



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Struttura di Vigilanza sulle Concessionarie Autostradali



AMMODERNAMENTO A N° 4 CORSIE DELLA S.S. 514
"DI CHIARAMONTE" E DELLA S.S. 194 RAGUSANA
DALLO SVINCOLO CON LA S.S. 115 ALLO
SVINCOLO CON LA S.S. 114.

(C.U.P. F12C03000000001)

PROGETTO DEFINITIVO

LOTTO 3
GEOLOGIA E GEOTECNICA
Piano indagini - indagini geognostiche
Prove pressiometriche

Il Progettista

Responsabile di progetto ed
incaricato delle integrazioni tra
le varie prestazioni:



Ing. Santa Monaco - Ordine Ing. Torino 5760H

Supporto specialistico

Ottimizzazione della cantierizzazione
delle opere



Ing. Gianmaria De Stavola - Ordine Ing. Venezia 2074

Consulenze specialistiche

Geologo:

Dott. Geologo Fabio Melchiorri
Ordine Geologi del Lazio A.P. n 663

Geotecnica e opere d'arte minori:

Ing. Antonio Alparone



Opere d'arte principali:

Viadotti
Ing. G. Mondello



Gallerie
Ing. G. Guiducci



Opere di mitigazione dell'impatto ambientale:

Ecosistemi e
paesaggio



Rumore,
vibrazioni
ed atmosfera



RIFERIMENTO ELABORATO

FASE	TR\LT	DISCIPLINA/OPERA	DOC	PROGR.	ST.REV.	FOGLIO
D01	T1L3	GG010	1	RZ	003	0A

01 DI 01

DATA
GENNAIO '17

SCALA

-

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO/CONSULENTE	VERIFICATO	APPROVATO
A	GENNAIO '17	Emissione	Sondedile	Salucci	Monaco

IL RESPONSABILE
DEL
PROCEDIMENTO

IL CONCESSIONARIO

SARC SRL



L'ENTITA' COSTRUTTRICE

VISTO PER ACCETTAZIONE



SONDEDILE
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del
05-11-2007 per il rilascio dei certificati
relativi alle prove geotecniche sui terreni
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)

ITALY

Tel: +39 0861 411432

Fax: +39 0861 411442

www.sonedile.com

info@sondedile.com

C.C.I.A.A. di Teramo

P.IVA e C.F.: 00075830679

Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

SINCERT

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



SILEC S.P.A

**SERVIZI DI INGEGNERIA CONNESSI ALLA
PROGETTAZIONE DEL COLLEGAMENTO VIARIO
COMPRESO TRA LO SVINCOLO DELLA S.S.514 "DI
CHIARAMONTE" CON LA S.S.115 E LO SVINCOLO DELLA
S.S.194 "RAGUSANA" CON LA S.S.114**

**PRESSIONOMETRICHE E
DILATOMETRICHE**

Lotto 3



SONDEDILE
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del
05-11-2007 per il rilascio dei certificati
relativi alle prove geotecniche sui terreni
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonnedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY

Tel: +39 0861 411432
Fax: +39 0861 411442

www.sonnedile.com
info@sonnedile.com

C.C.I.A.A. di Teramo
P.IVA e C.F.: 00075830679
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

SINCERT



INDICE

PROVE PRESSIOMETRICHE E DILATOMETRICHE.....	3
STRUMENTAZIONE.....	4
PREPARAZIONE DEL FORO PER PROVA PRESSIOMETRICA.....	5
NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
MODALITA' OPERATIVA	8
INTERPRETAZIONE TEORICO SPERIMENTALE DEI RISULTATI.....	9
SOFTWARE.....	13
PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	14

ALLEGATI

- Certificati prove Pressiometriche;



SONDEDILE
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del
05-11-2007 per il rilascio dei certificati
relativi alle prove geotecniche sui terreni
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonnedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY

Tel: +39 0861 411432
Fax: +39 0861 411442

www.sonnedile.com
info@sonnedile.com

C.C.I.A.A. di Teramo
PIVA e C.F.: 00075830679
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

SINCERT



PROVE PRESSIOMETRICHE E DILATOMETRICHE

Nell'ambito della campagna di indagini geognostiche , riguardanti **SERVIZI DI INGEGNERIA CONNESSI ALLA PROGETTAZIONE DEL COLLEGAMENTO VIARIO COMPRESO TRA LO SVINCOLO DELLA S.S.514 "DI CHIARAMONTE" CON LA S.S.115 E LO SVINCOLO DELLA S.S.194 "RAGUSANA" CON LA S.S.114** sono state effettuate **n°24** prove Pressiometriche per la caratterizzazione geotecnica dei materiali e **n°1** prove Dilatometrica eseguita nella prova n°3 del sondaggio **S108**, per la caratterizzazione geomeccanica.

In allegato si riportano i certificati di ogni singola prova e di seguito la tabella con la distribuzione delle prove eseguite nell'ambito dei 41 sondaggi eseguiti nel **lotto 3** :

SONDAGGIO	PROFONDITA' (m)	PROVA PRESSIOMETRICA E/O DILATOMETRICA (n)
70bis	20.00	1
97	30.00	1

Tali prove sono state eseguite in tasche appositamente predisposte:

- del diametro di 66mm (prove MPT)
- del diametro di 101 mm (prove DRT).



SONDEDILE
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del
05-11-2007 per il rilascio dei certificati
relativi alle prove geotecniche sui terreni
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonnedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY

Tel: +39 0861 411432
Fax: +39 0861 411442

www.sonnedile.com

info@sonnedile.com

C.C.I.A.A. di Teramo
PIVA e C.F.: 00075830679
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

SINCERT



STRUMENTAZIONE

La campagna di prove in sito è stata eseguita mediante l'impiego della seguente strumentazione:

Dilatometro cilindrico volumetrico: GEODV 01 tipo CSM (Colorado school of Mine) volumetrico da 100 bar dotato di lettura delle pressioni e deformazioni volumetriche in alta sensibilità (0,01 cmc) in modo analogico/digitale, trasmissione delle pressione mediante cavi ad alta pressione, produzione 2001.

Dilatometro cilindrico con sensori radiali: Roctest Telemac DMP-02/95 matricola 21F07 produzione 2007 con misura degli spostamenti radiali a mezzo n. 3 LVD disposti a 120 ° (sensibilità 1 , errore strumentale ± 5 uno dall'altro e su piani diversi montati a guaina flessibile lunga 1 m, centralina ad acquisizione digitale dei dati dilaroc n. 28D03 e cavi ad alta pressione.

Pressiometro da terra Apageo: Segelm matricola 573 produzione dicembre 1998 da 60 bar di lettura delle deformazioni in sensibilità normale (1-5 cmc) Sonde pressiometrica: monocellulare ad alta resistenza diam 76 – 95 mm e tricellulare, dotata di guaina esterna rinforzata Carotiere: tipo semplice o doppio corona a prismi di widia ad alta resistenza

Energizzatore: bombola di azoto compresso a 300 bar



SONDEDILE
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del
05-11-2007 per il rilascio dei certificati
relativi alle prove geotecniche sui terreni
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY

Tel: +39 0861 411432
Fax: +39 0861 411442

www.sonedile.com
info@sonedile.com

C.C.I.A.A. di Teramo
PIVA e C.F.: 00075830679
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

SINCERT



PREPARAZIONE DEL FORO PER PROVA PRESSIOMETRICA

La perforazione del foro nel quale eseguire la prova è stata eseguita con tutti i possibili.

La perforazione del foro, nel caso di terreni, ha preceduto direttamente la prova, che è stata eseguita appena terminata la manovra di perforazione; per l'esecuzione della stessa è stato utilizzato un carotiere del diametro di 66 mm.

Durante esecuzione della tasca di prova, si è provveduto ad evitare inoltre le seguenti possibili cause di disturbo del terreno:

- compressione del terreno ad opera dell'utensile di perforazione o durante l'introduzione della sonda;
- perturbazione meccanica dovuta alla rotazione, alla percussione, alle vibrazioni od ai movimenti verticali dell'utensile;
- rammollimento od erosione ad opera dell'eventuale fluido di perforazione;
- decomposizione per refluitamento o rigonfiamento del terreno.

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Per la esecuzione delle prove dilatometriche/pressiometriche si è fatto riferimento ai seguenti standard operativi:

- ISRM 1987 – (suggested method for determining deformability with flexible dilatometer with volume change measurements)
- ISRM 1987 – (suggested method for determining deformability with flexible dilatometer with radial displacement change measurements)
- Norme Francaise P 94-110 Juillet 1991
- “Prescrizioni tecniche” SILEC S.p.A.



D.4 Pression limite pressiométrique

C'est par convention la pression qui entraîne le doublement du volume de la cellule centrale de mesure. Cela correspond à un volume de liquide injecté : $V = V_s + 2 V_1$. Elle s'exprime en kilopascals ou mégapascals.

Lorsque, au cours d'un essai d'expansion de la sonde pressiométrique, le volume de liquide injecté V est insuffisant pour provoquer le doublement du volume de la cellule centrale de mesure, la pression limite est calculée en respectant les règles ci-après :

- si le nombre de paliers de pression au delà de la pression p_1 (définie en D.3) est inférieur ou égal à 2, alors :

$$p_l = 1,7 p_1 - 0,7 \sigma_{HS} \approx 1,7 (P_F) + 545$$

avec :

σ_{HS} défini au paragraphe 4.2.2.

Cette expression résulte de la corrélation expérimentale :

$$p_l^* = 1,7 p_1^*$$

$$1,7 P_F - 0,7 \sigma_{HS} = 1,7 P_F - 0,7 \sigma_{HS}$$

- si le nombre de paliers de pression au delà de la pression p_2 est supérieur à 2, la courbe pressiométrique est extrapolée à partir du couple de valeurs (p_2, V_2) suivant la loi :

$$Y = Ap + B$$

avec :

$$Y = V^{-1}$$

A et B : coefficients obtenus par la méthode «des moindres carrés» sur les valeurs expérimentales (Y, p)

Par convention, la pression limite est la valeur la plus faible des deux pressions suivantes :

$$p_l = - B/A + 1/ [A (V_s + 2 V_1)]$$

et

$$p_l = 1,7 p_1 - 0,7 \sigma_{HS}$$

En l'absence de données sur le sol, on adopte conventionnellement :

- un poids volumique γ de 18 kN/m^3 ,
- une valeur de 0,5 pour le coefficient K_0 de pression des terres au repos (voir paragraphe 4.2.1).

La pression limite nette est calculée à partir de :

$$p_l^* = p_l - \sigma_{HS}$$

avec :

σ_{HS} défini au paragraphe 4.2.2.

D.5 Vérification des valeurs des caractéristiques pressiométriques

Bien que la fourniture de la courbe pressiométrique corrigée ne soit à produire qu'en annexe du procès-verbal et que sur demande, il est obligatoire avant d'établir le procès-verbal de visualiser et de confronter les valeurs calculées $p_1 - p_2 - p_1 - p_1$ à la courbe corrigée afin de déceler toute erreur et toute extrapolation abusive.



NF P 94-110

8

V_s	Volume initial conventionnel de la cellule centrale de mesure
z	Cote altimétrique, comptée positivement vers le haut à partir d'un plan de référence
z_c	Cote altimétrique de prise de pression
z_s	Cote altimétrique de l'essai
z_w	Cote altimétrique de la nappe
β	Coefficient d'incertitude
γ	Poids volumique du sol
γ_i	Poids volumique du liquide injecté dans la cellule centrale de mesure
γ_w	Poids volumique de l'eau
δ_p	Incertitude sur la mesure de la pression
δt	Durée de passage d'un palier de pression au palier consécutif
δV	Incertitude sur la mesure du volume injecté
Δp	Pas de pression
Δt	Durée d'application d'un palier de pression
$\Delta V^{60/30}$	Variation de volume injecté entre 30 et 60 s au cours d'un même palier de pression
σ_{vs}	Contrainte totale verticale au niveau d'essai
σ_{HS}	Contrainte totale horizontale au niveau d'essai

4.2.2 Contraintes dans le sol au repos avant essai (figure 3)

- σ_{vs} : contrainte totale verticale au niveau de l'essai,
 σ_{HS} : contrainte totale horizontale au niveau de l'essai prise égale à :

$$\sigma_{HS} = K_o (\sigma_{vs} - u_s) + u_s$$

où :

$$u_s = \gamma_w (z_w - z_s) \text{ pour } z_w > z_s$$

- u_s : pression interstitielle au niveau de l'essai,
 K_o : coefficient de pression des terres au repos,
 z_s : cote altimétrique du niveau d'essai,
 z_w : cote altimétrique du niveau de la nappe,
 γ_w : poids volumique de l'eau interstitielle.

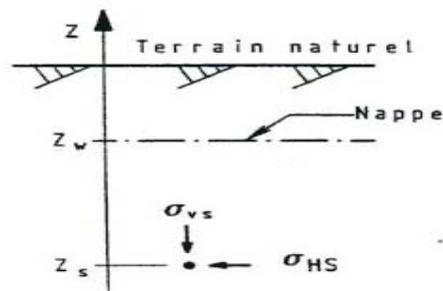


Figure 3 — Contraintes dans le sol avant essai



SONDEDILE
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del
05-11-2007 per il rilascio dei certificati
relativi alle prove geotecniche sui terreni
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonnedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY

Tel: +39 0861 411432
Fax: +39 0861 411442

www.sonnedile.com

info@sonnedile.com

C.C.I.A.A. di Teramo
P.IVA e C.F.: 00075830679
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

SINCERT



MODALITA' OPERATIVA

La prova pressiométrica MPM (e dilatometrica DRT) consiste nella immissione in foro di sondaggio di una sonda cilindrica tricellulare (MPM) / monocellulare (DRT) dilatabile collegata ad un controllore pressione - volume posto in superficie e collegato al sistema di energizzazione rappresentato da una bombola di azoto a 200 bar. La deformazione del tratto di terreno sottoposto a prova viene ottenuta immettendo un liquido in pressione all'interno della cella di misura posta nella zona mediana della sonda pressiométrica, ovvero di azoto nella camera dilatometrica; essa, durante la prova, si comporta come una cavità cilindrica in espansione la cui geometria è correttamente mantenuta dalle opportune pressioni applicate alle celle di guardia, poste superiormente ed inferiormente alla stessa cella di misura. In tal modo si ottiene un tensore degli sforzi piano con sforzo principale orientato orizzontalmente, il cui valore, viene misurato in superficie mediante manometri di precisione a scale differenziate nonché corretto in funzione delle inerzie proprie del sistema di espansione e della profondità dell'eventuale acqua presente nel foro all'atto della prova. La rilevazione della deformazione del terreno viene eseguita direttamente in superficie mediante sistema volumetrico dotato di sensibilità normale (MPM) od in alta precisione (DRT) ovvero da n. 3 sensori radiali di tipo LVDT (DRT) posti nel settore centrale della sonda; tale meccanismo si rende necessario in funzione delle diverse tipologie di prova (prova su terreno o prova su roccia), ed il valore ricavato viene successivamente depurato della dilatabilità propria dei tubi di immissione. Applicando una serie di gradini di pressione, mantenuti costanti per determinati intervalli di tempo (stress controlled), e, rilevandone conseguentemente la deformazione, si ottiene una curva sforzo - deformazione in sito. Durante il corso delle prove pressiométriche/dilatometriche effettuate si è proceduto ad eseguire uno (MPM) o tre (DRT) cicli di scarico-ricarico a partire approssimativamente dal limite superiore del campo pseudoelastico (MPM) ovvero nel tratto pseudoelastico (DRT), al fine di determinare il modulo di elasticità di Young dalla pendenza media del ciclo stesso ovvero dal tratto di ricarica (MPM) o scarico (DRT). Di particolare importanza per l'esecuzione di



SONDEDILE
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del
05-11-2007 per il rilascio dei certificati
relativi alle prove geotecniche sui terreni
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY

Tel: +39 0861 411432
Fax: +39 0861 411442

www.sonedile.com
info@sonedile.com

C.C.I.A.A. di Teramo
PIVA e C.F.: 00075830679
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

SINCERT



una corretta modalità di prova è l'esecuzione del foro che è avvenuta secondo tecnologie diversificate in funzione della litologia e sotto la diretta supervisione del tecnico strumentista: in tal modo è possibile effettuare prove pressiometriche/dilatometriche con estrema versatilità, dai terreni poco consistenti sino alle rocce compatte.

INTERPRETAZIONE TEORICO SPERIMENTALE DEI RISULTATI

I principi teorici interpretativi sui quali si fonda l'analisi delle risultanze della prova dilatometrica sono riconducibili alla espansione di una cavità cilindrica secondo le seguenti assunzioni:

- mezzo omogeneo - ortotropo di dimensioni illimitate;
- espansione della cavità secondo simmetria assiale coincidente con l'asse del foro e deformazione piana;
- espansione di tipo quasi statico con incrementi e decrementi di pressione sufficientemente lenti da rendere trascurabili gli effetti delle forze di inerzia;
- comportamento del mezzo secondo una legge elasto - plastico lineare.

Gli elementi che influenzano una prova dilatometrica sono i seguenti:

- volume di roccia interessato (effetto scala)
- pressioni massime elevate (caso di rocce compatte)
- intervallo di deformazione possibilità di studio della anisotropia del litotipo (orientazione della fatturazione)
- determinazione della deformabilità reale in sito mediante l'applicazione di opportune procedure operative (vedi cap. prec.)

I parametri ottenibili dall'analisi della curva dilatometrica sono i seguenti:



SONDEDILE
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del
05-11-2007 per il rilascio dei certificati
relativi alle prove geotecniche sui terreni
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY

Tel: +39 0861 411432
Fax: +39 0861 411442

www.sonedile.com
info@sonedile.com

C.C.I.A.A. di Teramo
PIVA e C.F.: 00075830679
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

SINCERT



Po) PRESSIONE INIZIALE Po

La Pressione iniziale P_o viene determinata in corrispondenza del limite inferiore del campo pseudoelastico (tratto subrettilineo di prima compressione della curva dilatometrica), può o meno corrispondere alla tensione totale tangenziale in sito, poiché a seguito del preforo il litotipo si trova in condizioni di trazione a comportamento più o meno elastico in funzione della intensità del disturbo arrecato dalla perforazione.

E) MODULO DI ELASTICITA' E_y

Il modulo reversibile di elasticità o di Young è dato dalla relazione di Lamè applicata ad una cavità cilindrica in espansione:

$$E = (1+\nu) P/d$$

con:

- ν : coefficiente di Poisson del materiale (sovente uguale a 0,25 – 0,30);
- ϕ : diametro del foro (mm);
- P : pressione (Mpa);
- D : deformazione diametrale (mm).

Il modulo è calcolato per ciascun ciclo nel tratto di scarico significativo nel seguente modo:

$$E = (1+\nu) \phi (P_{imax} - P_{imin}) / (d_{imax} - d_{imin})$$

con:

- $P_{imax} - P_{imin}$: pressione massima e minima del tratto considerato;
- $d_{imax} - d_{imin}$: deformazione massima e minima del tratto considerato;

Tali valori sono calcolati per interpolazione dai dati sperimentali mediante procedure statistiche matematiche.



SONDEDILE
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del
05-11-2007 per il rilascio dei certificati
relativi alle prove geotecniche sui terreni
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY

Tel: +39 0861 411432
Fax: +39 0861 411442

www.sonedile.com

info@sonedile.com

C.C.I.A.A. di Teramo
P.IVA e C.F.: 00075830679
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

SINCERT



T) MODULO DI DEFORMABILITA' TI

Analogamente ad E viene calcolato sulla curva di prima ricomprensione tra la pressione massima di un ciclo P_i (deformazione = x_i) e la pressione massima raggiunta nel ciclo precedente P_{i-1} (deformazione = x_{i-1}) secondo la seguente relazione:

$$T_i = (1 + \frac{P_i - P_{i-1}}{x_i - x_{i-1}})$$

EG) MODULO DI DEFORMABILITA' GLOBALE EG

Tale modulo corrisponde alla pendenza media dello sviluppo della curva sperimentale di prima ricomprensione da P_o , D_o sino a P_f , D_f (limiti del campo pseudoelastico investigato)

PL) PRESSIONE LIMITE PI

Corrisponde allo stato di equilibrio limite indifferente con deformazioni infinite, per convenzione al valore della pressione relativo ad una dilatazione della sonda pressiometrica uguale al raddoppio della cavità dopo l'inizio della fase pseudoelastica.

Da cui: $P_l = f(V_{lim})$

$$P'_l \text{ (Pressione limite netta) } = P_l - P_o \text{ (pressione iniziale campo pseudoelastico)}$$

Con:

$$V_{lim} = v_o + (v_o + V_o)$$

v_o = volume di ricomprensione iniziale

V_o = volume proprio della sonda a riposo

La determinazione della pressione limite è stata qui eseguita in funzione del grado di deformazione raggiunto in base alle seguenti metodiche:

- metodo dell'extrapolazione diretta dalla curva pressiometrica;
- metodo dell'extrapolazione dall'inverso del volume iniettato (Van Wambecke e d'Henricourt, 1971).

I parametri riportati di seguito sono stimati e derivano dalla applicazione delle correlazioni internazionali più accreditate che andranno verificate con



SONDEDILE
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del
05-11-2007 per il rilascio dei certificati
relativi alle prove geotecniche sui terreni
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY

Tel: +39 0861 411432
Fax: +39 0861 411442

www.sonedile.com

info@sonedile.com

C.C.I.A.A. di Teramo
PIVA e C.F.: 00075830679
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

SINCERT



l'esperimento di prove geotecniche di laboratorio (in particolare tagli CD, edometriche e triassiali UU) in qualità di tarature eseguite in loco.

Coesione non drenata c_u : stima della resistenza al taglio non drenata di materiali coesivi od assimilati a comportamento geomeccanico coesivo, direttamente dalla curva pressiometrica o mediante correlazioni sperimentali, ampiamente diffuse, in funzione della pressione limite netta dei terreni compresi nell'ambito di grado di consistenza da basso ad elevato (Amar & Jezequel, 1972; Cassan, 1978, Johnson 1986);

Angolo di attrito efficace ϕ' + effetto coesione: stima della resistenza al taglio drenata di materiali prettamente granulari od assimilati, derivante da correlazioni empiriche meno diffuse delle precedenti e sovente corrette in funzione di comparazioni locali con prove geotecniche in sito od in laboratorio eventualmente disponibili, secondo la seguente:

$$\phi' = (4 * (\text{Log}_2(P'_l(\text{Mpa})/0,25) + 6))$$

(da Centre D'etudes L. Menard , 1963 e da Hughes et Alii, 1977).

I valori così ottenuti, comprensivi dell'effetto della coesione c' laddove presente, vanno utilizzati come indicativi .

Un altro approccio per valutare la resistenza dei materiali investigati è invece quello di derivarli in termini di pressioni nette, direttamente dalla pressione di creep o fluage (pressione di incipiente rottura) desunti dalla curva pressiometrica/dilatometrica corretta, in tal caso si dovrà considerare l'effetto scala e la rispondenza del bulbo delle tensioni prodotto dallo strumento con quello teorico delle opere da progettare.

Quando nel corso della prova non viene superato il range di deformazione relativo al campo pseudo elastico del materiale e quindi non si raggiunge la plasticizzazione (foro largo, raggiunti limiti di deformabilità strumentale, pericolo di scoppio della sonda, deformazioni anomale non cilindriche etc..), nei certificati di prova viene riportata una stima del limite inferiore della resistenza



SONDEDILE
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del
05-11-2007 per il rilascio dei certificati
relativi alle prove geotecniche sui terreni
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY

Tel: +39 0861 411432
Fax: +39 0861 411442

www.sonedile.com

info@sonedile.com

C.C.I.A.A. di Teramo
PIVA e C.F.: 00075830679
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

SINCERT



calcolata con la formula di cui sopra a partire dalla massima pressione raggiunta in prova.

SOFTWARE

Per l'elaborazione dei dati dilatometrici si è utilizzato un codice di calcolo interno che consente sostanzialmente di:

- 1) applicare le correzioni strumentali ai dati rilevati in termini di spostamento assoluto a dilatazione diametrale assoluta e relativa
- 2) eseguire una analisi numerica dei dati acquisiti con eventuale applicazione di un filtro
- 3) applicare un algoritmo statistico matematico per la soluzione dei punti caratteristici della curva dilatometrica (P_o , P_{max} , P_{min} , D_f , d_{max} , d_{min} , etc.)
- 4) determinare i moduli di elasticità nei tratti di curva richiesti

Si sottolinea che l'analisi dei punti sperimentali interpolati in una curva dilatometrica risultante possono presentare molto spesso un andamento non teorico e questo a causa di disomogeneità meccaniche della roccia; pertanto la soluzione dei punti caratteristici spesso richiede una procedura iterativa.

Evidentemente ed in particolare per litotipi dotati di elevati moduli di deformabilità l'ordine di grandezza della deformazione ottenuta può essere paragonabile alla precisione dello strumento, questo fattore rappresenta un ulteriore elemento di difficoltà nella fase di elaborazione.

Di seguito si riporta la spiegazione della simbologia usata nel modulo di elaborazione DILATOM vers. 2.0:

Pressioni

Viene riportato il valore di pressione previsto in progetto e quello effettivamente misurato in prova corretto in termini di pressioni effettive.

Deformazioni

Vengono riportate le grandezze fisiche di maggior interesse ed in particolare lo spostamento radiale dei tre trasduttori ed il loro valore medio nonché la dilatazione radiale netta iniziale e finale.



SONDEDILE
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n.57211 del
05-11-2007 per il rilascio dei certificati
relativi alle prove geotecniche sui terreni
(settore C) ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 248

Sonedile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY

Tel: +39 0861 411432
Fax: +39 0861 411442

www.sonedile.com

info@sonedile.com

C.C.I.A.A. di Teramo
PIVA e C.F.: 00075830679
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

SINCERT



Infine sono riportate la profondità media della sonda dilatometrica, la direzione del sensore di riferimento (C02 = Nord) la profondità della falda, il diametro iniziale della sonda (d_0) e quello iniziale del foro (ϕ_0).

PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

La prova DRT ha permesso di misurare e ricostruire le curve sforzi-deformazioni di un ammasso roccioso (roccia eterogenea) per una lunghezza di circa 100 cm (lunghezza della sonda dilatometrica) ovvero di un ammasso terroso per una lunghezza di circa 40 cm (prove MPT); nel ns caso questa dimensione si ritiene pienamente rappresentativa delle condizioni in sito (effetto scala) caratterizzate sovente dalla presenza di discontinuità geomeccaniche o litostratigrafiche.

Il modulo di deformabilità globale EG (prove DRT) ovvero il modulo pressiometrico E_m (prove MPT) rappresenta il modulo secante per tutto il tratto pseudoelastico di prima compressibilità mentre i moduli di elasticità E_1 , E_2 , ed E_3 sono parametri calcolati nel tratto di scarico dei rispettivi cicli di isteresi.

Il modulo E_y significativo, per vari stati tensionali, è stato calcolato mediando i valori di E_i ottenuti in tutti quei cicli di isteresi che denotassero un comportamento pseudoelastico del materiale, escludendo da tale operazione i cicli che non hanno mostrato tale caratteristica.

Il significato fisico di questi moduli è sostanzialmente un modulo di prima compressione (EG) paragonabile nelle terre al modulo edometrico ed un modulo di elasticità E_y , sempre superiore in valore assoluto al primo, che si stima rappresentare un modulo di elasticità del materiale a livelli deformativi compresi nel *range* ove è calcolato.

LOTTO 3

CERTIFICATI PROVE PRESSIOMETRICHE



SONDEDILE
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n. 57211 del
05-11-2007, per il rilascio dei certificati
relativi alle prove geotecniche sui terreni
(settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246

PRESSUREMETER TEST

mod MPT rev 1.0

BOREHOLE	S70bis	DEPTH m	8,8	TEST CODE MPT	1
CLIENT	SILEC s.p.a.	v.accept	05/13	data	02/04/2013
PROJECT	COLLEGAMENTO RAGUSA CATANIA		n° certificato 610/13		
OBJECT					
COORDINATES					
SITE		DATE	14.12.12	PAGE	1/3

weather _____ test depth 8,80 m

hydrostatic level (m) > _____ us _____ KPa display by surface (m) 1,00 SPT (m) _____ n/15cm

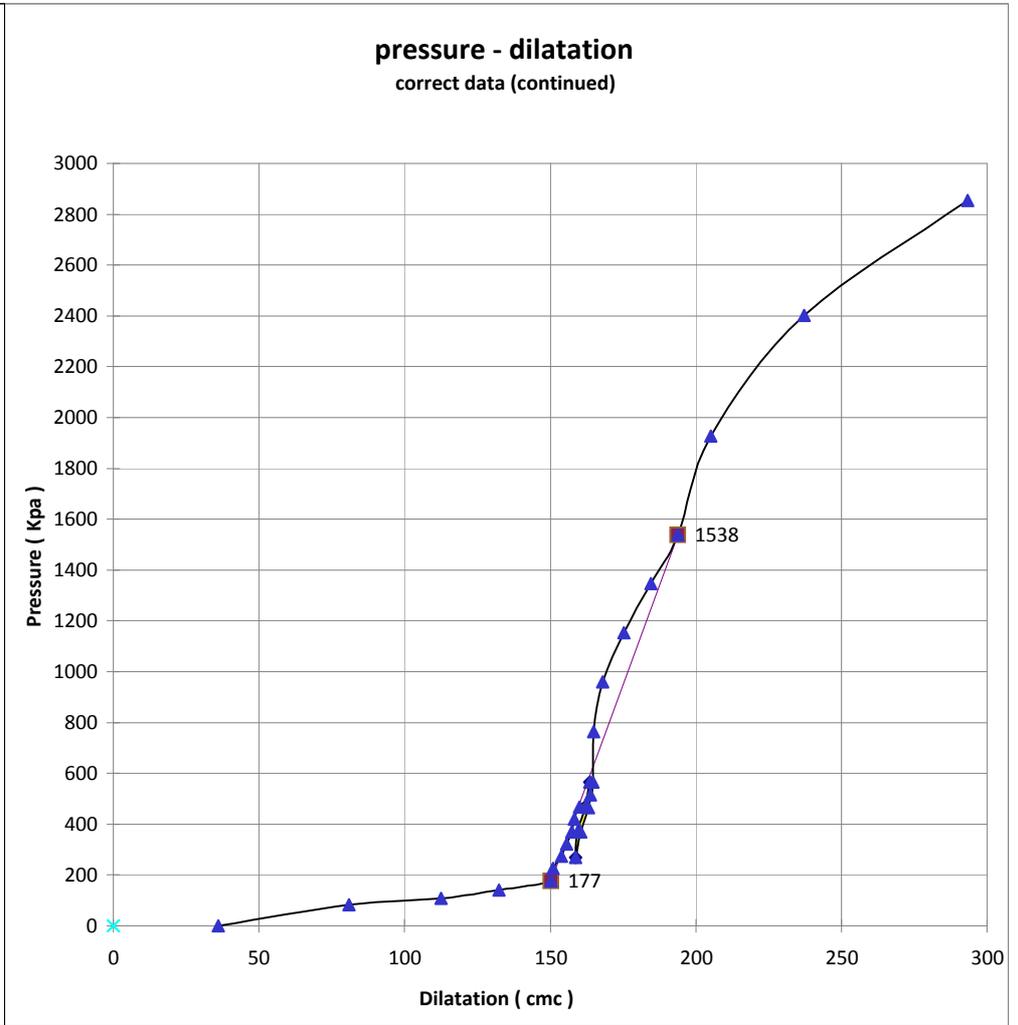
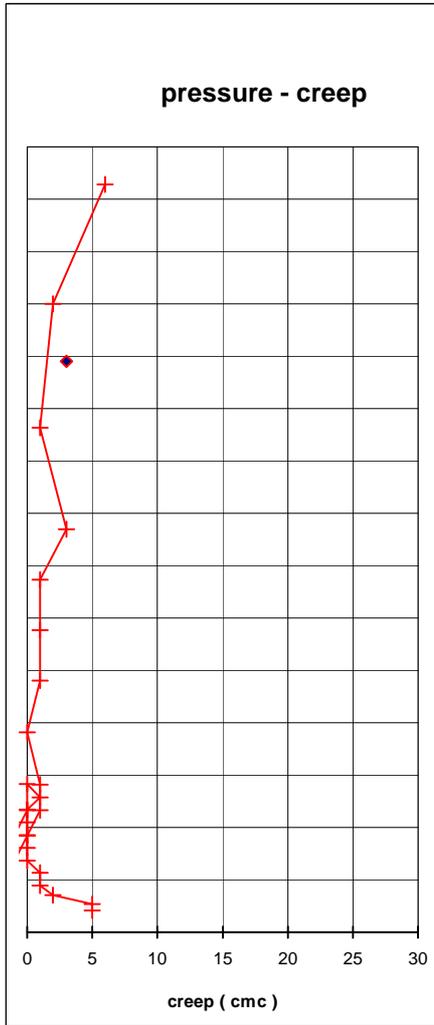
γ_n nat.grav assumed 1,80 t/mc Pressuremeter: APAGEO SEGELM

σ_v assumed 158 kPa test pocket carotaggio 66 mm probe: telata diam 60 mm

soil brief description SABBIA LIMOSA DEB GHIAIOSA pressuremeter modulus **Em** 56,9 MPa
assumed elasticity modulus **Ey** 109,4 MPa

geological unit _____ Em/P*L 16,05

test in according with AFNOR NFP 94 - 110 Assumed undrained cohesion by Amar et Jezequel _____ kPa
Assumed friction angle by Menard 39 °





SONDEDILE

s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n. 57211 del 05-11-2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246

PRESSUREMETER TEST					mod MPT	rev 1.0
BOREHOLE	S70bis	DEPTH m	8,8	TEST CODE MPT	1	
CLIENT	SILEC s.p.a.	v.accept	05/13	data	02/04/2013	
PROJECT	COLLEGAMENTO RAGUSA CATANIA			n° certificato 610/13		
OBJECT						
COORDINATES						
SITE	0	DATE	14.12.12	PAGE	2/3	

DATA PROCESSING

PRESSUREMETER CURVE LIMITS

	FIRST LOAD	LOOP 1	LOOP 2
initial pressure P1 (kPa)	177	565	
initial volume pressure V1 (kPa)	150	164	
initial creep vol C1 (cmc)	1		
final pressure P2 (kPa)	1538	270	
final volume V2 (kPa)	194	159	
fin creep (cmc)/ unload Eu (Mpa)	3	109,4	

PHYSIC PROPERTIES

VP probe volume at rest	512	cmc
VL probe limit volume	813	cmc
V0 initial volume	150	cmc
1/VL	1,23	10 ⁻³ cmc
v poisson index	0,33	
α sp reologic experimental coeff.	0,52	
α reologic theoretic coefficient	0,5	

SYSTEM CORRECTION

inertia cover	
coeff.	0,79
sys. dilatation (cmc/bar)	
coeff.	0,39

MPa

PRESSUREMETER PARAMETERS

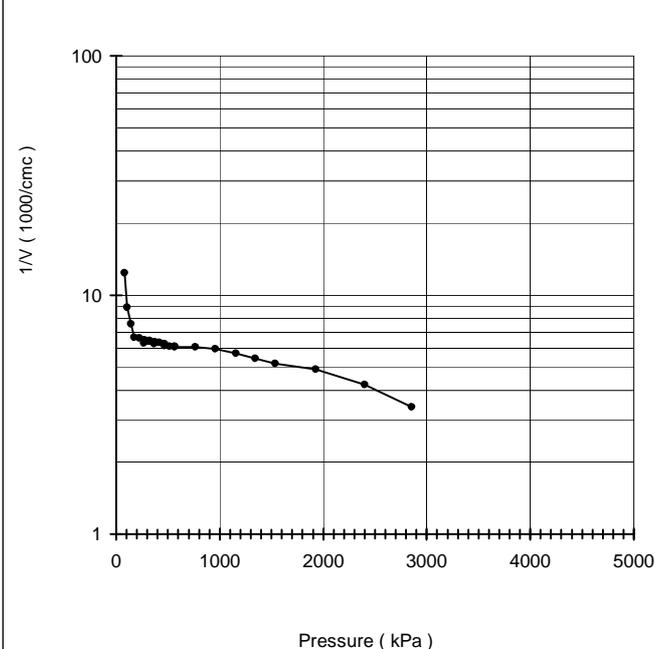
Ko lateral coeff at rest assumed	0,60	
Pho estim. Horiz pres at rest	95	kPa
P0 measured initial pressure	177	kPa
Em pressuremeter modulus	56,9	MPa
Ey min elasticity mod. measured in unload	109,4	MPa
Ey elasticity mod. assumed by C. reologic	113,8	MPa
Pc creep pressure	2181	kPa
P*c net creep pressure	2086	kPa
PL limit pressure by Cassan	3640	kPa
PL limit pressure by Van Vambecke	4488	kPa
PL assumed limit pressure	3640	kPa
P*L assumed net limit pressure	3545	kPa
Em/P*L	16,05	
Ey/P*L	30,86	

DATA

n°	Pressure bars	Vr 30" cmc	Vr 60" cmc	P corr. kPa	V corr. c mc	creep cmc	Modulus MPa
1	0,0	0	36	0	36	0	
2	0,5	76	81	82	81	5	2,8
3	1,0	108	113	107	113	5	1,3
4	1,5	131	133	141	132	2	2,9
5	2,0	150	151	177	150	1	3,5
6	2,5	151	152	226	151	1	107,7
7	3,0	155	155	274	154	0	30,0
8	3,5	157	157	322	156	0	47,6
9	4,0	159	159	371	157	0	47,7
10	4,5	160	160	420	158	0	108,9
11	5,0	162	162	468	160	0	47,9
12	5,5	165	166	515	164	1	22,1
13	6,0	166	166	565	164	0	-463,7
14	5,0	164	164	467	162	0	109,7
15	4,0	162	161	369	159	-1	66,9
16	3,0	161	160	270	159	-1	289,6
17	4,0	162	162	368	160	0	109,1
18	5,0	164	165	466	163	1	67,0
19	6,0	166	167	564	165	1	109,8
20	8,0	168	168	763	165	0	1601,1
21	10,0	171	172	960	168	1	110,3
22	12,0	179	180	1154	175	1	48,8
23	14,0	189	190	1346	185	1	38,4
24	16,0	197	200	1538	194	3	38,9
25	20,0	212	213	1928	205	1	64,5
26	25,0	245	247	2401	237	2	28,8
27	30,0	299	305	2855	293	6	16,8
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							

GEOTECHNICAL PARAMETERS

Assumed undrained cohesion by Amar et Jezequel		kPa
Assumed friction angle by Menard	39	°



 SONDEDILE s.r.l. unipersonale Decreto di concessione, n. 57211 del 05-11-2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246	PRESSUREMETER TEST					mod MPT	rev 1.0
	BOREHOLE	S70bis	DEPTH m	8,8	TEST CODE MPT	1	
CLIENT	SILEC s.p.a.	v.accept	05/13	data	02/04/2013		
PROJECT	COLLEGAMENTO RAGUSA CATANIA		n° certificato		610/13		
OBJECT							
COORDINATES							
SITE	0	DATE	14.12.12	PAGE	3/3		

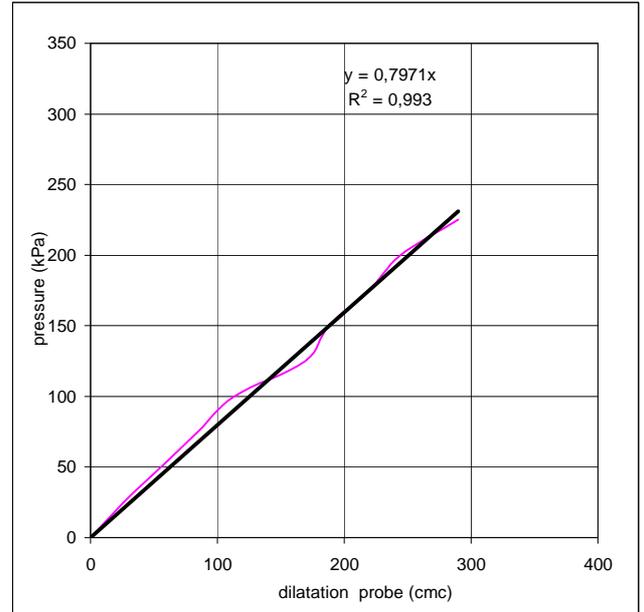
PLACE



CALIBRATION IN AIR

membrane caucciù cover telata Coeff. 0,79

Height measure cell (cm) 21,00 VP in. probe vol (cmc) 512



SOIL TYPE

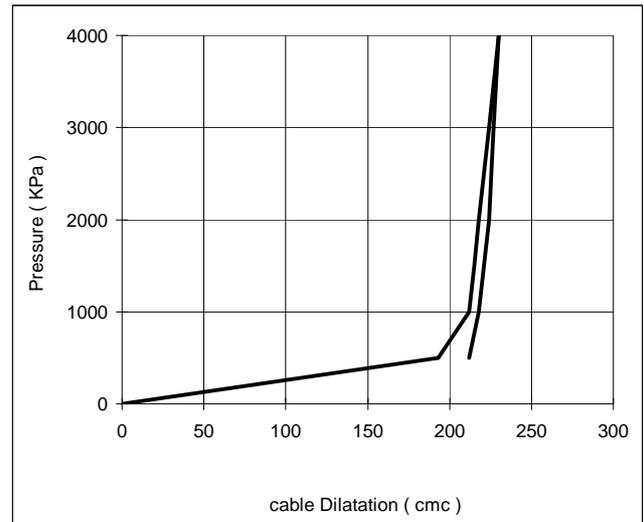


CONFINED CALIBRATION

Lenght cable 50 ϕ confined diameter (cm) 6,6

Vi (cmc) 206 Coeff. 167 cmc/kPa first load

tube volume cmc 718 Coeff. 258 cmc/kPa unload





SONDEDILE
s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n. 57211 del
05-11-2007, per il rilascio dei certificati
relativi alle prove geotecniche sui terreni
(settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246

PRESSUREMETER TEST

mod MPT rev 1.0

BOREHOLE	S97	DEPTH m	7,7	TEST CODE MPT	1
CLIENT	SILEC s.p.a.	v.accept	05/13	data	02/04/2013
PROJECT	COLLEGAMENTO RAGUSA CATANIA			n° certificato 611/13	
OBJECT					
COORDINATES					
SITE		DATE	08.01.13	PAGE	1/3

weather _____ test depth 7,70 m

hydrostatic level (m) > _____ us _____ KPa display by surface (m) 1,00 SPT (m) _____ n/15cm

γ_n nat.grav assumed 1,80 t/mc Pressuremeter: APAGEO SEGELM

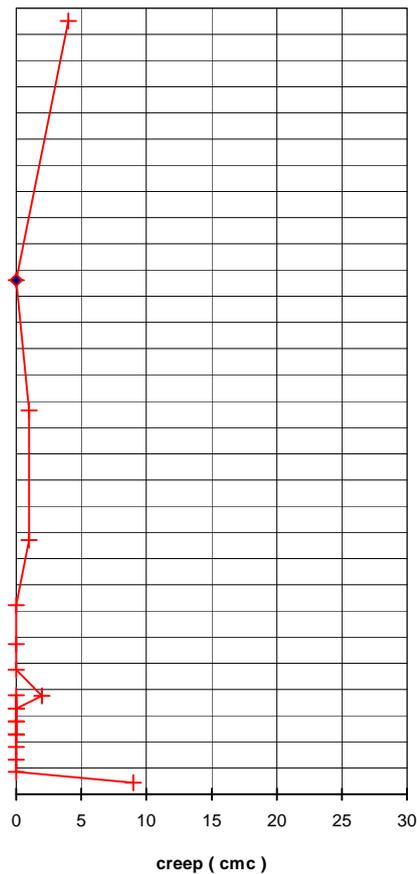
σ_v assumed 139 kPa test pocket carotaggio 66 mm probe: telata diam 60 mm

soil brief description Argilla marnosa pressuremeter modulus **Em** 208,2 MPa
assumed elasticity modulus **Ey** 208,2 MPa

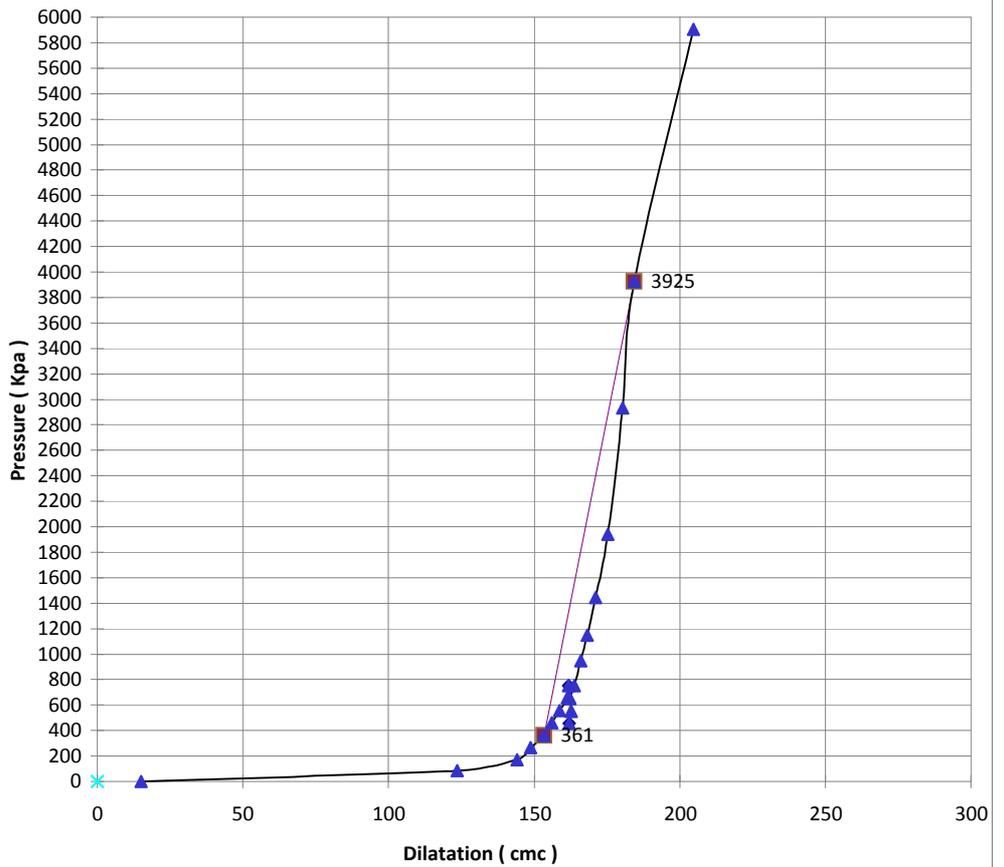
geological unit _____ Em/P*L 31,98

test in according with AFNOR NFP 94 - 110 Assumed undrained cohesion by Amar et Jezequel 676 kPa
Assumed friction angle by Menard _____ °

pressure - creep



pressure - dilatation
correct data (continued)





SONDEDILE

s.r.l. unipersonale

Decreto di concessione, n. 57211 del 05-11-2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246

PRESSUREMETER TEST

mod MPT rev 1.0

BOREHOLE	S97	DEPTH m	7,7	TEST CODE MPT	1
CLIENT	SILEC s.p.a.	v.accept	05/13	data	02/04/2013
PROJECT	COLLEGAMENTO RAGUSA CATANIA			n° certificato 611/13	
OBJECT					
COORDINATES					
SITE	0	DATE	08.01.13	PAGE	2/3

DATA PROCESSING

PRESSUREMETER CURVE LIMITS

	FIRST LOAD	LOOP 1	LOOP 2
initial pressure P1 (kPa)	361	753	
initial volume pressure V1 (kPa)	153	162	
initial creep vol C1 (cmc)	0		
final pressure P2 (kPa)	3925	454	
final volume V2 (kPa)	184	162	
fin creep (cmc)/ unload Eu (Mpa)	0	-3277,1	

PHYSIC PROPERTIES

VP probe volume at rest	512	cmc
VL probe limit volume	819	cmc
V0 initial volume	153	cmc
1/VL	1,22	10 ⁻³ cmc
v poisson index	0,33	
α sp reologic experimental coeff.	-0,06	
α reologic theoretic coefficient	1	

SYSTEM CORRECTION

inertia cover	
coeff.	0,8
sys. dilatation (cmc/bar)	
coeff.	0,39

MPa

PRESSUREMETER PARAMETERS

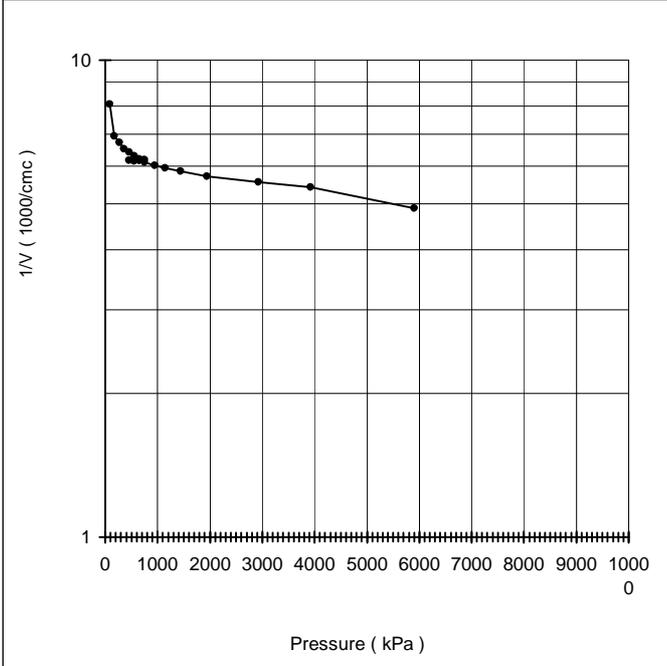
Ko lateral coeff at rest assumed	0,70	
Pho estim. Horiz pres at rest	97	kPa
P0 measured initial pressure	361	kPa
Em pressuremeter modulus	208,2	MPa
Ey min elasticity mod. measured in unload		MPa
Ey elasticity mod. assumed by C. reologic	208,2	MPa
Pc creep pressure	3925	kPa
P*c net creep pressure	3828	kPa
PL limit pressure by Cassan	6605	kPa
PL limit pressure by Van Vambecke	19424	kPa
PL assumed limit pressure	6605	kPa
P*L assumed net limit pressure	6508	kPa
Em/P*L	31,98	
Ey/P*L		

DATA

n°	Pressure bars	Vr 30" cmc	Vr 60" cmc	P corr. kPa	V corr. c mc	creep cmc	Modulus MPa
1	0,0	0	15	0	15	0	
2	1,0	115	124	86	124	9	1,2
3	2,0	145	145	169	144	0	6,9
4	3,0	150	150	265	149	0	36,5
5	4,0	155	155	361	153	0	36,7
6	5,0	158	158	459	156	0	66,3
7	6,0	161	161	557	159	0	66,6
8	7,0	164	164	654	161	0	66,8
9	8,0	165	165	753	162	0	290,6
10	7,0	165	165	653	162	0	-462,5
11	6,0	165	165	553	163	0	-462,8
12	5,0	164	164	454	162	0	290,9
13	6,0	165	165	553	163	0	290,9
14	7,0	165	165	653	162	0	-462,8
15	8,0	165	167	752	164	2	109,7
16	10,0	170	170	949	166	0	160,1
17	12,0	173	173	1147	168	0	160,6
18	15,0	177	177	1444	171	0	189,9
19	20,0	182	183	1939	175	1	222,4
20	30,0	191	192	2932	180	1	356,0
21	40,0	200	200	3925	184	0	445,7
22	60,0	224	228	5903	205	4	183,8
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							

GEOTECHNICAL PARAMETERS

Assumed undrained cohesion by Amar et Jezequel	676	kPa
Assumed friction angle by Menard		°



prova eseguita ai limiti di sensibilita strumentale

 SONDEDILE s.r.l. unipersonale Decreto di concessione, n. 57211 del 05-11-2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore C), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246	PRESSUREMETER TEST				mod MPT rev 1.0
	BOREHOLE	S97	DEPTH m	7,7	TEST CODE MPT
CLIENT	SILEC s.p.a.	v.accept	05/13	data	02/04/2013
PROJECT	COLLEGAMENTO RAGUSA CATANIA		n° certificato 611/13		
OBJECT					
COORDINATES					
SITE	0	DATE	08.01.13	PAGE	3/3

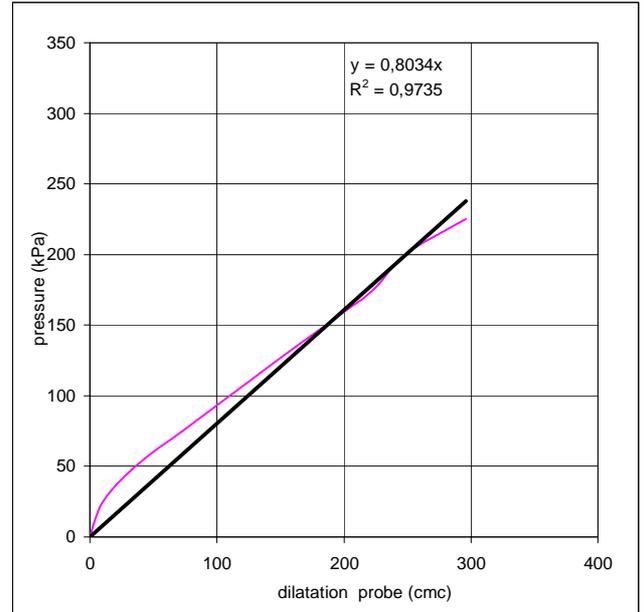
PLACE



CALIBRATION IN AIR

membrane caucciù cover telata Coeff. 0,8

Height measure cell (cm) 21,00 VP in. probe vol (cmc) 512



SOIL TYPE



CONFINED CALIBRATION

Lenght cable 50 ϕ confined diameter (cm) 6,6

Vi (cmc) 206 Coeff. 167 cmc/kPa first load

tube volume cmc 718 Coeff. 258 cmc/kPa unload

