457, S465)
- prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici.

San Pier Niceto Conglomeratico

Le prove utilizzate nella caratterizzazione sono:

- prova sismica a rifrazione (SR11)
- prova down hole (S464)
- prove dilatometriche (S464bis, S443, S456)
- prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche e della granulometria (S429bis, S434, S456, S464, S465)

Caratterizzazione geotecnica

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

Depositi alluvionali

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

Con riferimento al fuso medio:

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Il valore di D_{50} è pari a 0.8mm

Il valore di D_{60} è pari a 2 mm

Il valore di D_{10} è pari a 0.01 mm

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

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

- **Dr:** I valori di N_{spt} sono stati corretti con il fattore correttivo $C_{sg}=0.75$ corrispondente al $d_{50}=0.8mm$.
- **e_o :** a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{max}-e_{min}$ pari a 0.305 stimando per e_{max} un valore pari a 0.7; a partire dai valori di Dr è stato possibile determinare i valori di e_o in sito; il valore di e_o è mediamente pari a 0.5-0.6.
- **γ_d :** si ottiene un pari a 17-19 KN/m³
- **K_0 :** si considera la relazione di Jaky.

| z(m) | Dr(%) | e_0 | K_0 | ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°) | ϕ'_{cv} (°) |
|-------------|--------------|-------------------------|-------------------------|--|------------------------------------|
| 0-10 | 40-50 | 0.5-0.6 | 0.38-0.40 | 37-38 | 33 |

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

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

I parametri ricavati dalle sismiche a rifrazione possono ritenersi rappresentativi della deformabilità delle lenti limose circoscritte che possono riscontrarsi (S441, S432).

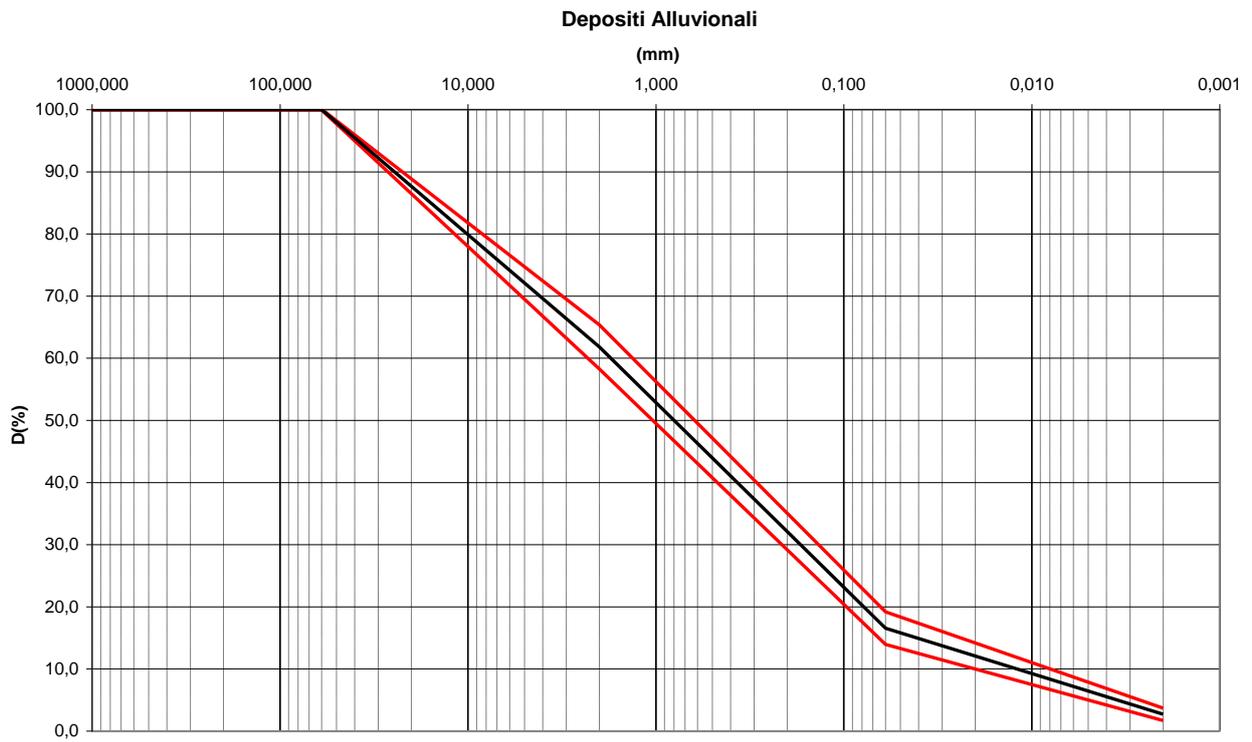
I valori di G_0 da prove SPT hanno un andamento compatibile che, stimato graficamente con una linea di tendenza, risulta pari a:

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

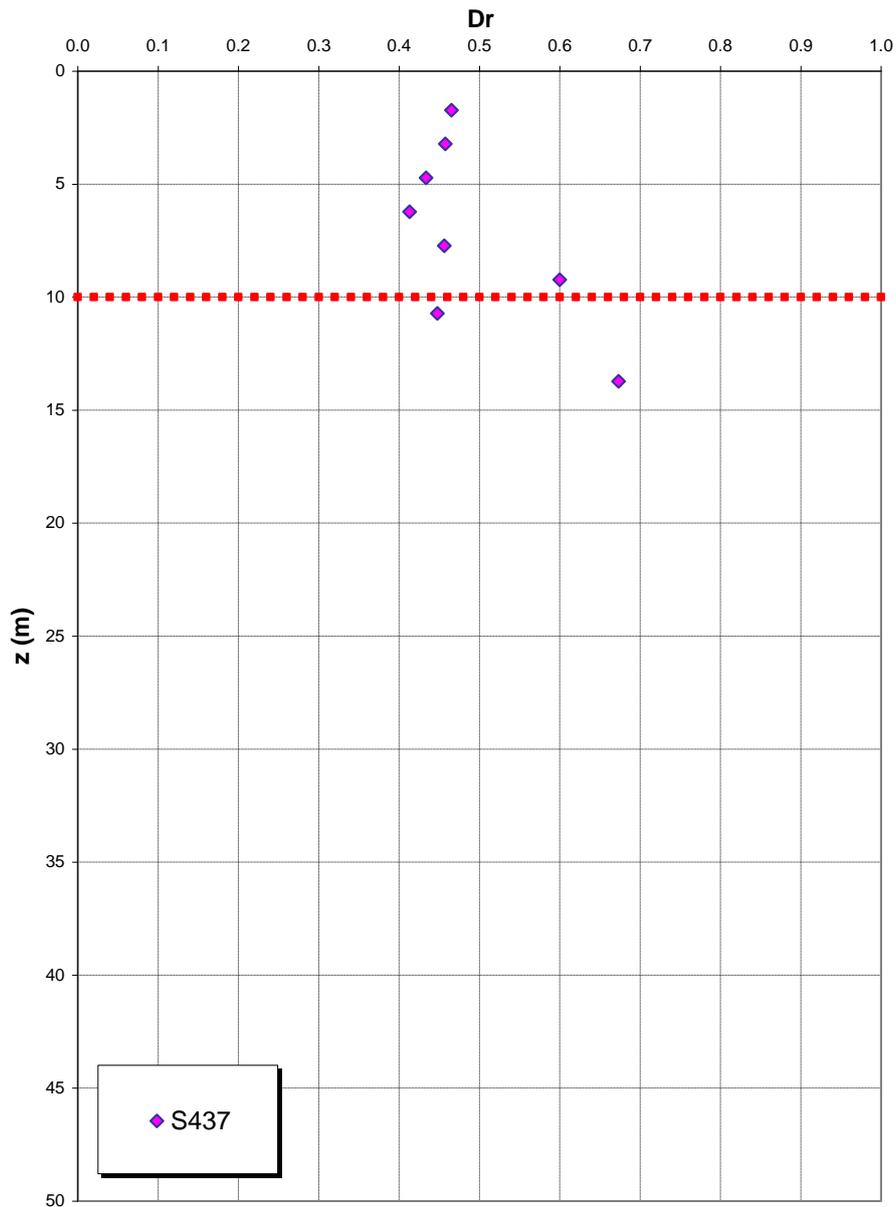
$$E_o = 80 \cdot (z)^{0.65}$$

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

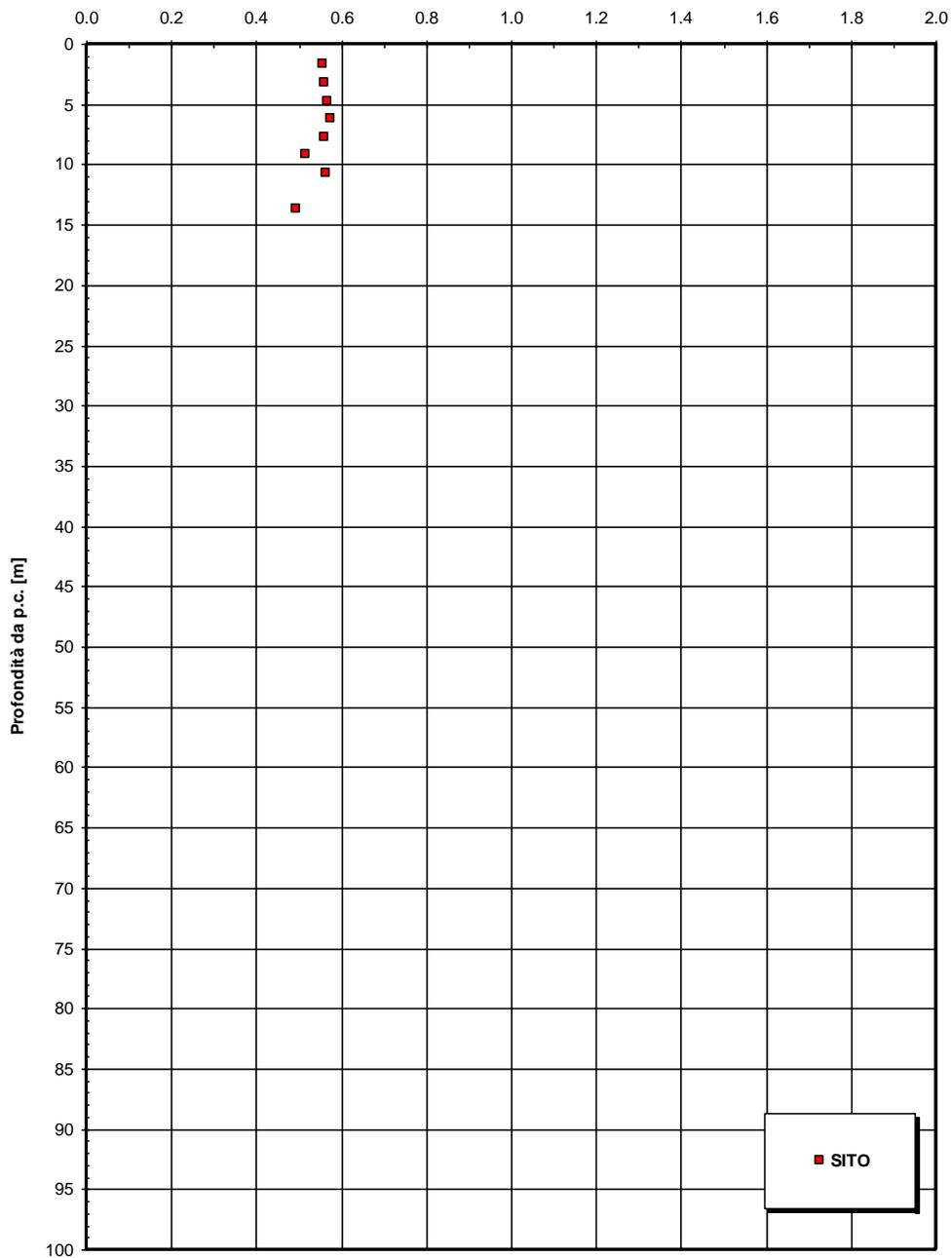
pari rispettivamente a circa 1/10 ÷ 1/5 (medio - alte deformazioni) ed ad 1/3 di quelli iniziali (piccole deformazioni). I valori minimi si riferiscono al progetto delle fondazioni.

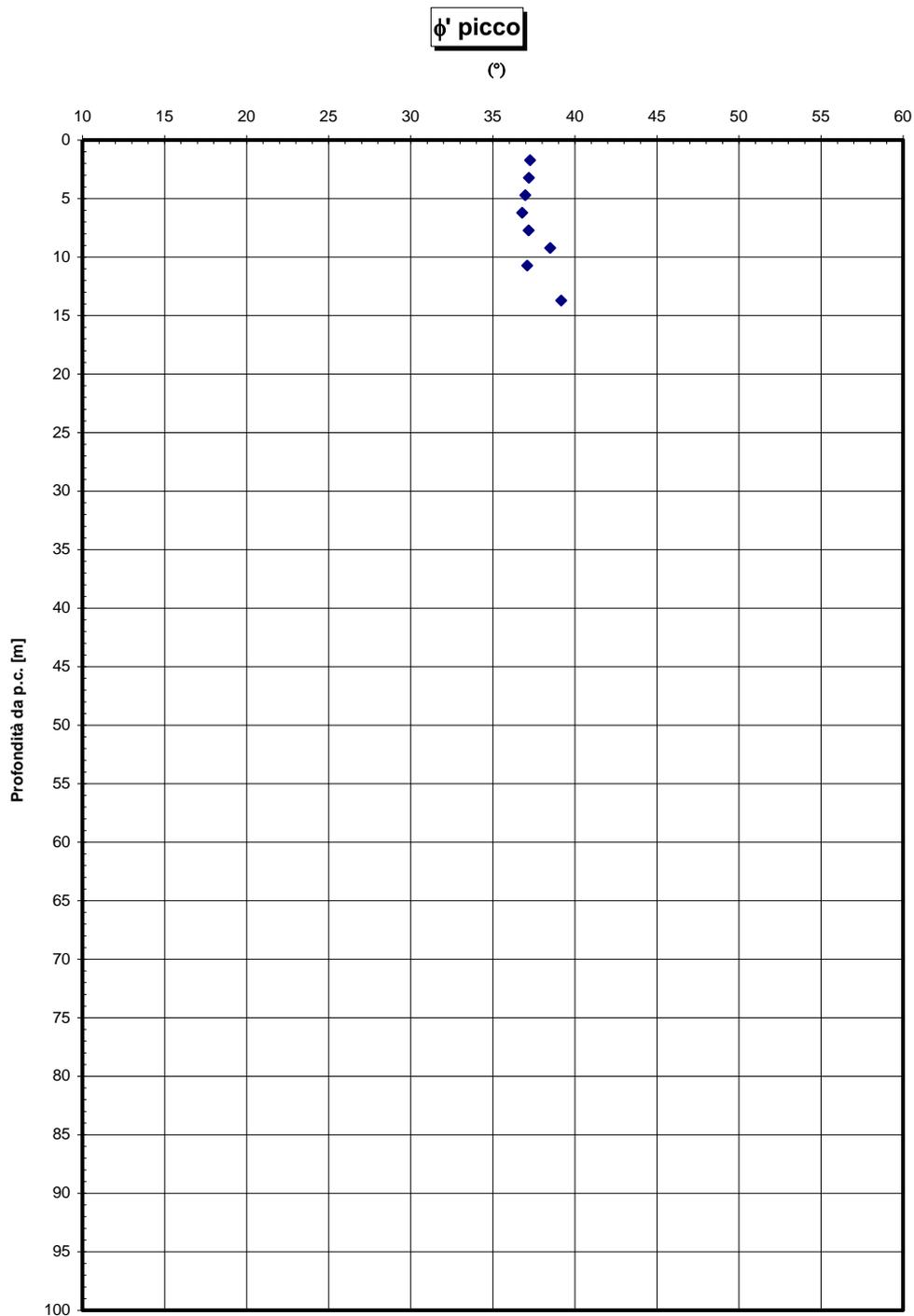


**Dr Skempton (1986)
Componente sabbiosa prevalente
DEPOSITI ALLUVIONALI**



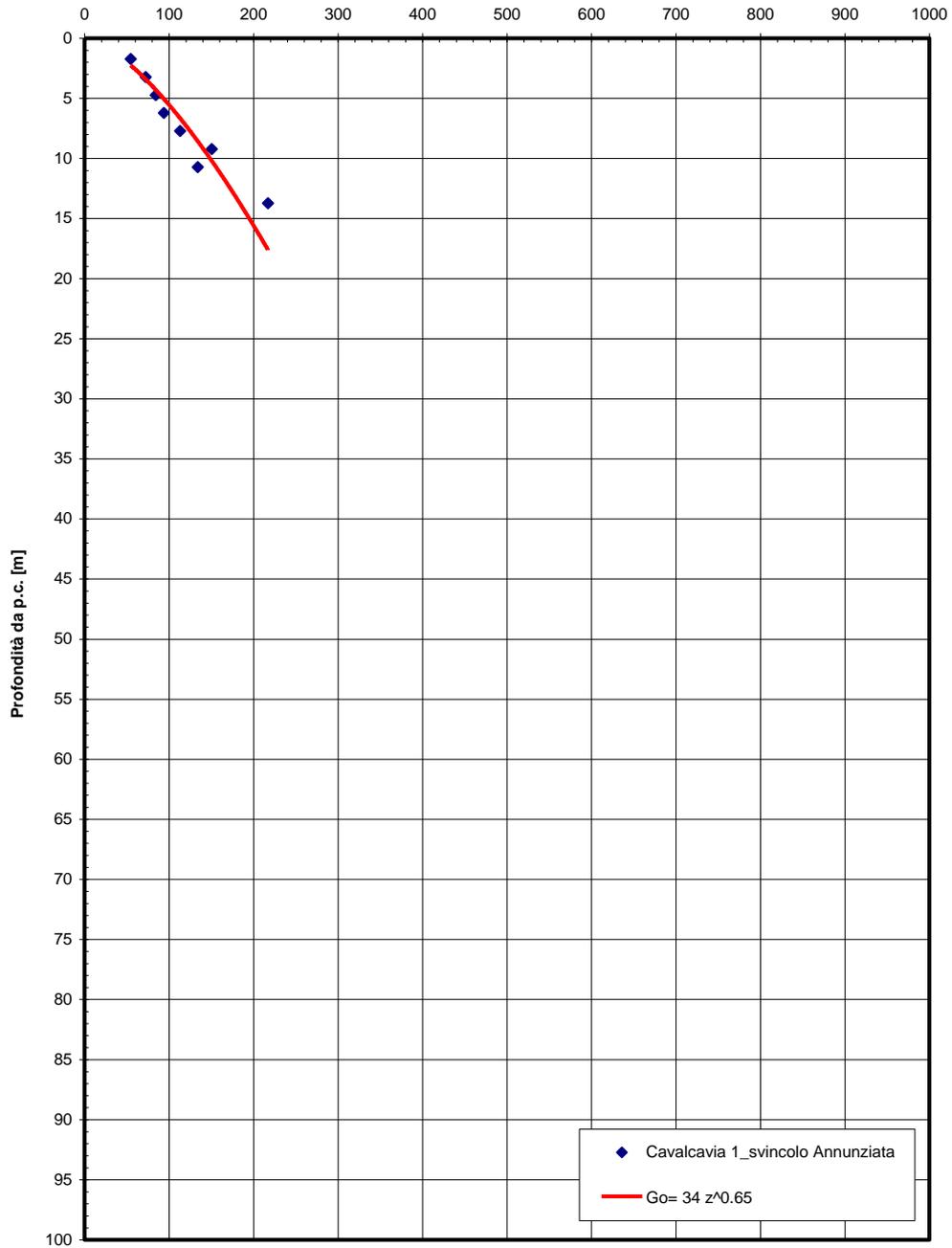
eo





Go spt

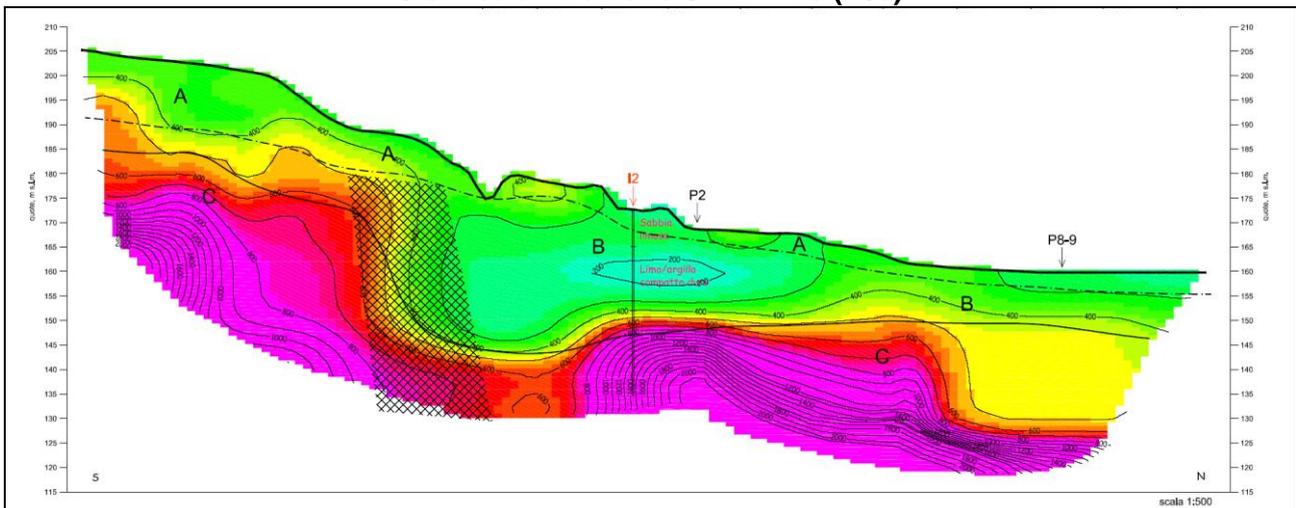
(MPa)



S441 - Nspt30

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

Sismica a rifrazione SR11 – Vs (m/s)



| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

San Pier Niceto argilloso

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

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

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

Per il peso di volume γ si assume un valore medio di 20KN/m^3 .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Dalle prove di sismica a rifrazione (S454-SR3 e SR5 e S434-SR2) si ottengono valori medi di velocità V_s ascrivibili all'intero pacchetto del San Pier Niceto argilloso molto elevate e pari a 800 e 1500 m/s fra 20 e 50m di profondità.

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

Tale discrepanza con i valori ottenuti dalle pressiometriche possono ascrivere

alla difficoltà, nell'interpretazione delle sismiche a rifrazione, nell'individuare il sismostrato esattamente riferibile alla formazione in esame che rende eventualmente affetta da errore l'individuazione dell'esatto valore di V_s ,

alla presenza, all'interno del pacchetto del San Pier Niceto argilloso, di strati arenacei cementati che condizionano la risposta elastica globale.

all'eventuale disturbo del foro in cui sono state effettuate le prove pressiometriche

al fatto che quasi tutte le dilatometriche (tranne S459bis) forniscono valori di primo carico.

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

$E' = 70 \div 120$ MPa

compatibili rispettivamente con:

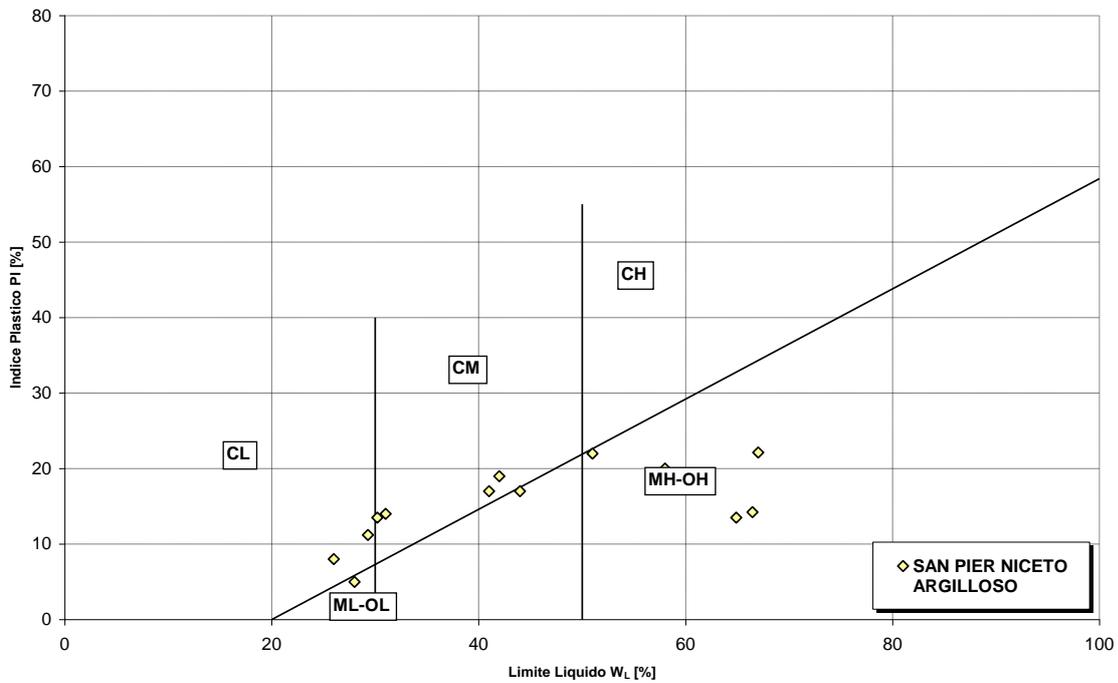
$E' = 200$ Cu (valore minimo)

$E' = 400$ Cu (valore massimo)

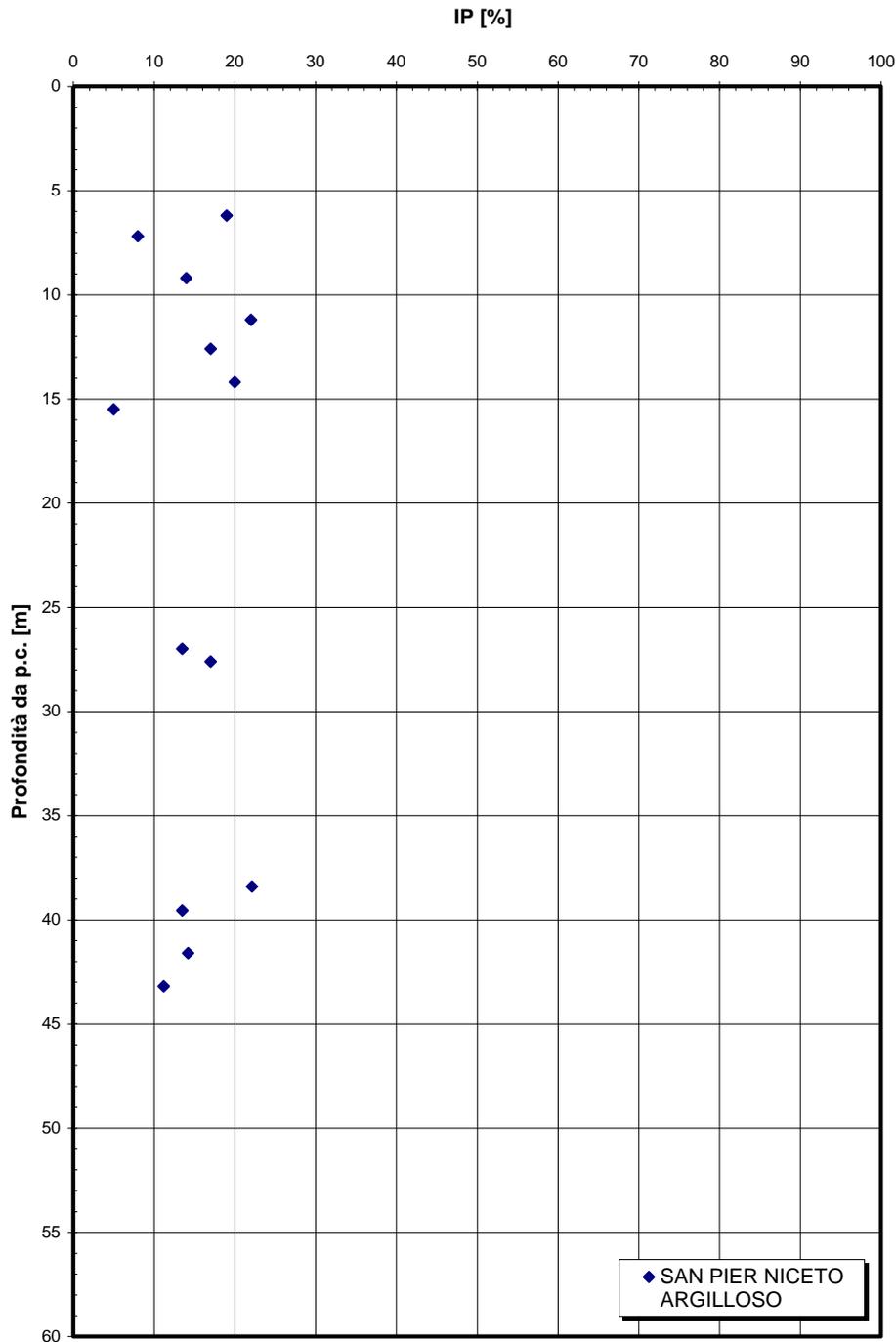
avendo posto un valore cautelativo di $Cu = 300$ Kpa



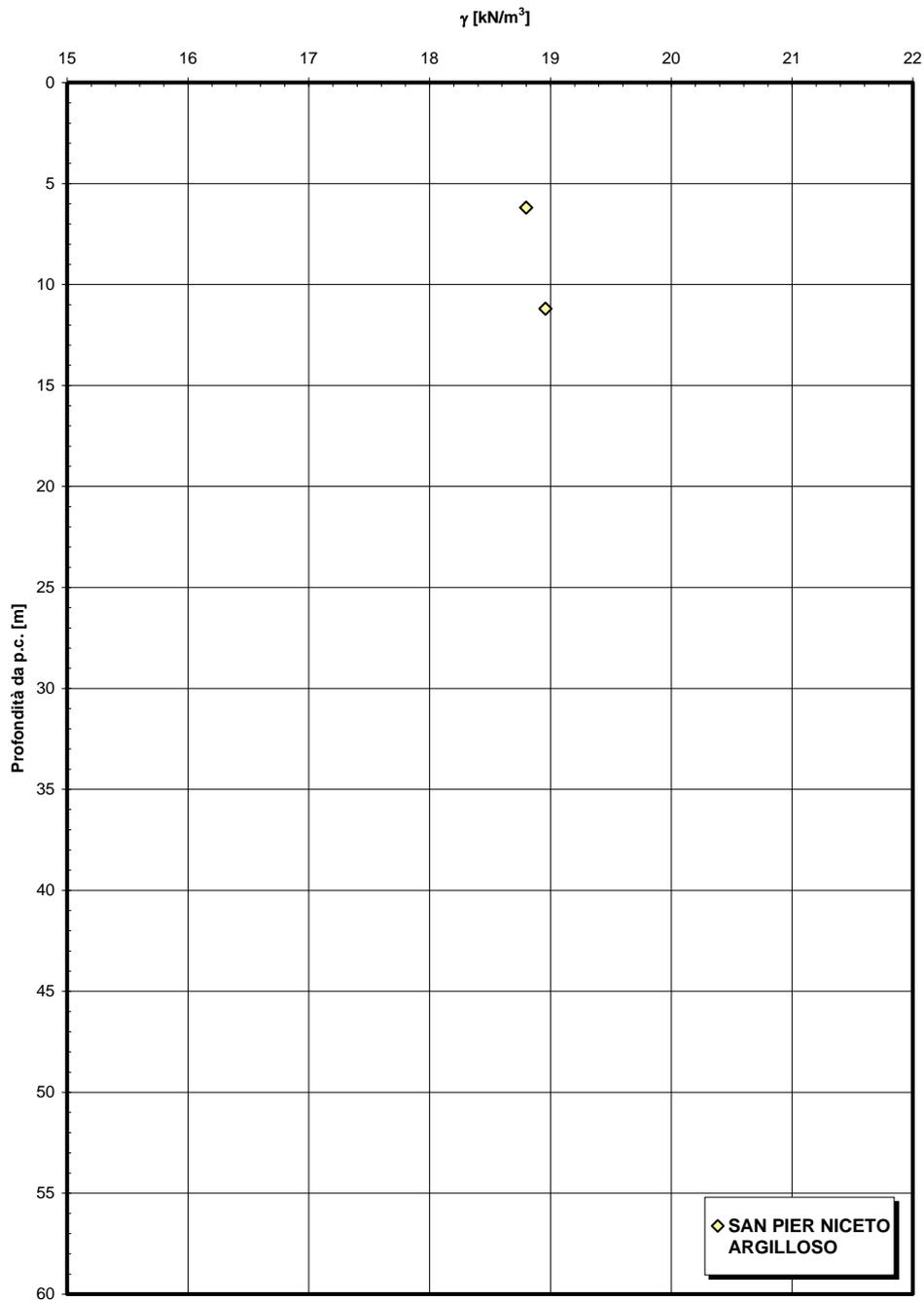
Carta di Plasticità di Casagrande



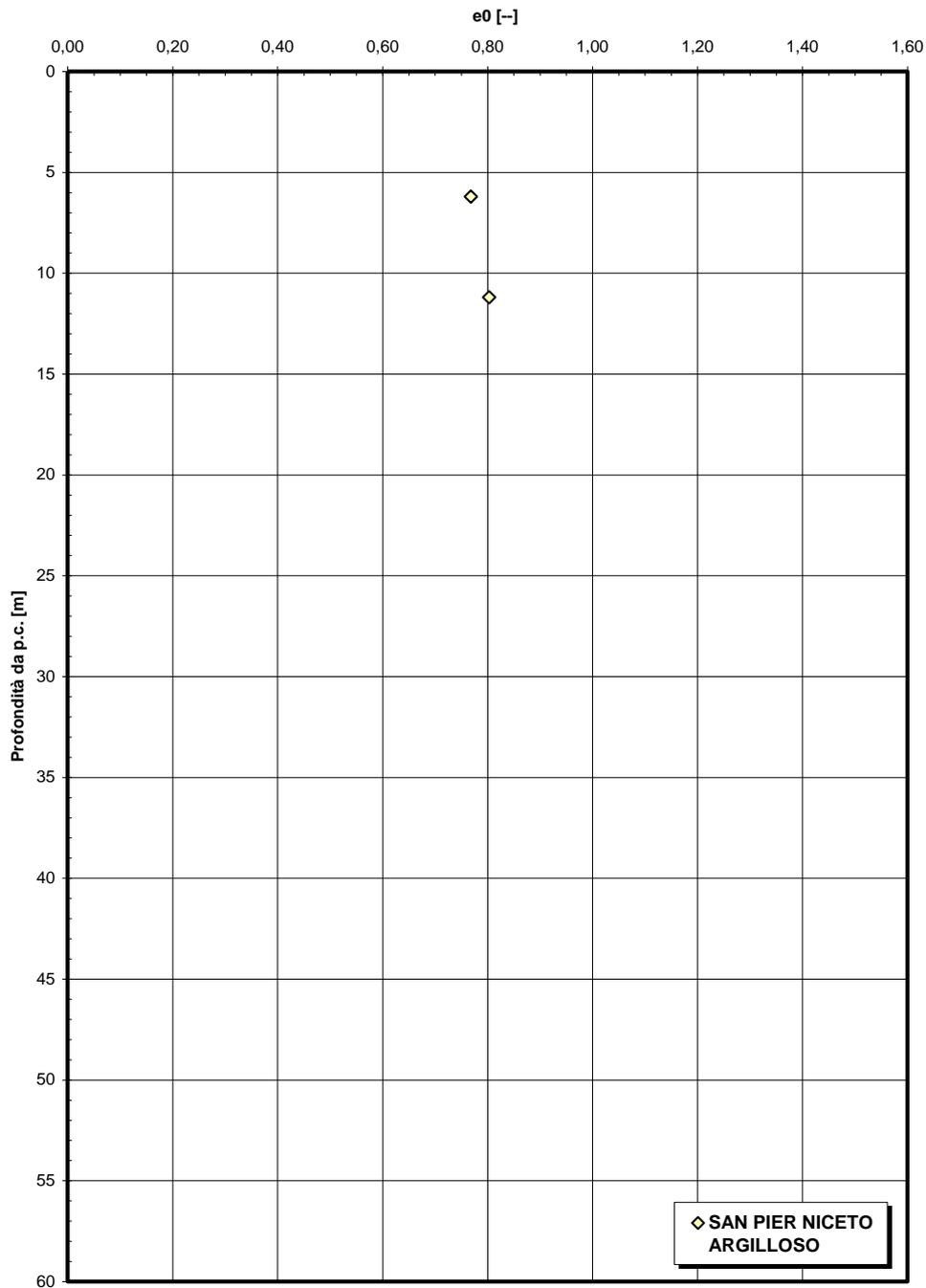
Indice di plasticità



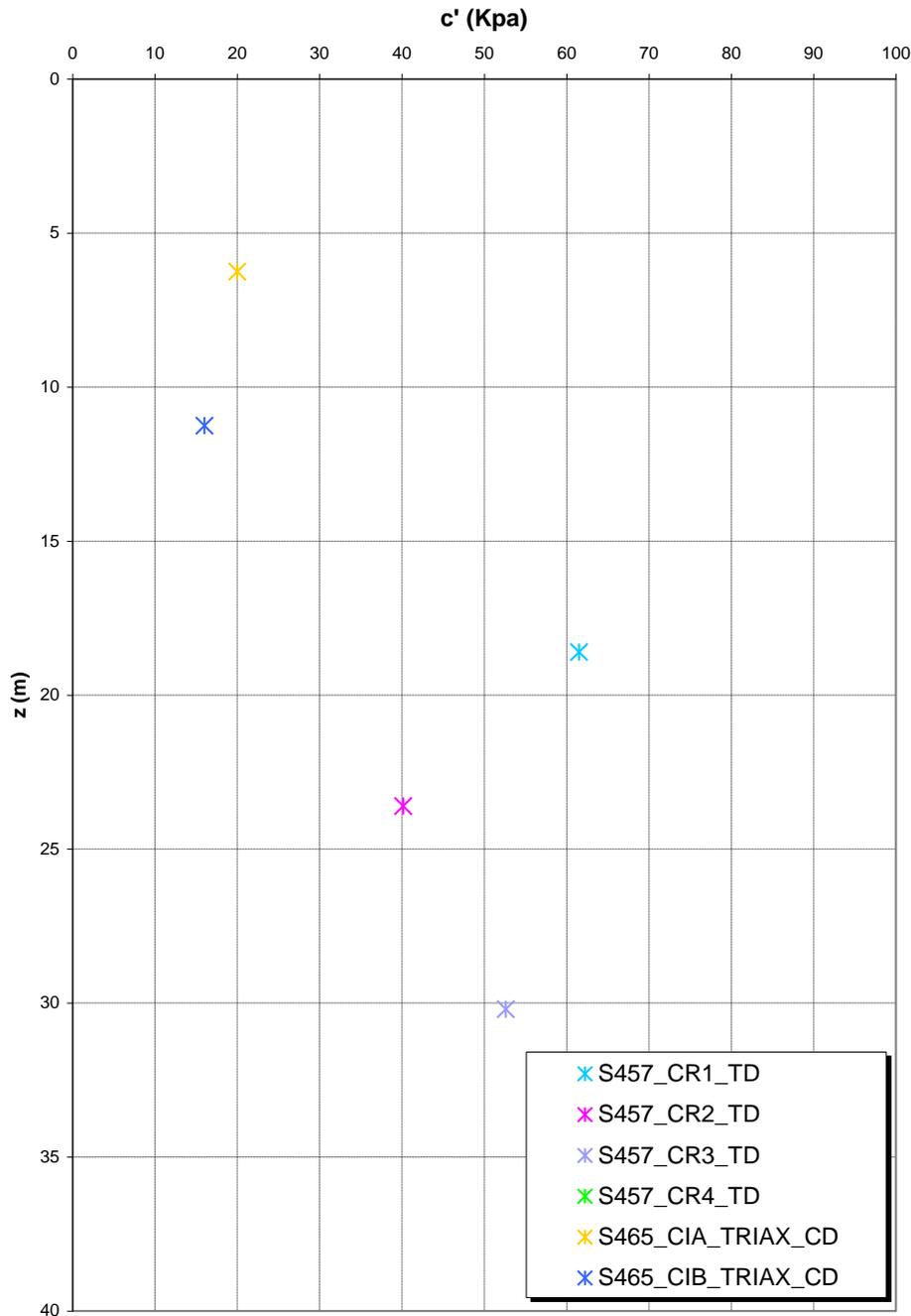
Peso di volume naturale



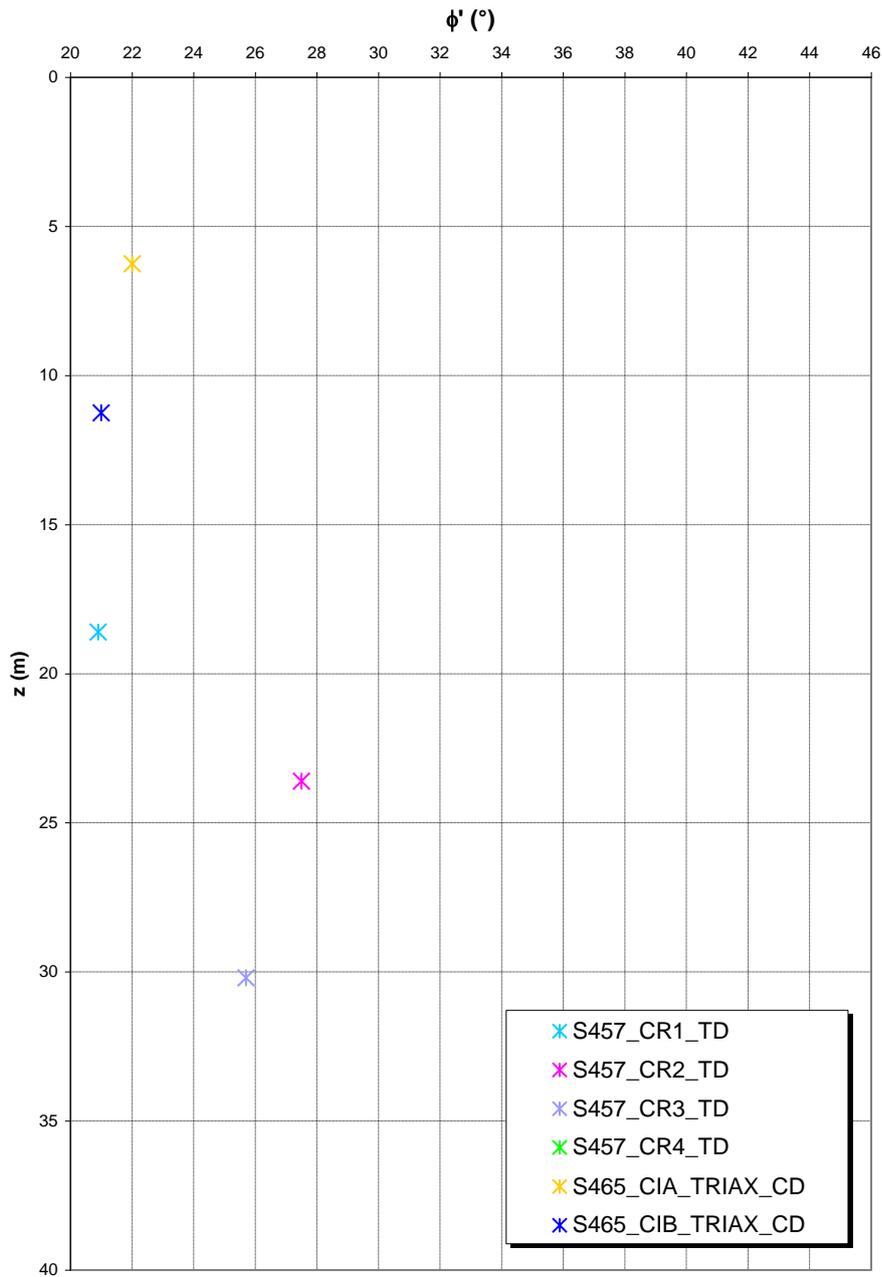
Indice dei vuoti iniziale



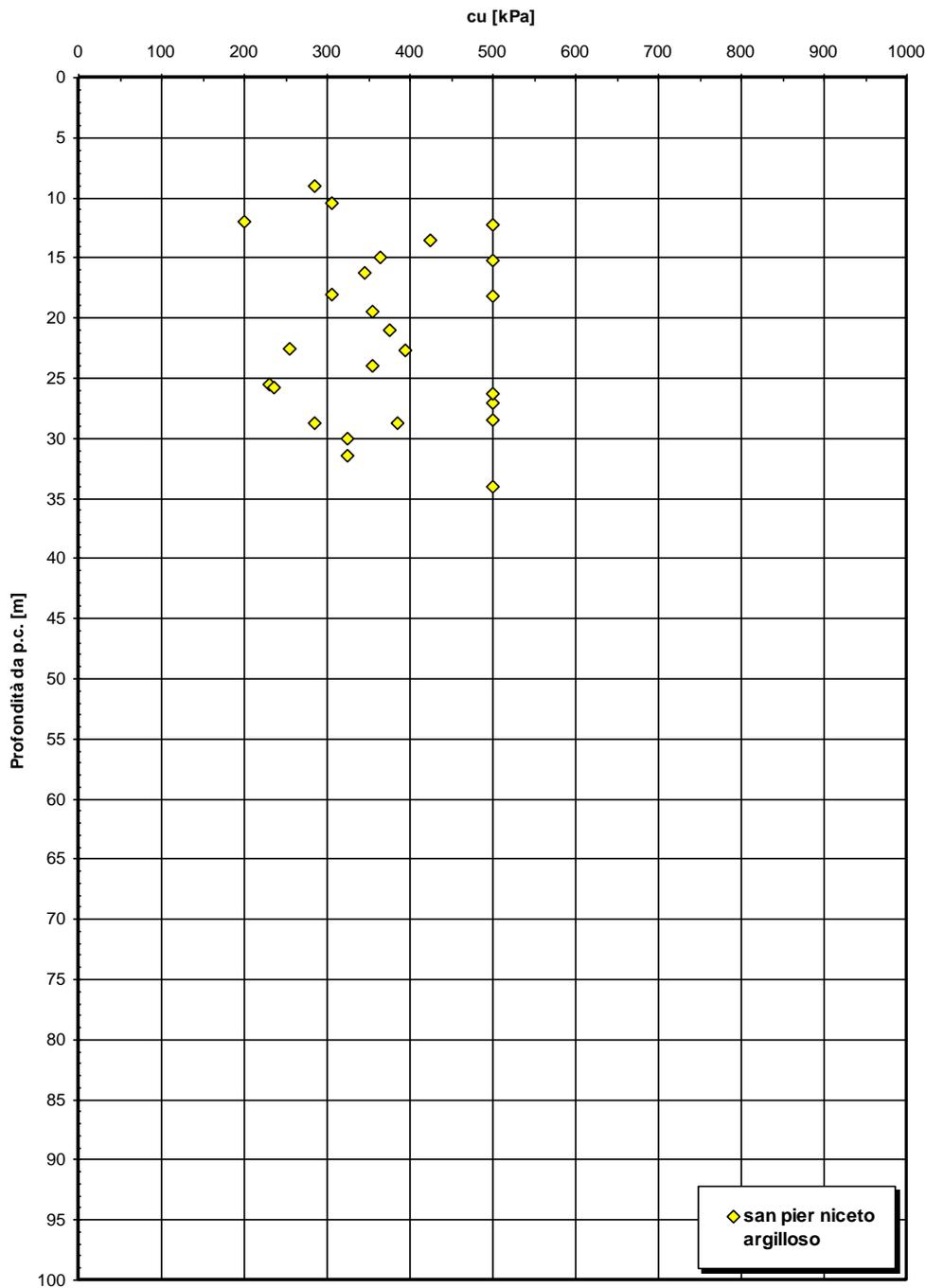
**Coesione
SAN PIER NICETO ARGILLOSO**

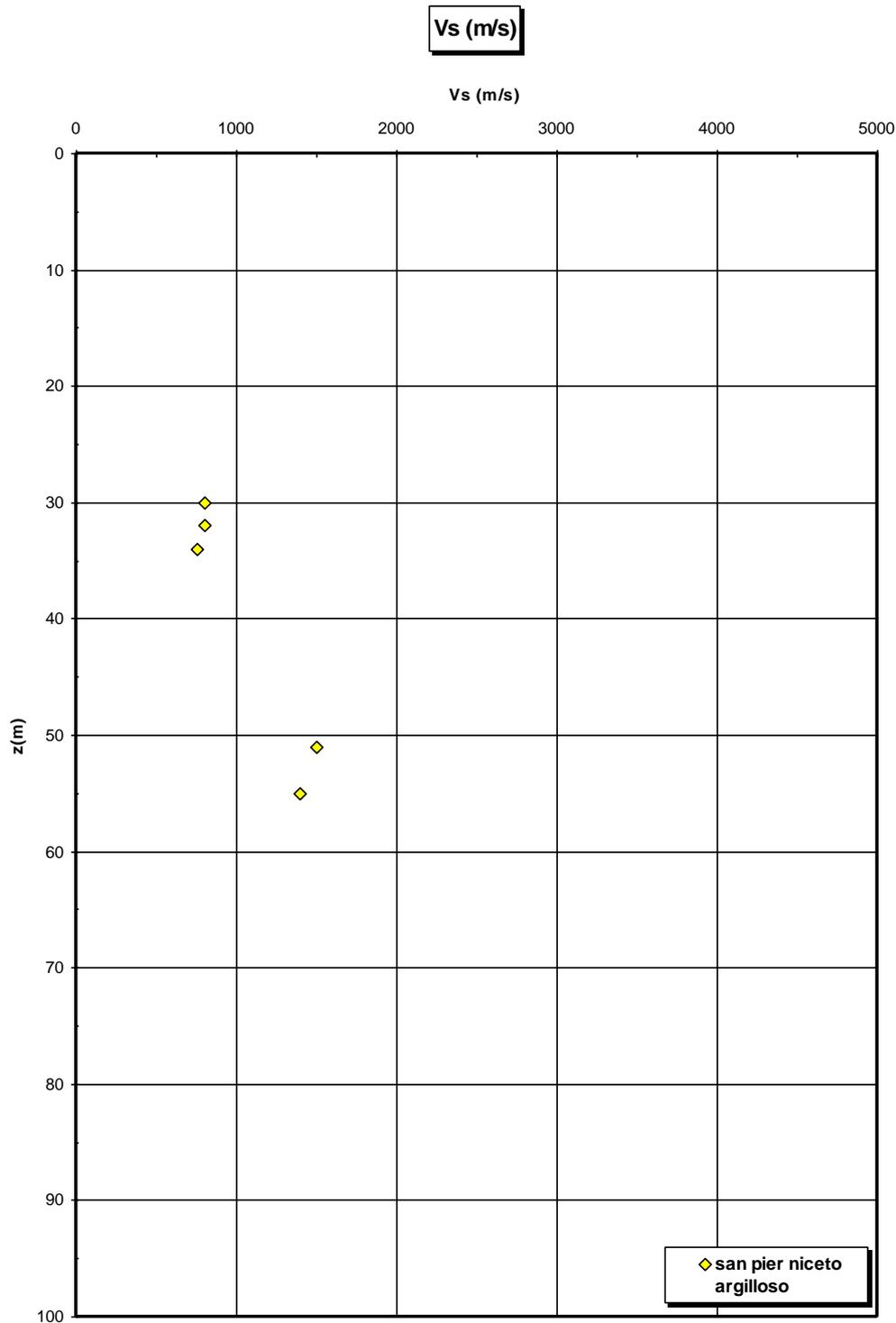


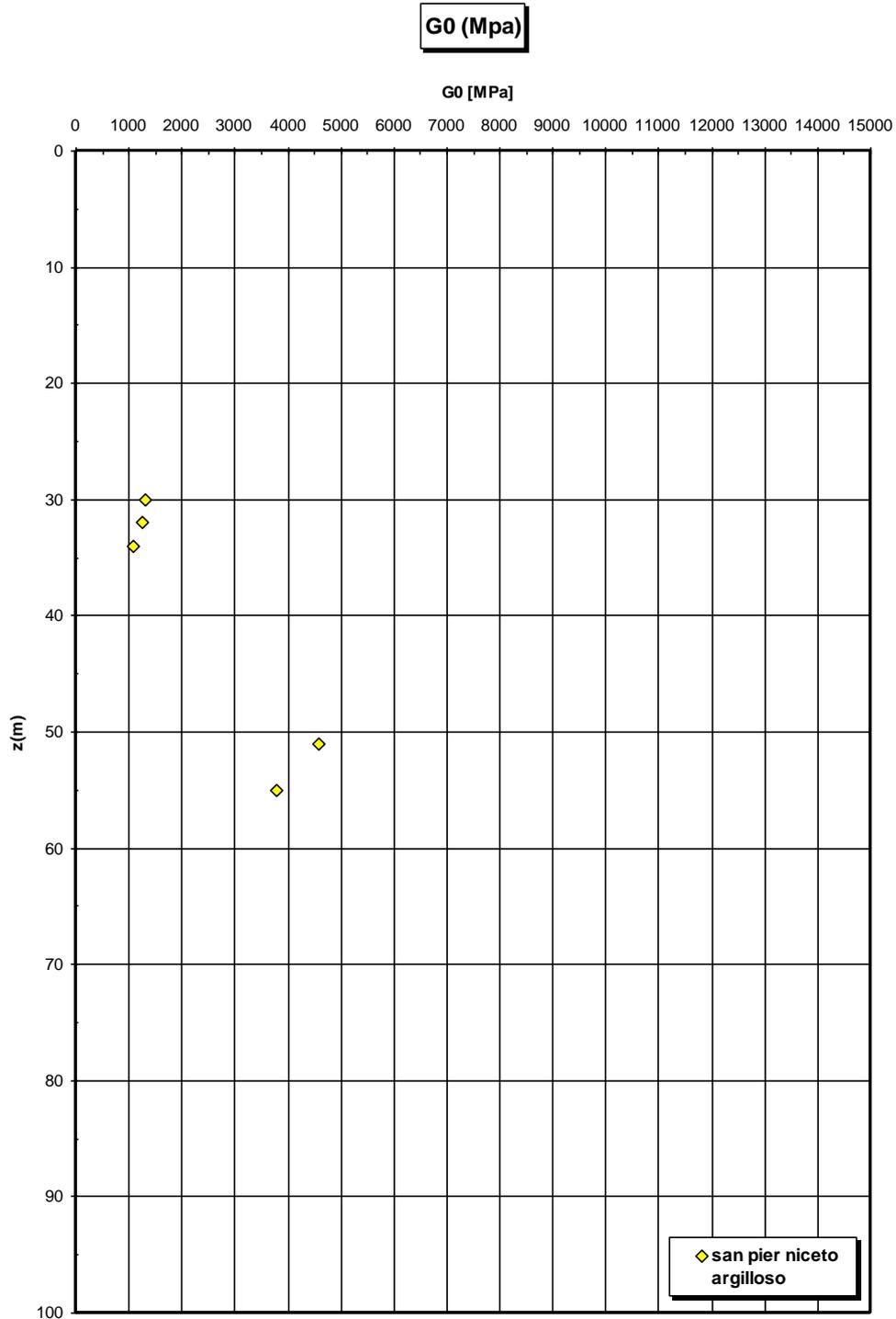
**Angolo di attrito
SAN PIER NICETO ARGILLOSO**



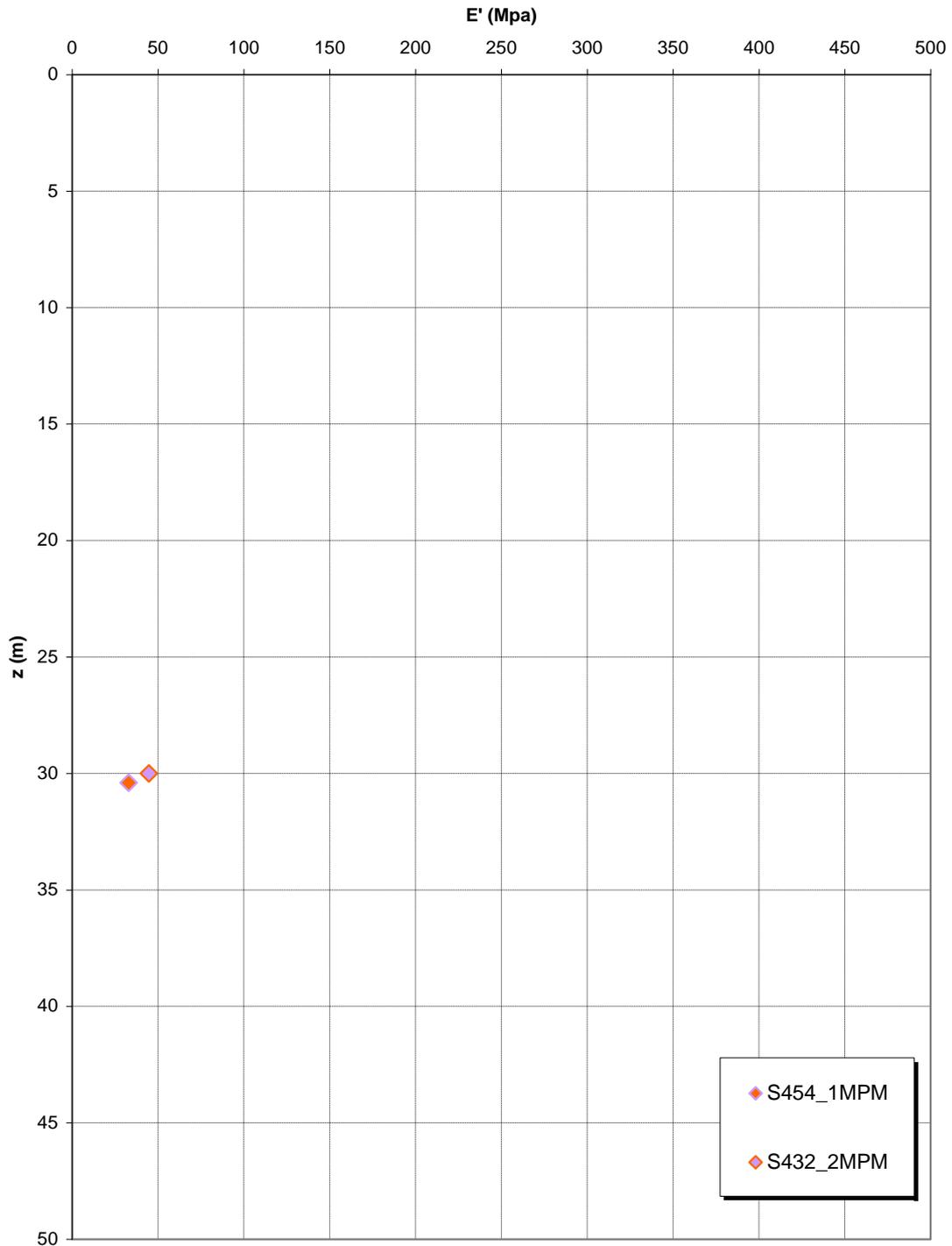
Coesione non drenata da prove SPT



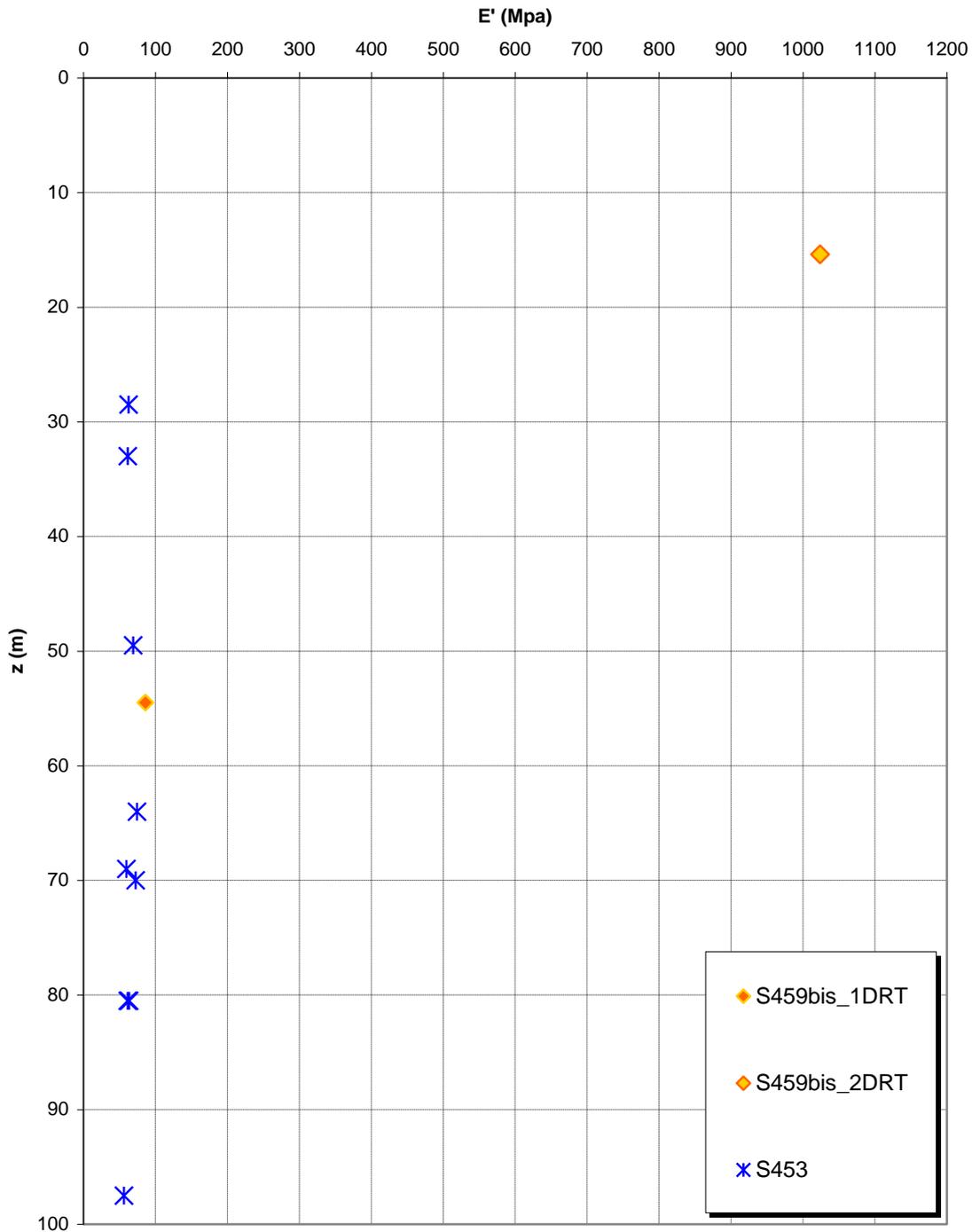




**Prove pressiometriche
SAN PIER NICETO ARGILLOSO**



**Prove dilatometriche
SAN PIER NICETO ARGILLOSO**



| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

San Pier Niceto Conglomeratico

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

Il valore di D_{50} è pari a 0.3mm

Il valore di D_{60} è pari a 0.6 mm

Il valore di D_{10} è pari a 0.04 mm

Il peso di volume naturale medio γ_s è risultato pari a circa 26.5 kN/m³.

Per quanto concerne lo stato iniziale si ha:

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

γ_d : si può stimare un valore medio di γ_d che risulta uguale a circa 21 KN/m³;

K_0 : si considera la relazione di Mesri.

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

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

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

del valore GSI di cui in precedenza;

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

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

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| σ_n (Mpa) | Picco | | Residuo | |
|------------------|------------|-------------|------------|-------------|
| | c' (Mpa) | ϕ' (°) | c' (Mpa) | ϕ' (°) |
| 0.21 | 0.14 | 55 | 0.09 | 45 |
| 0.42 | 0.21 | 50 | 0.15 | 38 |

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

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

Si pone quindi:

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

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

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

Il numero di dati a disposizione è molto esiguo;

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

$G_0=100 z$ (Mpa)

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

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

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

Per i moduli di Young "operativi" a medie e piccole deformazioni si dà quindi il seguente andamento cautelativo:

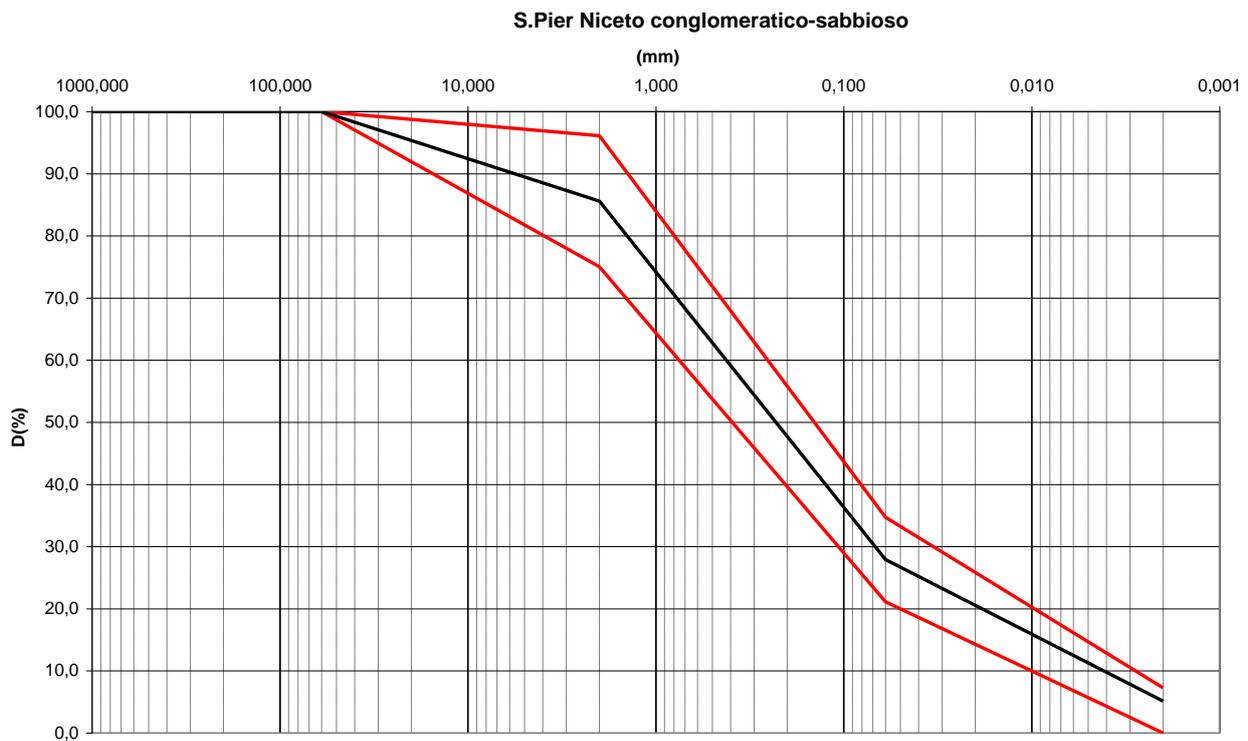
$$E_o = 90 \cdot (z)^{0.7}$$

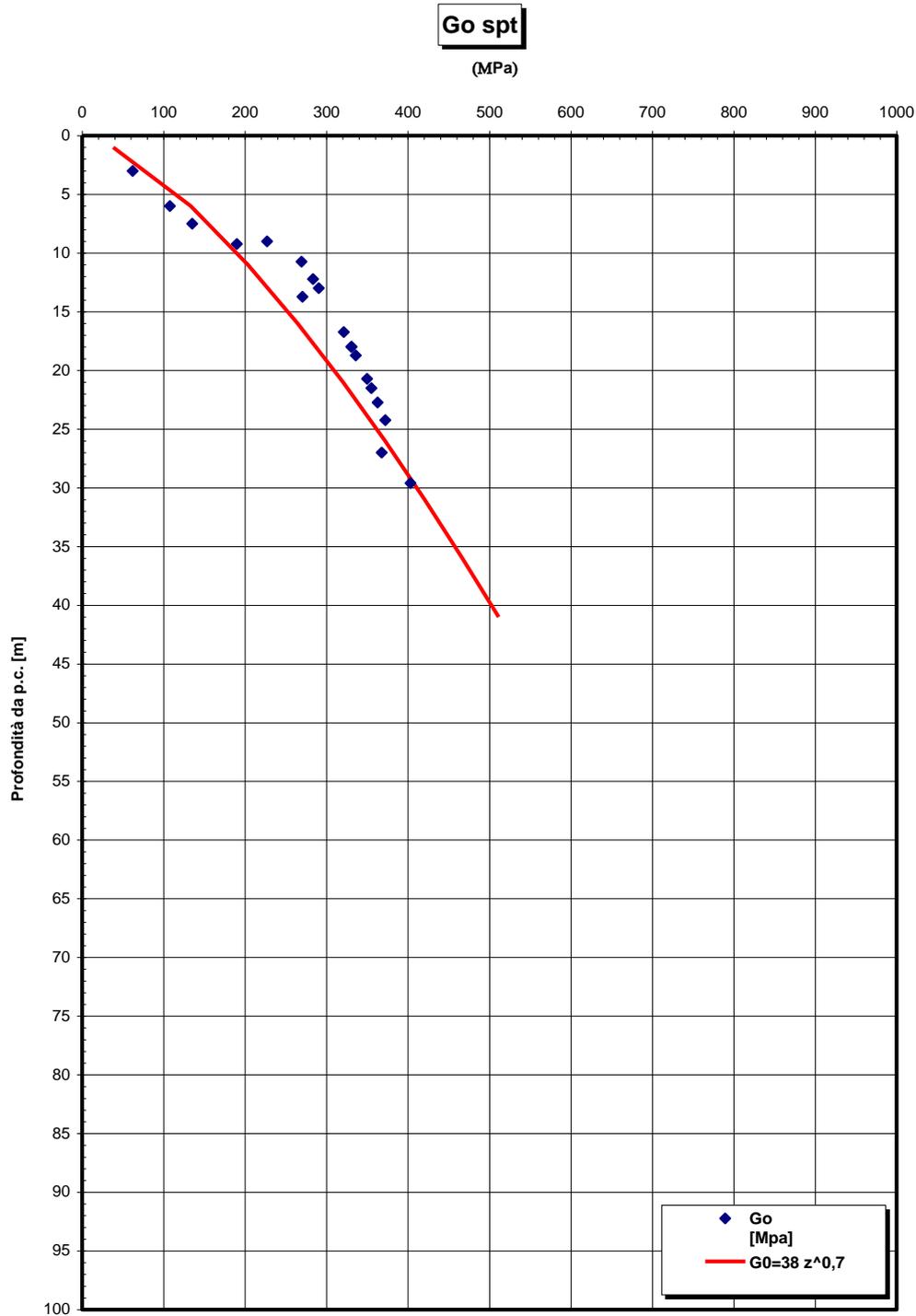
| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

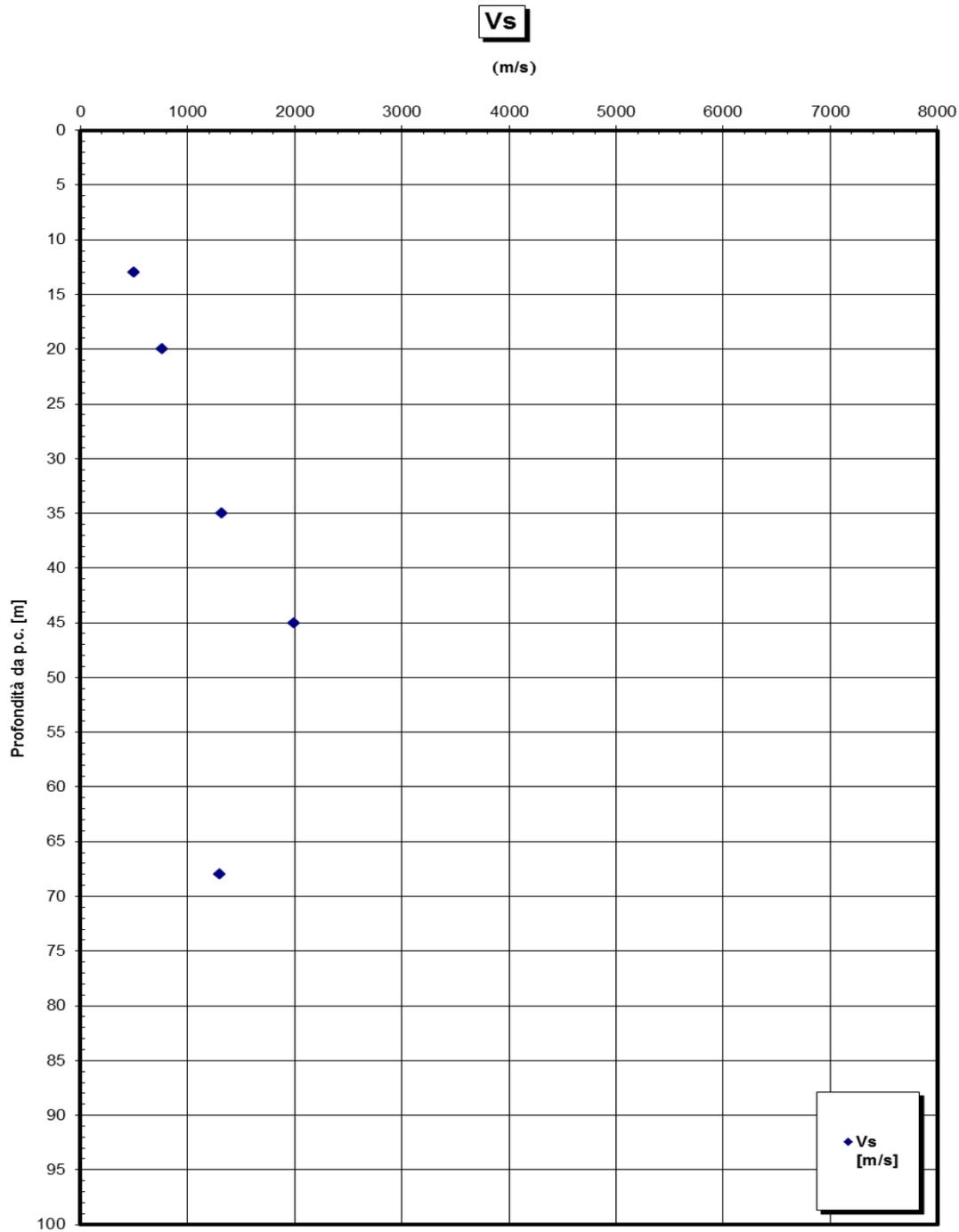
$$E = (20 \div 30) \cdot (z)^{0.7}$$

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

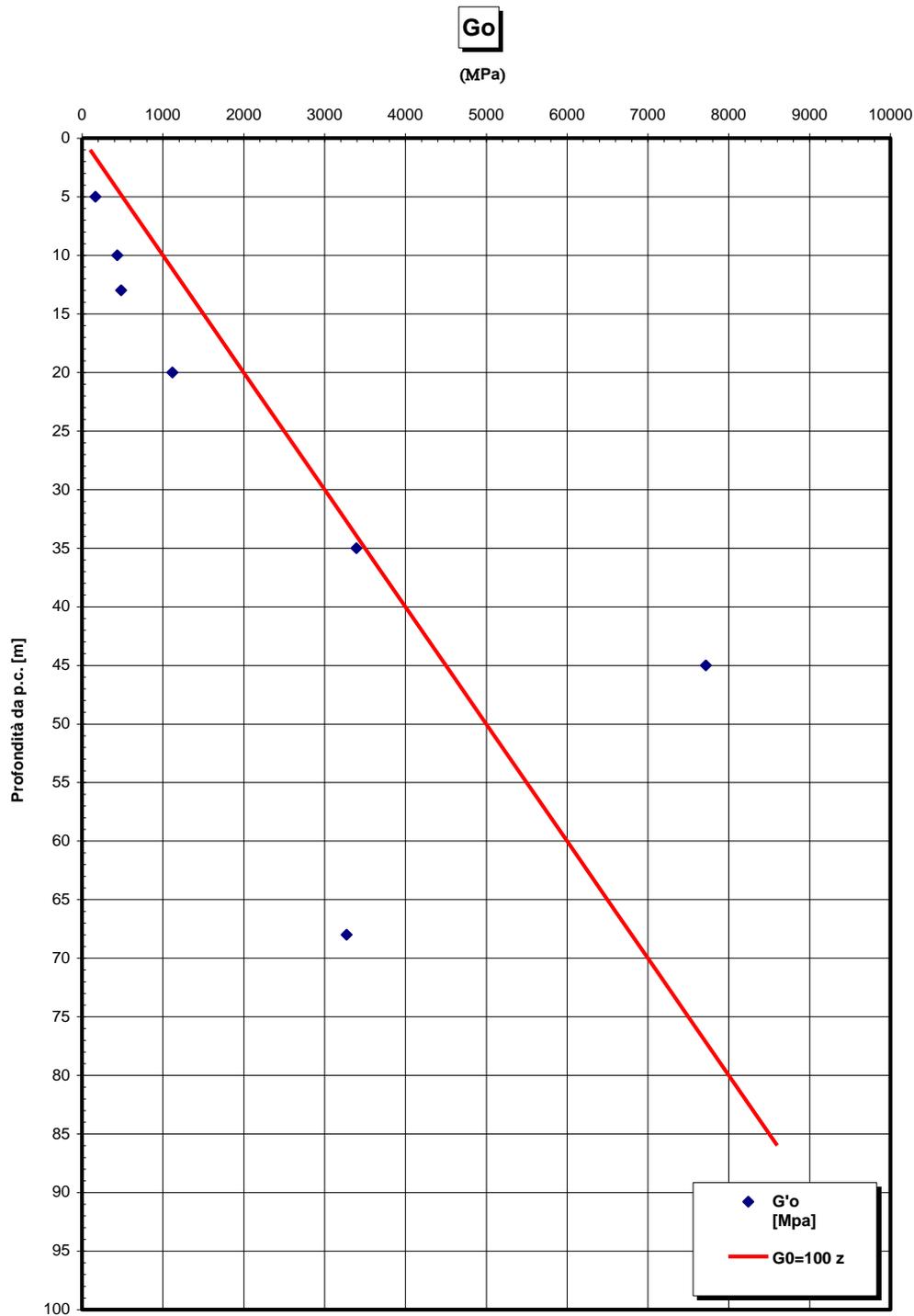
Dalle prove dilatometriche (S464bis, S443, S456) effettuate nella nuova campagna di indagine 2010 i valori di E' (ciclo scarico – ricarica) risultano pari a 200 e 745 MPa a elevate profondità (55m e 60m).

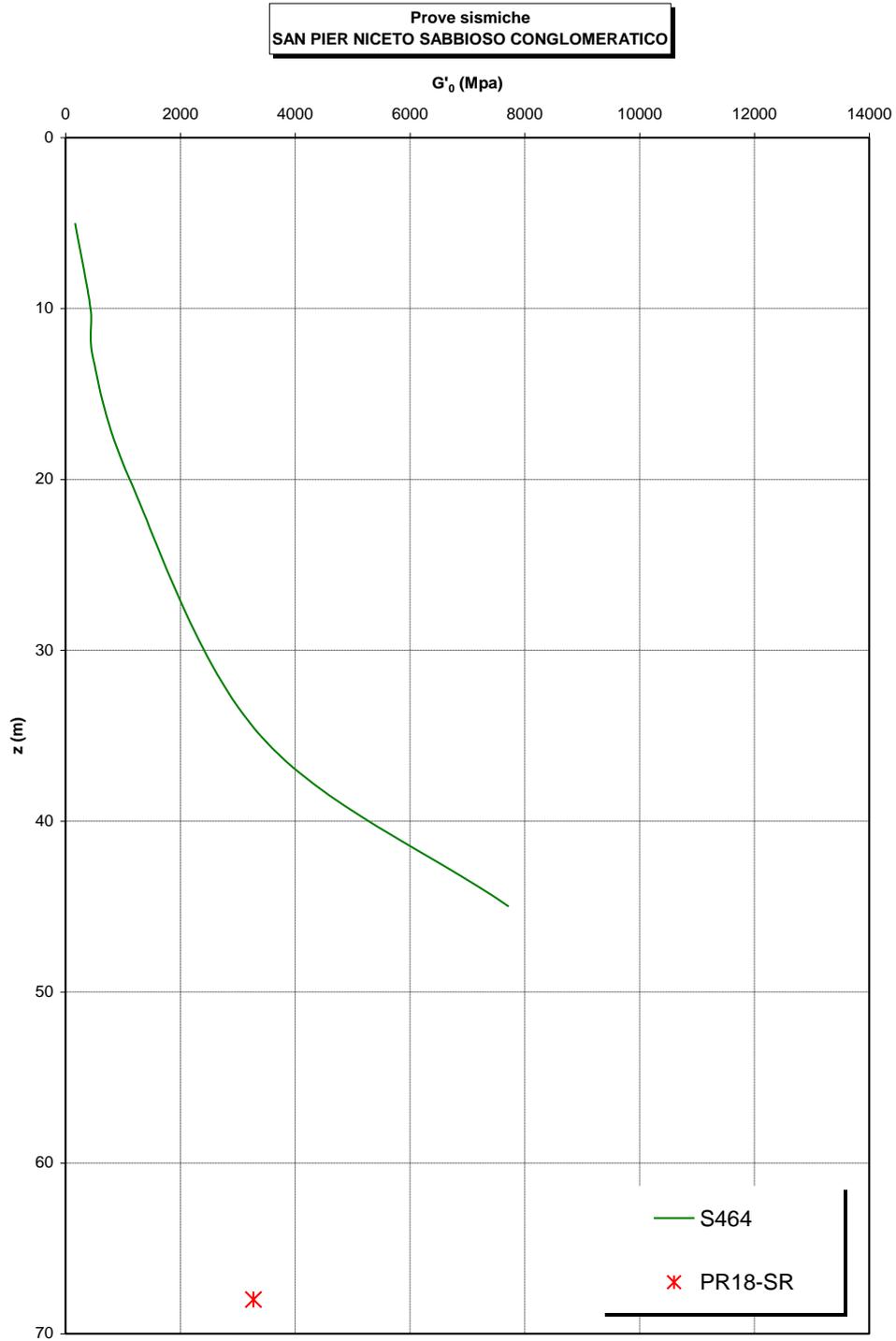


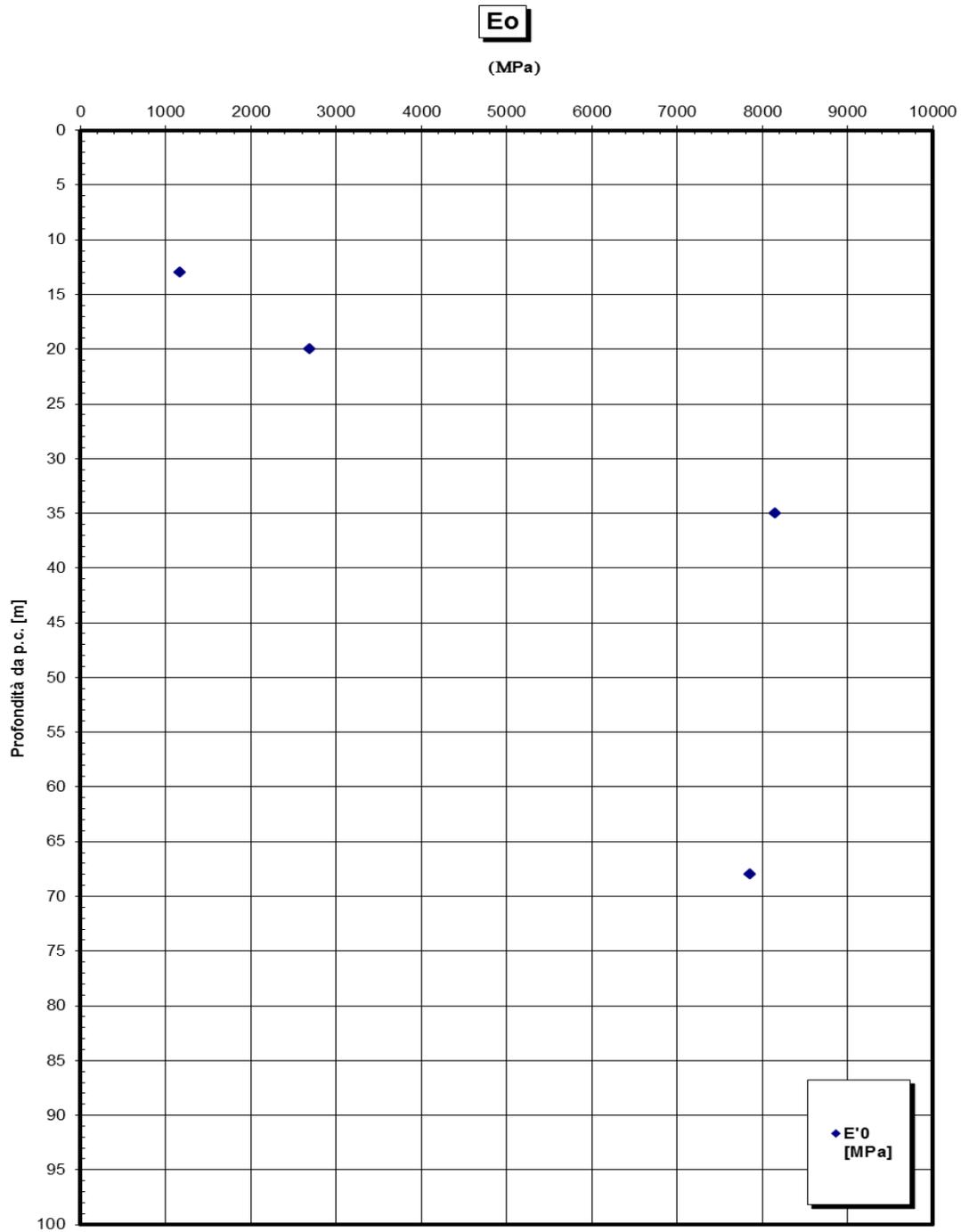




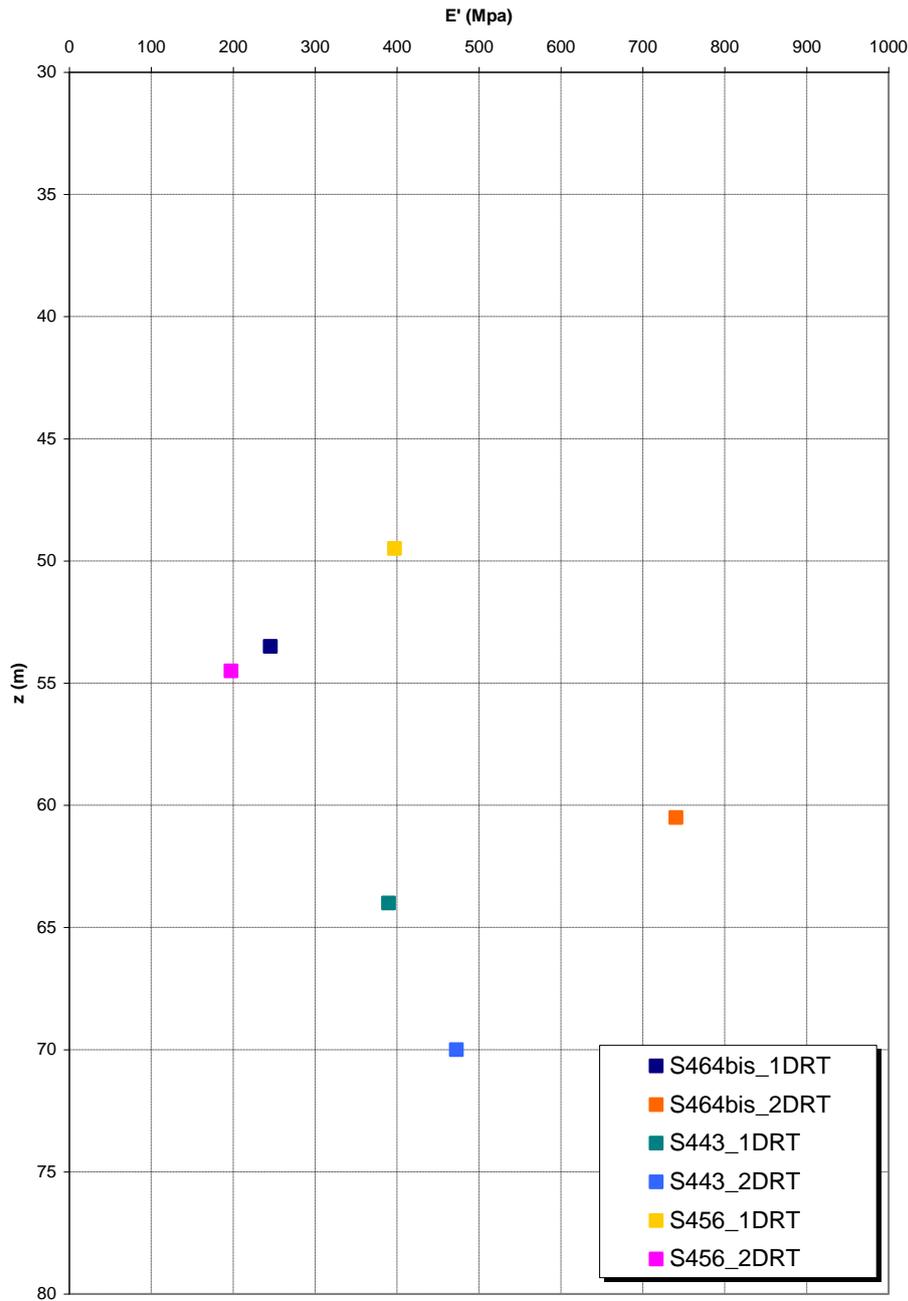








**Prove dilatometriche
SAN PIER NICETO SABBIOSO CONGLOMERATICO**



| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Parametri principali assunti

Dall'esame del profilo geotecnico ed in base alla stratigrafia riscontrata dal sondaggio **S437**, posto in corrispondenza delle opere da realizzarsi, le fondazioni dell'opera in esame appaiono intercettare le formazioni di seguito riportate. Si sono riportati i parametri geotecnici di maggiore interesse per i calcoli e le verifiche successivamente eseguite.

| Litologia | prof. (m) | γ_d (kN/m ³) Peso del secco | γ (kN/m ³) Peso totale | c' (Kpa) | ϕ' (°) | $E' *$ (MPa) | Cu (KPa) |
|---------------------------------------|-----------|---|--|------------|-------------|------------------------|----------|
| Depositi alluvionali Sabbie limose | 0 –19 | 17-19 | 19-20 | 0 | 37 | $(10 \div 25)z^{0.65}$ | - |
| San Pier Niceto argilloso | >19 | - | 19-21 | 20-50 | 30-22 | 70-120 | 200-400 |

Tabella 1 – Parametri geotecnici utilizzati

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

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

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

4.2 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO

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

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

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

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano attribuendo ad:

a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica;

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

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

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

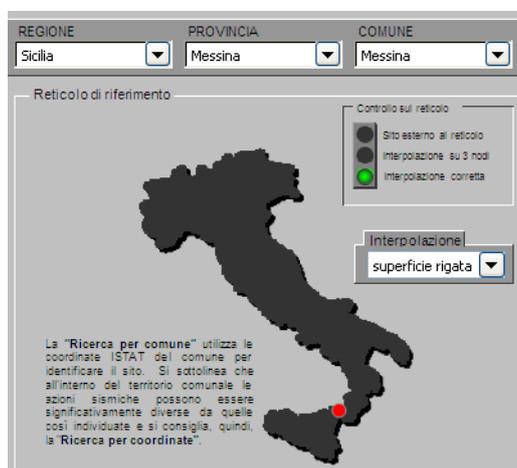
A tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

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

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

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



| T_R [anni] | a_g [g] | F_0 [-] | T_C^* [s] |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30 | 0.061 | 2.364 | 0.277 |
| 50 | 0.081 | 2.318 | 0.294 |
| 72 | 0.099 | 2.305 | 0.312 |
| 101 | 0.118 | 2.319 | 0.319 |
| 140 | 0.139 | 2.343 | 0.326 |
| 201 | 0.166 | 2.361 | 0.334 |
| 475 | 0.247 | 2.411 | 0.359 |
| 975 | 0.336 | 2.446 | 0.384 |
| 2475 | 0.482 | 2.491 | 0.432 |

4.2.1 AZIONI SISMICHE

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

Nel presente progetto è stata verificata la combinazione di carico sismica con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV): a seguito del terremoto la struttura subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; mentre conserva invece una parte della esistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

4.2.1.1 VITA NOMINALE

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

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

4.2.1.2 CLASSE D'USO

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

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

4.2.1.3 PERIODO DI RIFERIMENTO

Le azioni sismiche sulla costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

ottenuto moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U .

Considerando il manufatto in classe d'uso IV (secondo 2.4.2 D.M. 14/01/2008 e par. 5.2 Relazione Sismica), si ottiene:

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

dove: $V_N = 100$ anni vita nominale (Tab. 2.3.I D.M. 14/01/2008)

$C_U = 2$ coefficiente d'uso per classe d'uso IV (Tab. 2.3.II D.M. 14/01/2008)

4.2.1.4 STATO LIMITE CONSIDERATO

Ai fini del progetto e della verifica delle strutture per gli stati limite ultimi lo spettro di progetto da utilizzare è lo spettro di progetto per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV (riferito alla probabilità di superamento P_{VR} pari al 10% nel periodo di riferimento V_R).

4.2.1.5 PARAMETRI E PUNTI DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ORIZZONTALE PER LO STATO LIMITE SLV

La forma spettrale è definita in funzione dei seguenti parametri:

Categoria suolo C

Categoria topografica: T_1

I parametri per gli spettri di risposta della componente orizzontale allo SLV sono i seguenti:

| | |
|--|-------------------|
| accelerazione orizzontale = | $a_g [g] = 0.435$ |
| fattore di amplificazione = | $F_0 = 2.478$ |
| periodo di inizio = | $T_{c^*} = 0.418$ |
| fattore di amplificazione = | $F_V = 2.207$ |
| periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro | $T_C = 0.585$ |
| periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante | $T_B = 0.195$ |
| periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro | $T_D = 3.340$ |
| coefficiente dipendente dalla categoria del suolo | $C_C = 1.401$ |
| coefficiente dipendente dalla categoria del suolo | $S_S = 1.053$ |
| coefficiente topografico | $S_T = 1.000$ |
| | $S = 1.053$ |

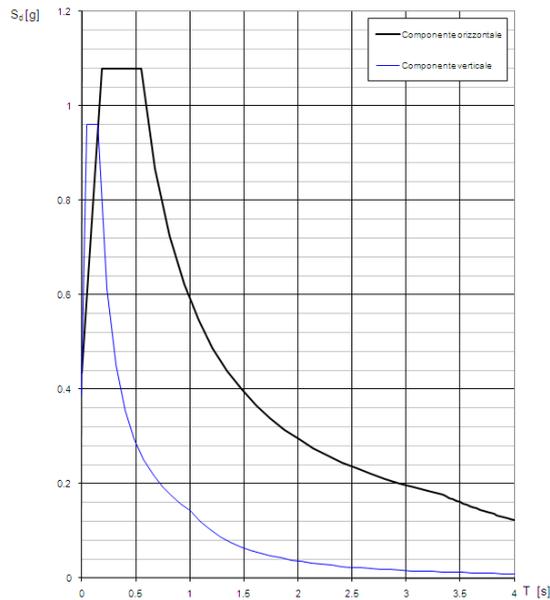
I parametri per gli spettri di risposta della componente verticale sono i seguenti:

| | |
|---------------------------|-------------------|
| | SLV |
| accelerazione verticale = | $a_g [g] = 0.387$ |

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | |
|--|---------------|
| fattore di amplificazione = | $F_0 = 2.478$ |
| fattore di amplificazione = | $F_V = 2.207$ |
| periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro | $T_C = 0.150$ |
| periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante | $T_B = 0.050$ |
| periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro | $T_D = 1.000$ |
| coefficiente dipendente dalla categoria del suolo | $S_S = 1.000$ |
| coefficiente topografico | $S_T = 1.000$ |
| | $S = 1.000$ |

Grafici degli spettri di risposta



| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

5 FASI COSTRUTTIVE

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

- Scavo di sbancamento;
- Realizzazione opere provvisorie;
- Scavo di fondazione;
- Realizzazione pali di grande diametro
- Costruzione di pile e spalle;
- Messa in opera del sistema di appoggi;
- Varo dell'impalcato metallico;
- Posa in opera predalle e armatura;
- Getto della soletta di impalcato;
- Getto dei cordoli in c.a.;
- Realizzazione opere di finitura (pavimentazione, barriere di sicurezza, reti di protezione ecc.).

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELL'OPERA | | <i>Codice documento</i> SS0818_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

6 ELABORATI DI RIFERIMENTO

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

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|---|
| CG0700 | P | RG | D | S | SC | A4 | CV | R1 | 00 | 00 | 01 | C |
| CG0700 | P | SH | D | S | SC | A4 | CV | R1 | 00 | 00 | 01 | C |
| CG0700 | P | RB | D | S | SC | A4 | CV | R1 | 00 | 00 | 01 | C |
| CG0700 | P | P7 | D | S | SC | A4 | CV | R1 | 00 | 00 | 01 | C |
| CG0700 | P | FZ | D | S | SC | A4 | CV | R1 | 00 | 00 | 01 | C |
| CG0700 | P | P8 | D | S | SC | A4 | CV | R1 | 00 | 00 | 01 | C |
| CG0700 | P | Z9 | D | S | SC | A4 | CV | R1 | 00 | 00 | 01 | C |
| CG0700 | P | PA | D | S | SC | A4 | CV | R1 | 00 | 00 | 01 | C |
| CG0700 | P | BA | D | S | SC | A4 | CV | R1 | 00 | 00 | 01 | C |
| CG0700 | P | BA | D | S | SC | A4 | CV | R1 | 00 | 00 | 02 | C |
| CG0700 | P | BA | D | S | SC | A4 | CV | R1 | 00 | 00 | 03 | C |
| CG0700 | P | BZ | D | S | SC | A4 | CV | R1 | 00 | 00 | 01 | C |
| CG0700 | P | BZ | D | S | SC | A4 | CV | R1 | 00 | 00 | 02 | C |
| CG0700 | P | SZ | D | S | SC | A4 | CV | R1 | 00 | 00 | 01 | C |