

VARIANTE ALLA S.S. 1 "VIA AURELIA"
Viabilità di accesso all'hub portuale di La Spezia
Lavori di costruzione della variante alla S.S. 1 Via Aurelia - 3° Lotto
2° Stralcio Funzionale B dallo Svincolo di Buon Viaggio allo Svincolo di San Venerio
COMPLETAMENTO

PRECEDENTI LIVELLI DI PROGETTAZIONE DELL'APPALTO INTEGRATO ORIGINALE

PD n°1861 del 09/07/03 aggiornato al 10/12/08 - Delibera CIPE n°60 del 02/04/08
PE n° 103 del 14/07/2011 - D.A. CDG-103321-P del 20/07/11
PVT n°112 del 21/01/16 aggiornata al 28/10/16 - D.A. CDG-92950-P del 21/02/17
Progetto Esecutivo Cantierabile Opere da Completare

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **GE266**

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA:

*Dott. Ing. Antonio Scalamandrè
Ordine Ing. di Frosinone n. 1063*

IL GEOLOGO

*Dott. Geol. Flavio Capozucca
Ordine Geol. del Lazio n. 1599*

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. Emiliano Paiella

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Fabrizio Cardone

PROTOCOLLO

DATA

**STUDI, INDAGINI E RELAZIONI SPECIALISTICHE
INDAGINI GEOGNOSTICHE**

INTEGRAZIONE INDAGINI FASE COSTRUTTIVA (2015-2017)
Indagini Geognostiche - Relazione Tecnico Descrittiva

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	T00GE00GEORE14A.dwg			
DPGE0266	E 20	CODICE ELAB.	T00GE00GEORE14	A	-
D					
C					
B					
A	COMMENTI	2020	Geol. Paone M.	Geol. Capozucca F.	Geol. Capozucca F.
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



Anas SpA

Compartimento della Viabilità per la Liguria



COMUNE DELLA SPEZIA

VARIANTE ALLA SS N° 1 AURELIA (AURELIA BIS)
VIABILITA' DI ACCESSO ALL' HUB PORTUALE DI LA SPEZIA
INTERCONNESSIONE TRA I CASELLI DELLA A-12 ED IL PORTO DI LA SPEZIA

LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA VARIANTE ALLA S.S. 1 AURELIA - 3° LOTTO
TRA FELETTINO ED IL RACCORDO AUTOSTRADALE

PERIZIA DI VARIANTE

STUDI, INDAGINI E RELAZIONI SPECIALISTICHE ELABORATI COMUNI

INDAGINI GEOGNOSTICHE
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA

CODICE PROGETTO

LO902A E 1401

CODICE ELABORATO

T00 GE00 GET RE01 A

Scala:

File: T00GE00GETRE01A..dwg

Formato:

A4



VISTO: IL DIRETTORE DEI LAVORI
Ing. Francesco Picca



VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Ing. Massimiliano Fidenzi

PROTOCOLLO

17.12

DATA

121 GEN. 2016



Anas SpA

Compartimento della Viabilita' per la Liguria



COMUNE DELLA SPEZIA

VARIANTE ALLA SS N° 1 AURELIA (AURELIA BIS)
 VIABILITA' DI ACCESSO ALL' HUB PORTUALE DI LA SPEZIA
 INTERCONNESSIONE TRA I CASELLI DELLA A-12 ED IL PORTO DI LA SPEZIA
 LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA VARIANTE ALLA S.S. 1 AURELIA - 3° LOTTO
 TRA FELETTINO ED IL RACCORDO AUTOSTRADALE

PROPOSTA DI VARIANTE

STUDI, INDAGINI E RELAZIONI SPECIALISTICHE ELABORATI COMUNI

INDAGINI GEOGNOSTICHE
 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA

CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	Scala:
LO902A E 1401	T00 GE00 GET RE01 A	

File: T00GE00GETRE01A.dwg	Formato: A4
---------------------------	-------------

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A	10.07.2015	Emissione	-	-	-

L' RTI:



(MANDATARIA RTI)

(Il Direttore Tecnico)
 Ing. Francesco Talone

PROGETTO ESECUTIVO:



C. LOTTI & ASSOCIATI
 SOCIETA' DI INGEGNERIA S.p.A. - ROMA

IL PROGETTISTA



**Infra
 Engineering**
 (Il Direttore Tecnico)
 Ing. Guido Furlanetto



S.p.A.
 DOTT. ING. GIOVANNA CASSANI
 ORDINE DEGLI INGEGNERI PROVINCIA
 DI MILANO N° 20997

IL DIRETTORE DEI LAVORI
 Ing. Francesco Picca



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
 Ing. Massimiliano Fidenzi





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

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



TOTO S.p.A.

***“Variante alla S.S.1 Aurelia (Aurelia bis) - Viabilità di
accesso all’HUB portuale di La Spezia-interconnessione tra i
caselli della A/12 ed il porto di la Spezia. Lavori di
costruzione della Strada Statale n.1 Aurelia-3° Lotto Filetto
ed il raccordo autostradale”.***

INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE IN SITU

RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA

INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE IN SITU

Novembre2014 - Marzo2015

SONDEDILE SRL



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

1. PREMESSA	2
2. NORMATIVA APPLICATA	4
3. SONDAGGI.....	5
3.1. SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	5
3.2. ATTREZZATURE IMPIEGATE	7
3.3. MODALITÀ ESECUTIVE.....	9
3.4. DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	9
3.5. PRELIEVO DI CAMPIONI.....	10
3.5.1. PRELIEVO DI CAMPIONI INDISTURBATI	10
3.5.2. PRELIEVO DI CAMPIONI RIMANEGGIATI.....	11
3.5.3. PRELIEVO DI CAMPIONI RAYMOND – SPT.....	12
3.6. PROVE IN FORO.....	12
3.6.1. PROVE STANDARD PENETRATION TEST (SPT)	12
3.6.2. PROVE PERMEABILITÀ LEFRANC A CARICO VARIABILE.....	15
3.6.3. PROVE LUGEON.....	19
3.6.4. PROVE PRESSIOMETRICHE E DILATOMETRICHE.....	23
3.7. STRUMENTAZIONE NEI FORI DI SONDAGGIO	34
3.7.1. PIEZOMETRO TUBO APERTO NORTON	34
3.7.2. PIEZOMETRI “CELLE DI CASAGRANDE”	34
3.7.3. TUBI INCLINOMETRICI	35
3.7.4. TUBI IN PVC PER DOWN HOLE.....	36

ELENCO DEGLI ALLEGATI:

- **1. Report Stratigrafici;**
- **2. Documentazione Fotografica;**
- **3. Prove di permeabilità Lefranc;**
- **4. Prove Lugeon;**
- **5. Letture piezometriche;**
- **6. Prove pressiometriche/dilatometriche;**
- **7. Prove di laboratorio.**



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



1. PREMESSA

Nella presente relazione si espongono in maniera tecnica i risultati delle indagini geognostiche eseguite su incarico di Toto S.p.A. nell'ambito del progetto denominato "Variante alla S.S.1 Aurelia (Aurelia bis) - Viabilità di accesso all'HUB portuale di La Spezia - Interconnessione tra i caselli della A/12 ed il porto di la Spezia. Lavori di costruzione della Strada Statale n.1 Aurelia - 3°Lotto Filetto ed il raccordo autostradale".

Tali indagini si sono svolte nei seguenti siti:

- GALLERIA FORNACI II – GA03 – MELARA
- LOCALITA' CAROZZO
- GALLERIA PELLIZZARDA
- GALLERIA FELETTINO I – GE02
- SVINCOLO BUONVIAGGIO RAMO F
- GALLERIA FELETTINO III – GN03

Sono stati eseguiti, nel complesso della campagna d'indagini, dal mese di Novembre 2014 a Marzo 2015:

- n° 21 sondaggi a carotaggio continuo (di cui n°3 in parte a distruzione di nucleo);
- n° 10 sondaggi a distruzione di nucleo;
- n°35 prove di permeabilità Lefranc (di cui una eseguita sia in abbassamento che in risalita);
- n°2 prove di permeabilità Lugeon;
- n°66 prove SPT in foro;
- n°10 prove pressiometriche/dilatometriche;
- installazione di n°20 piezometri;



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
(categoria 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



- installazione di n°1 tubi in PVC per esecuzione di indagini geofisiche in foro di tipo "Down Hole";
- installazione di n° 5 inclinometri;
- prelievo di n°37 campioni indisturbati;
- prelievo di n°30 campioni rimaneggiati;
- prelievo di n°78 campioni Raymond (SPT);
- letture piezometriche;
- n° 25 pozzetti di protezione della strumentazione;
- prove geotecniche di laboratorio.



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



2. **NORMATIVA APPLICATA**

I carotaggi, l'installazione delle attrezzature e l'esecuzione delle prove in situ, sono state eseguite in ottemperanza alle normative di riferimento elencate di seguito:

- AGI: "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche". Giugno 1997;
- "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" D.M. 11.03.1988.;
- Norme standard previste per l'esecuzione delle prove in situ e in laboratorio (ASTM, AASHO, AASHTO);
- ENV 1997-3: "Eurocode 7 – Geotechnical design – Part 3 – Design assisted by field testing";
- Specifiche redatte da Toto S.p.A.

**SONDEDILE**
s.r.l. unipersonaleDecreto 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. 6 D.P.R. 248Sondedile s.r.l. unipersonale
Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY
Tel: +39 0861 411432
Fax: +39 0861 411442www.sondedile.com
info@sondedile.comC.C.I.A.A. di Teramo
PIVA e C.F.: 00075830679
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.**SINCERT**

3. SONDAGGI

3.1. SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

All'interno della campagna di indagine, sono stati eseguiti **n°31 sondaggi geognostici (carotaggio+distruzione)**, spinti fino ad una profondità massima di 100.00 metri dal piano campagna, con installazione di strumentazione in foro, esecuzione di prove in foro, letture piezometriche e prelievo di campioni.

Le tabelle seguenti riportano le attività eseguite nel corso delle perforazioni nei diversi siti di indagine:

GALLERIA FORNACI II – GA03 - MELARA								
Sondaggio	Perforazione	Profondità metri	Campioni Indisturb.	Campioni Rimanegg.	Prove SPT	Prove Press/Dilat.	Prove di Permeabilità	Strumentazione installata
S1	Carotaggio	30	1	-	5	-	5 Lefranc	Piezometro
S2	Carotaggio	35	1	-	4	-	3 Lefranc	Piezometro
S4	Carotaggio	30	2	-	4	-	5 Lefranc	Piezometro
S5	Carotaggio	25	2	-	6	-	3 Lefranc 1 Lugeon	Piezometro
S6	Distruz.+Carotag.	35	1	-	-	-	3 Lefranc	Piezometro
S7	Carotaggio	35	-	-	5	-	3 lefranc	Piezometro
S8	Carotaggio	40	1	-	5	-	6 Lefranc	Piezometro
S9	Carotaggio	35	1	-	-	-	4 Lefranc 1 Lugeon	Piezometro
SA	Carotaggio	35	-	-	-	-	2 Lefranc	Piezometro
PZ1	Distruzione	30	-	-	-	-	-	Piezometro
PZ2	Distruzione	28,5	-	-	-	-	-	Piezometro
PZ3	Distruzione	25	-	-	-	-	-	Piezometro
PZ4	Distruzione	8	-	-	-	-	-	Piezometro

**SONDEDILE**
s.r.l. unipersonaleDecreto 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. 248Sondedile s.r.l. unipersonale
Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY
Tel: +39 0861 411432
Fax: +39 0861 411442www.sondedile.com
info@sondedile.comC.C.I.A.A. di Teramo
PIVA e C.F.: 00075830679
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.**SINCERT****LOCALITA' CAROZZO**

Sondaggio	Perforazione	Profondità metri	Campioni Indisturbati	Campioni Rimanegg.	Prove SPT	Prove Press/Dilat.	Prove di Permeabilità	Strumentazione installata
N1I	Carotaggio	35	2	3	4	-	-	Inclinometro
N2I	Distruzione	60	-	-	-	1Press. 1Dilat.	-	Inclinometro
N2P	Carotaggio	30	2	3	4	-	-	Piezometro
N2D	Distruzione	30,5	-	-	-	3Press. 3Dilat.	-	-
N3P	Carotaggio	35	5	2	4	-	-	Piezometro
N4I	Carotaggio	48	2	5	4	-	-	Inclinometro
N4P	Distruzione	36	-	-	-	-	-	Piezometro
N5I	Carotaggio	35	2	2	4	-	-	Inclinometro
N5P	Distruzione	23	-	-	-	-	-	Piezometro
N6	Carotaggio	60	6	-	4	-	-	-

GALLERIA PELLIZZARDA

Sondaggio	Perforazione	Profondità metri	Campioni Indisturbati	Campioni Rimanegg.	Prove SPT	Prove Press/Dilat.	Prove di Permeabilità	Strumentazione installata
SP1	Distruz.+Carotag.	100	-	4	-	-	-	-

GALLERIA FELETTINO I – GE02

Sondaggio	Perforazione	Profondità metri	Campioni Indisturb.	Campioni Rimanegg.	Prove SPT	Prove Press/Dilat.	Prove di Permeabilità	Strumentazione installata
SF1	Distruz.+Carotag.	90	-	5	-	-	-	-



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



SVINCOLO BUONVIAGGIO RAMO F								
Sondaggio	Perforazione	Profondità metri	Campioni Indisturbati	Campioni Rimanegg.	Prove SPT	Prove Press/Dilat.	Prove di Permeabilità	Strumentazione installata
BV1	Carotaggio	20	1	1	2	-	-	Piezometro
BV2	Carotaggio	25	2	2	4	-	-	-
BV3	Carotaggio	35	2	2	4	-	-	Down Hole
BV4	Carotaggio	20	1	1	3	-	-	-

GALLERIA FELETTINO III – GN03								
Sondaggio	Perforazione	Profondità metri	Campioni Indisturbati	Campioni Rimanegg.	Prove SPT	Prove Press/Dilat.	Prove di Permeabilità	Strumentazione installata
F03I	Carotaggio	25	3	-	-	-	-	Inclinometro
F03P	Distruzione	15	-	-	-	-	-	Piezometro

3.2. ATTREZZATURE IMPIEGATE

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata impiegata una sonda tipo **Comacchio MC 900P**, avente le caratteristiche idonee al tipo di lavorazione prevista ovvero:



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



Dati Tecnici • Technical Data
Caractéristiques Techniques • Technische Daten



MC 900P						
Caro cingolato	Undercarriage	Chariot chenille	Fahrwerk			
Passo cingolo	Wheel base	Enpattement	Fahrwerk	2.500 mm	8,2 ft	
Larghezza cingolo	Wheel width	Largeur max.	Gesamtbreite	3.000/3.400 mm	6,3/7,8 ft	
Larghezza suole	Pad width	Largeur patins	Fussbreite	+100 mm	15,7 in	
Resistenza a scivolare	Anti climbing ability	Pente max.	Steigfähigkeit max.	50 %		
Velocità max.	Max. speed	Vitesse max.	Fahrtgeschwindigkeit	1,5 Km/h 0,95 mph		
Centrale idraulica	Power pack	Groupe hydraulique	Hydraulikaggregat			
Motore diesel	Diesel engine	Moteur diesel	Dieselmotor	DEUTZ BF 4M 1013 FC		
Potenza motore	Engine power	Puissance moteur	Antriebsleistung	112 Kw (152 HP) / 2300 rpm		
Pompa principale	Main pump	Pompa principale	Hydraulische Leistung	2x150 l/min	2x39,6 gal/min	
Serbatoio olio	Oil tank	Réservoir huile	Öltank	150 l / 110 gal		
Serbatoio gasolio	Fuel tank	Réservoir diesel	Dieseltankinhalt	180 l / 47,5 gal		
Mast	Mast	Mast	Lafette	A	B	
Corso utile	Feed stroke	Curso útil	Vorschub	4.000 mm 13,1 ft	4.000 mm 13,1 ft	
Longhezza totale	Total length	Longueur totale	Gesamtlänge	7.900 mm 25,9 ft	7.500 mm 24,6 ft	
Forza di spinta	Feed force	Poussée	Vorschubkraft	8.000 daN 17.994 lbs	10.000 daN 22.480 lbs	
Forza di tiro	Retract force	Traction	Rückzugkraft	12.000 daN 26.977 lbs	20.000 daN 44.961 lbs	
Testa di rotazione	Rotary head	Tête de rotation	Drehkopf			
Marco	Gears	Vitesses	Schaltstufe	6		
Coppia max.	Max torque	Couple max.	Drehmoment max.	1.230 daNm 9.072 lb ft		
Giri max.	Max speed	Vitesse max.	Drehzahl max.	290 rpm		
Albero albero	Spindles thread	Pilotes au raccord	Ölwinde Kopfweite	3" 1/2 API REG		
Passaggio girevole	Sawel passage	Passage joint tournant	Spülkopfdurchgang	2"		
Doppio testa	Double head	Double tête	Doppelkopf	1	2	
Coppia max.	Max torque	Couple max.	Drehmoment max.	2.510/3.600 daNm 18.734/26.352 lb ft	300.700/300 daNm 4.277,5/3106,633 lb ft	
Giri max.	Max speed	Vitesse max.	Drehzahl max.	30/50 rpm	20/30/110 rpm	
Spostamento relativo	Relative slide	Efficacement relatif	Relative Glibbewegung	300 mm 11,8 in		
Morsa	Clamps	Mors	Klemm- und Brechvorrichtung			
Diametro min. di presa	Min. handling	Tige/diamètre min.	Durchmesser min.	45 mm 1,8 in		
Diametro maxi. di presa	Max. handling	Tige/diamètre max.	Durchmesser max.	300/350 mm 11,8/14,1 in		
Forza di chiusura	Clamping force	Force de serrage	Klemmkraft	280 KN 62.945 lbs		
Coppia serraggio	Braking torque	Couple de serrage	Brachvorrichtung	3.500 daNm 25,81 ft lb ft		
Argano	Winch	Treuil	Sellwinde	A	B	C
Tiro max.	Max line pull	Force de levage	max. Zugkraft	1.000 daN 2.248 lb	2.000 daN 4.496 lb	3.400 daN 7.642 lb
Capacità fune	Drum capacity	Câble au tambour	Seilings	16 m 52 ft	90 m 295 ft	70 m 229 ft
Velocità fune	Rope speed	Vitesse au treuil	Seilgeschwindigkeit	30 m/min 100 ft/min	30 m/min 100 ft/min	50 m/min 164 ft/min
Diametro fune	Rope diameter	Diamètre du câble	Seildurchmesser	6 mm 0,24 in	10 mm 0,39 in	14 mm 0,55 in
Ingombri	Dimensions	Dimensions	Außenabmessungen			
Longhezza	Length	Longueur	Länge	7.620 mm		
Larghezza	Width	Largeur	Breite	2.000/2.400 mm		
Altezza	Height	Hauteur	Höhe	2.000 mm		
Peso	Weight	Poids	Gewicht	19.500 Kg		
				27.000 lbs		

MC
900P





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



La sonda è stata dotata dei normali attrezzi di perforazione: aste, carotieri semplici e doppi, campionatori e rivestimenti metallici.

I grassi utilizzati per la corretta manutenzione della sonda e degli utensili di perforazione, sono di natura vegetale.

3.3. MODALITÀ ESECUTIVE

Durante la perforazione si è provveduto al sostegno delle pareti del foro mediante infissione di rivestimenti metallici provvisori, di diametro 152mm e 127mm, con circolazione di acqua pulita.

La perforazione a carotaggio continuo è stata realizzata a secco, senza impiego di acqua di circolazione, utilizzando, per i terreni coesivi e non coesivi, il carotiere semplice di diametro 101mm e lunghezza di 3.00m e 1.50m, munito di corona in widia.

Nel caso dei terreni litoidi e semilitoidi sono stati utilizzati carotieri doppi tipo T6 e T6S, muniti di corona diamantata con ausilio di circolazione d'acqua.

Tale metodologia, evitando di dilavare il materiale, ha consentito di ottenere la percentuale di carotaggio ottimale e di recuperare le varie frazioni costituenti il terreno.

Inoltre l'estrazione delle carote dall'utensile di perforazione è stato eseguito utilizzando l'estrusore idraulico.

3.4. DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

Le carote estratte nel corso della perforazione sono state riposte in apposite casse catalogatrici in plastica, con cinque scomparti di lunghezza interna utile pari ad 1 metro ciascuno e successivamente fotografate.

L'esame delle carote recuperate dai sondaggi ha permesso l'identificazione di intervalli della successione stratigrafica



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



macroscopicamente omogenei (strati), costituiti cioè o da un tipo di terreno predominante o da alternanze più o meno regolari di terreni differenti.

Definita la successione degli strati è stata redatta la descrizione geotecnica in accordo con le Specifiche Tecniche e le Raccomandazioni AGI (1977).

Il geologo responsabile di cantiere, è stato dotato dei seguenti strumenti portatili:

- Sonda freaticometrica elettrica per la misura del livello d'acqua nel foro e negli eventuali piezometri;
- Penetrometro tascabile (pocket penetrometer) con fondo scala di 0.5 e 1 MPa (5 e 10 kg/cm²);
- Scissometro tascabile (torvane) con fondo scala di 100 e 240 KPa (1 e 2.4 kg/cm²).

3.5. PRELIEVO DI CAMPIONI

Nel corso dei lavori sono stati prelevati:

- n° 37 campioni indisturbati;
- n° 30 campioni rimaneggiati;
- n° 66 campioni SPT;

le cui modalità e caratteristiche di prelievo sono di seguito illustrate.

3.5.1. PRELIEVO DI CAMPIONI INDISTURBATI

Nel corso della campagna di indagini, sono stati prelevati n°37 campioni indisturbati di terreno. Per tali prelievi sono stato utilizzati campionatori di tipo Osterberg, Shelby e Mazier.



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



Le particolari caratteristiche costruttive proprie dei campionatori consentono di minimizzare il disturbo del campione di terreno durante il prelievo. Si riportano di seguito le caratteristiche costruttive delle fustelle in acciaio, utilizzate durante le indagini in oggetto:

- diametro interno 88.9 mm;
- lunghezza utile 600 mm;
- spessore della parete 3 mm.

La fustella, una volta estratta con il campione, è stata accuratamente pulita e paraffinata in testa ed in scarpa, i campioni destinati al laboratorio sono stati sistemati verticalmente e protetti dalle intemperie.

Ogni prelievo di campione indisturbato è stato preceduto dal rivestimento del sondaggio con tubi metallici fino alla quota di fondo foro e dalla successiva manovra di pulizia con carotiere semplice. Il campionatore è stato quindi introdotto nel foro utilizzando le aste di perforazione, confrontando la quota di arresto della batteria con la profondità di perforazione raggiunta, per accertarsi della completa pulizia del foro.

Dopo il campionamento, ogni fustella è stata accuratamente ripulita alle estremità da eventuali parti detritiche e si è misurata la lunghezza del campione estratto.

La sigillatura del contenitore è stata eseguita per colaggio di paraffina alle estremità e chiusura con tappi a tenuta.

3.5.2. PRELIEVO DI CAMPIONI RIMANEGGIATI

Nel corso della campagna d'indagini, al termine delle perforazioni e successivamente allo scatto delle foto delle cassette catalogatrici, sono stati prelevati in totale n°30 campioni rimaneggiati di terreno.

Tali campioni sono stati conservati in appositi contenitori in PVC e buste di plastica, catalogati con etichette specifiche, e consegnati al laboratorio designato dalla Committenza.



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



3.5.3. PRELIEVO DI CAMPIONI RAYMOND – SPT

Nel corso delle indagini sono stati prelevati un totale di n°66 campioni SPT utilizzando il campionatore Raymond.

L'esecuzione delle prove SPT è avvenuta utilizzando tale campionatore, il quale, dotato di una apposita scarpa terminale, consente il prelievo a fine prova di un campione rimaneggiato.

3.6. PROVE IN FORO

3.6.1. PROVE STANDARD PENETRATION TEST (SPT)

La procedura seguita per l'esecuzione della prova e per la registrazione dei dati d'avanzamento è quella contenuta nella normativa europea ENV 1997-3.

L'esecuzione di ogni prova è avvenuta utilizzando il campionatore Raymond, dotato di una scarpa terminale che consente il prelievo, a fine prova, di un campione rimaneggiato.

L'attrezzatura impiegata, in accordo alle Raccomandazioni AGI e alle norme ENV 1997-3, è costituita da un maglio del peso di 63.5kg, predisposto per la caduta da un'altezza di 76cm. Le aste di collegamento del maglio al campionatore terminale hanno un diametro di 50mm ed un peso proprio pari a 7.0 kg/m.

L'esecuzione della prova è avvenuta secondo le seguenti modalità:

- perforazione a carotaggio;
- estrazione della batteria di perforazione;
- stabilizzazione delle pareti del foro con tubi di rivestimento metallico, con arresto della corona ad una quota superiore di circa 10cm rispetto a quella prevista, di inizio prova;
- discesa nel foro della batteria di aste con annesso campionatore;
- controllo della quota di arresto della batteria di prova;



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



- identificazione di 3 tratti contigui, di 15cm ciascuno, lungo la porzione di batteria sporgente in superficie;
- collegamento del dispositivo di percussione (maglio) alla batteria di prova;
- inizio della prova vera e propria: il campionatore viene infisso nel terreno per mezzo di colpi impressi con la massa battente, ad un ritmo di percussione prossimo a 25 colpi al minuto;
- I colpi sono contati in successione, avendo cura di separare il numero di colpi necessari per l'avanzamento del campionatore per i tre tratti consecutivi di 15cm.

Il valore di NSPT è dato dalla somma dei colpi ottenuti nel 2° e 3° tratto (ultimi 30cm), che vengono annotati nel rapporto di prova.

Il raggiungimento del "rifiuto" e, quindi, la fine della prova si determinano nei seguenti casi:

- un numero di colpi superiore a 50 per l'infissione nel primo tratto di 15 cm;
- un numero di colpi superiore a 100 per l'infissione nel secondo e nel terzo tratto (ultimi 30cm).

Al termine della prova, il campionatore a scarpa è stato estratto ed aperto; il materiale recuperato è stato catalogato e conservato in apposito contenitore.

Nelle tabelle seguenti vengono schematizzati i rapporti tra le qualità meccaniche dei terreni ed il numero NSPT per orizzonti granulari e coesivi.



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



TERRENI GRANULARI	
SCHEMA DELLE RELAZIONI $N_{SPT}/$	
ADDENSAMENTO	
NSPT	Stato di addensamento
0 – 4	Sciolto
4 – 10	Poco addensato
10 – 30	Moderatamente addensato
30 – 50	Addensato
> 50	Molto addensato
TERRENI COESIVI	
SCHEMA DELLE RELAZIONI $N_{SPT}/$	
CONSISTENZA	
NSPT	Consistenza
< 2	Privo di consistenza
2 – 4	Poco consistente
4 – 8	Moderatamente consistente
8 – 15	Consistente
15 – 30	Molto consistente
> 30	Estremamente consistente



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

Sondedile s.r.l. unipersonale
Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY
Tel: +39 0861 411432
Fax: +39 0861 411442

www.sondedile.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



3.6.2. PROVE PERMEABILITÀ LEFRANC A CARICO VARIABILE

PREPARAZIONE

Durante le perforazioni sono state eseguite, sotto il livello della falda piezometrica, **n°35** prove di permeabilità tipo “Lefranc” a carico variabile, allo scopo di misurare la conducibilità idraulica orizzontale del terreno.

Tale prova è stata eseguita sia in abbassamento che in risalita.

La prova Lefranc è stata preceduta dall'allestimento della tasca di prova, secondo le seguenti modalità esecutive:

- misura del livello di falda nel tratto di misura, con freatometro elettrico;
- installazione del rivestimento nel foro fino al “tetto” della tasca di prova, avendo cura di approfondire gli ultimi 30cm di rivestimento con modalità di avanzamento “a secco”;
- perforazione con carotiere fino alla quota di prova;
- inserimento nella tasca di prova di ghiaia pulita fino a riempire l'intero spessore della tasca.

Dove presente una doppia batteria di rivestimenti nel foro, l'allestimento della tasca di prova è stato eseguito nel seguente modo:

- perforazione con carotiere fino alla base del tratto da misurare;
- rivestimento del foro fino alla quota raggiunta dalla perforazione, con acqua pulita come fluido di circolazione a bassa pressione e modesta portata;
- inserimento nella colonna di rivestimento di ghiaia ben lavata;
- sollevamento della batteria di rivestimento;
- misura del livello d'acqua nel foro.



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



L'esecuzione della prova di permeabilità vera e propria è avvenuta secondo le modalità seguenti:

ESECUZIONE DELLA PROVA IN ABBASSAMENTO

1. Riempimento con acqua del foro, fino alla sommità del rivestimento;
2. interruzione dell'immissione di acqua, e misura nel tempo della diminuzione del livello dalla testa tubo del rivestimento fino al raggiungimento del livello della falda.

ESECUZIONE DELLA PROVA IN RISALITA

1. Emungimento d'acqua dal foro fino alla quota stabilita e comunque indicata nel certificato di prova.
2. interruzione dell'emungimento d' acqua e misura nel tempo della risalita del livello di falda.



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

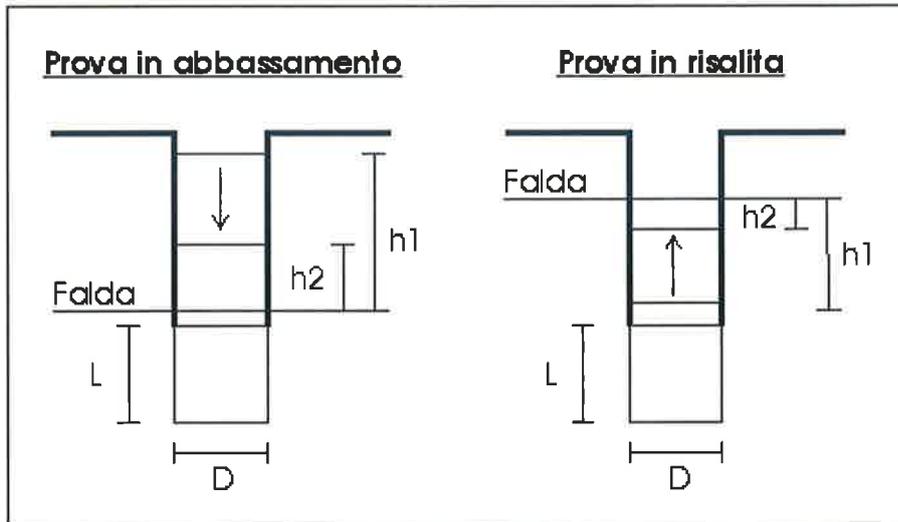
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

SINCERT



ELABORAZIONE DEI DATI

Il metodo per la valutazione di K fa riferimento alla metodologia consigliata dalla Associazione Geotecnica Italiana (AGI) ed utilizza i seguenti schemi geometrici e relazioni di calcolo:



$$K = \frac{A}{CL \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

dove:

K = coefficiente di permeabilità

A = area di base

h1, h2 = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello di falda indisturbata o a fondo foro,
ai tempi t1 e t2

t1, t2 = tempi nei quali si misurano h1 e h2

CL = coeff. di forma dipendente dalla configurazione geometrica

$$CL = L \quad \text{se } L > D$$

$$CL = 2 \cdot \pi \cdot D + L \quad \text{se } L \leq D$$



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'immissione degli abbassamenti o delle risalite fa riferimento alle effettive variazioni di livello dell'acqua partendo dal livello iniziale ($t = 0$), con una successione di letture cumulate; il programma calcola automaticamente i valori complementari di h implementati nella formula in relazione al livello di falda.

Il metodo 1 considera soltanto le configurazioni geometriche a) e c) sopra descritte; le normative AGI non danno indicazioni per la configurazione geometrica C (valutazione del coefficiente di forma).

Per quanto riguarda le altezze di carico idraulico variabili nel tempo, le NORME AGI affermano che esse sono "altezze rispetto alla falda indisturbata o rispetto al fondo foro"; risulterebbe pertanto che in mancanza di dati relativi alla falda il livello di riferimento può essere indifferentemente anche il fondo foro.

In base a quanto detto il Metodo 1 permette di ovviare all'introduzione della falda, se non nota, considerando automaticamente il fondo foro come livello di riferimento.

Il metodo 1 visualizza un grafico tempi/abbassamenti in cui viene calcolato un valore di K per ogni tratto della curva tra una lettura e la successiva; inoltre viene calcolato un valore medio dal punto della curva ove si ritiene che si sia instaurato un regime di flusso permanente (dopo saturazione dei terreni), fino a fine curva; l'operatore sceglie il punto della curva dal quale si ritiene instaurato un regime permanente.

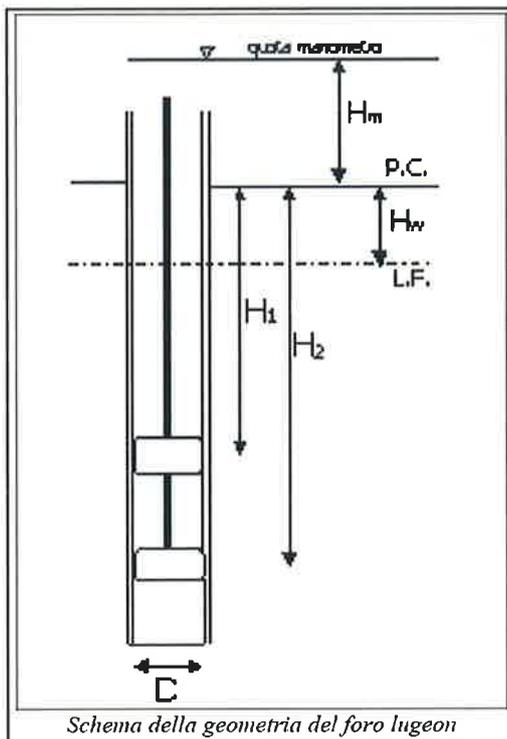


3.6.3. PROVE LUGEON

Sono state eseguite n°2 prove di permeabilità tipo Lugeon nei fori di sondaggio S2 e S9.

In allegato si riportano i risultati certificati di ogni singola prova.

CARATTERISTICHE DELLA PROVA LUGEON



Tali prove vengono effettuate immettendo acqua in pressione su tratti prestabiliti di foro di sondaggio per valutare la permeabilità di ammassi rocciosi in termini di assorbimento di acqua nell'unità di tempo, in funzione della pressione di prova e della lunghezza del tratto di foro interessato.

La permeabilità della roccia così misurata viene generalmente espressa in unità LUGEON; un LUGEON corrisponde alla permeabilità di un ammasso roccioso che assorbe 1 litro di acqua al minuto per ogni metro di foro, con una pressione di prova di 10 atm.

NORME DI RIFERIMENTO

A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana (1977): Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

Bollettino de Liaison des Laboratoires Routiers - Special N - Idraulica dei terreni. Aprile 1970 - Houlsby 1977



SONDILE
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

Sondedile s.r.l. unipersonale
Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY
Tel: +39 0861 411432
Fax: +39 0861 411442

www.sondedile.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



ATTREZZATURA

L'esecuzione della prova richiede l'attrezzatura elencata di seguito:

- otturatore singolo, per prove in avanzamento, ad espansione idraulica o meccanica;
- otturatore doppio, per prove in risalita, a membrana espandibile idraulicamente o ad azoto.

Il tubo di collegamento dei due pistoncini espandibili avrà una superficie forata $A_f \geq A_t$, essendo A_t la superficie della sezione cava del tubo.

- Pompa centrifuga in grado di raggiungere pressioni di iniezione di 1 MPa;
- contaltri per la misura delle portate immesse, inserito nel circuito di mandata, con sensibilità di 0, 1 litri;
- manometro per la misura della pressione di iniezione, con sensibilità di 0,5 atm e certificato di taratura non anteriore a 3 mesi;
- tubi di adduzione di tipo idraulico;
- eventuale circuito indipendente di misura delle pressioni, collegato alla camera isolata per la prova, con manometro tarato.
- Il contaltri dovrà essere tarato in situ prima di iniziare le prove, riempiendo un contenitore di volume noto e superiore a 100 litri.

Le perdite di carico nei tubi di adduzione, in assenza di un circuito indipendente di misura delle pressioni, saranno valutate in situ con il metodo di un tubo campione, posto orizzontalmente in superficie e collegato alla pompa con l'interposizione del manometro.

Si calcolerà la perdita di carico corrispondente alla portata Q come:

$$P_c = P/l$$



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
PIVA e C.F.: 00075830679
Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

SINCERT



dove:

- P_c = perdita di carico per metro lineare (MPa/m)
- P = pressione al manometro (MPa)
- l = lunghezza del tubo (m)
- La prova sarà ripetuta per almeno 3 diversi valori della portata Q ottenendo una curva $P_c=f(Q)$.

MODALITA' ESECUTIVE

Esistono due tipologie di prove:

- 1) *prova in avanzamento* con otturatore singolo (realizzata durante la fase di avanzamento della perforazione e utilizzata sempre nella presente campagna);
- 2) *prova in risalita* con otturatore doppio (eseguita a foro finito in risalita)

Nel corso della presente campagna di indagine sono state eseguite solo prove in avanzamento, la cui metodologia è di seguito illustrata.

PROVA IN AVANZAMENTO CON OTTURATORE SINGOLO

Per l'esecuzione di tale prova, l'otturatore sarà calato nel foro dopo avere misurato il livello di falda nel sondaggio con sondina piezometrica.

Il foro sarà privo di rivestimento; il fluido di perforazione sarà costituito da sola acqua priva di additivi.

L'otturatore sarà espanso fino ad isolare il tratto finale del foro per una lunghezza massima di 5m.

Si procederà ad iniettare acqua nel tratto di prova, eseguendo 3 o più gradini di pressione in salita e ripetendo gli stessi in discesa con intervalli di lettura di 2 minuti, misurando per ciascun gradino le portate assorbite che determinano la stabilizzazione dell'assorbimento raggiunto.

Ciascun gradino di portata (a regime) sarà mantenuto per almeno 20 minuti in salita e discesa.

La scelta del valore dei gradini di pressione dipenderà dal tipo di ammasso roccioso e dagli specifici obiettivi progettuali delle prove, a discrezione del committente.



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



Non si supereranno comunque valori massimi di 1MPa, eccetto nei casi di elevata resistenza meccanica della matrice rocciosa. In condizioni diverse è preferibile non superare pressioni di 0.3MPa in rocce poco resistenti e di 0.5MPa in rocce mediamente resistenti.

In condizioni di prova a scarsa profondità in rocce poco resistenti, si ammettono limiti massimi di pressione non superiori a 0.3MPa.

Durante l'esecuzione della prova si devono registrare per ogni gradino di pressione:

- il tempo e gli assorbimenti per arrivare a regime;
- il tempo e gli assorbimenti con portata a regime per letture effettuate ogni 2 minuti.

Si dovrà inoltre tracciare il grafico delle portate (l/min/m) in funzione delle pressioni in camera di iniezione (MPa), per ciascun gradino in andata e in ritorno.

La pressione (p) sarà quella corretta:

$$p = p_m + wh - p_c$$

dove:

- p_m = pressione letta al manometro;
- w = densità dell'acqua;
- h = distanza verticale tra il manometro ed il livello statico della falda;
- p_c = perdita di carico nel circuito.

DOCUMENTAZIONE

La documentazione relativa a ciascuna prova (nell'apposito allegato 4) comprenderà:

- informazioni generali con individuazione del sondaggio all'interno del quale è stata eseguita la prova;
- schema della geometria del foro, delle modalità di prova e posizione della cella filtrante;
- livello statico della falda;



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

Soneddile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)

ITALY

Tel: +39 0861 411432

Fax: +39 0861 411442

www.soneddile.com

info@soneddile.com

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

P.IVA e C.F.: 00075830679

Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

SINCERT



- tabulato delle letture di cantiere (tempi, portate, pressioni al manometro);
- grafico della pressione effettiva in camera di prova;
- assorbimento per ciascun gradino espresso in *Unità Lugeon UL (dove 1 UL = portata di 1 litro/min/m a 1 MPa)*.

3.6.4. PROVE PRESSIOMETRICHE E DILATOMETRICHE

Nell'ambito della campagna di indagini geognostiche, sono state effettuate **n°4** prove Pressiometriche per la caratterizzazione geotecnica dei materiali e **n°4** prove Dilatometriche per la caratterizzazione geomeccanica.

Tali prove sono state effettuate in tasche appositamente predisposte con diametro da 66mm per le prove Pressiometriche (MPT), e con diametro standard da 101 mm per quelle Dilatometriche (DRT).

Nell' allegato si riportano i certificati di ogni singola prova eseguita.

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.



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



Pressiometro da terra Apageo: Segelm matricola 573_produzione dicembre 1998 da 60 bar di lettura delle deformazioni in sensibilità normale (1-5 cmc)
Sonde pressiométrica: 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 200 bar

PROCEDURE DI RIFERIMENTO

Per la esecuzione delle prove dilatometriche/pressiométriche 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



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 :

$$p_1 = 1.7 p_1 - 0.7 \sigma_{HS} \approx 1.7 (P_1) + 545$$

avec :

σ_{HS} défini au paragraphe 4.2.2.

Cette expression résulte de la corrélation expérimentale :

$$p_1^* = 1.7 p_1^*$$

$$1.7 P_1 - 545 + 545 = 1.7 P_1 - 0.7 \sigma_{HS}$$

- 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 :

$$p_1 = - B/A + 1/ [A (V_s + 2 V_1)]$$

et

$$p_1 = 1.7 p_1 - 0.7 \sigma_{HS}$$

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

- un poids volumique γ de 18 kN/m³,
- 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 :

$$p_1^* = p_1 - \sigma_{HS}$$

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 décèler 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
δp	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 :

$$\sigma_{HS} = K_0 (\sigma_{vs} - u_s) + u_s$$

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_0 : 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.

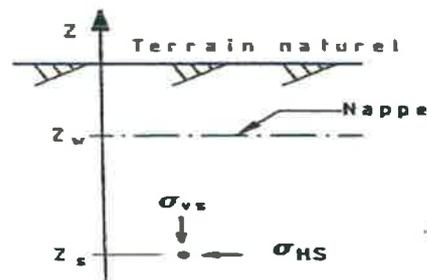


Figure 3 — Contraintes dans le sol avant essai

MODALITÀ' OPERATIVE

La prova pressiométrica MPM (o 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



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



pressione all'interno della cella di misura posta nella zona mediana della sonda pressiométrica, oppure 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) o di 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 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 pressiométriche/dilatometriche con estrema versatilità, dai terreni poco consistenti sino alle rocce compatte.



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



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:

Po) PRESSIONE INIZIALE P_o

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.



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



E) MODULO DI ELASTICITA' Ey

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

$$E = (1+\nu) P/d \text{ con: } - \nu :$$

- 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.

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:

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

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



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

Soneddile s.r.l. unipersonale
Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY
Tel: +39 0861 411432
Fax: +39 0861 411442

www.soneddile.com
info@soneddile.com

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

SINCERT



dilatazione della sonda pressiométrica uguale al raddoppio della cavità dopo l'inizio della fase pseudoelastica.

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

E $P'I$ (Pressione limite netta) = $PI - P_o$ (pressione iniziale campo pseudoelastico) Con:

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

v_o = volume di ricompressione 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 pressiométrica;

-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 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 pressiométrica 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:

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

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



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



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 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 da 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;



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.



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 .

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

Ogni 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.



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



Il modulo di deformabilità globale EG (prove DRT ovvero il modulo pressiometrico Em (prove MPT) rappresenta il modulo secante per tutto il tratto pseudoelastico di prima compressibilità mentre i moduli di elasticità E1, E2, ed E3 sono parametri calcolati nel tratto di scarico dei rispettivi cicli di isteresi.

Il modulo Ey significativo, per vari stati tensionali, è stato calcolato mediando i valori di Ei 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 Ey, 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.



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

Sonedille s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY

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

www.sonedille.com

info@sonedille.com

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

P.IVA e C.F.: 00075830679

Capitale Sociale: € 52.000,00 i.v.

SINCERT



3.7. STRUMENTAZIONE NEI FORI DI SONDAGGIO

Al termine delle perforazioni, come richiesto dalla D.L., sono stati installati Piezometri tipo Tubo Aperto e Casagrande, Inclinometri e tubazione per sismica Down Hole.

Di seguito vengono descritte la messa in opera e le caratteristiche di tali strumentazioni.

3.7.1. PIEZOMETRO TUBO APERTO NORTON

Questo tipo di piezometro è stato posizionato nel foro di perforazione dopo averlo accuratamente pulito eventuali detriti di perforazione.

Il piezometro è costituito da una batteria di tubi in PVC filettati alle estremità m/f, di diametro interno pari a 2" finestrato nel tratto in falda.

Il tratto di tubo chiuso è stato installato fino a profondità variabili da p.c., sia superficialmente che a fondo foro, mentre il tratto finestrato è stato installato nel mezzo dei due, come richiesto dalla D.L.

L'intercapedine fra tubo e parete del foro è stata riempita con ghiaietto arrotondato siliceo lavato (ϕ 1-4 mm) fino a risalire di 1.00 m dall'estremità superiore del tratto finestrato; il restante tratto è stato colmato con sabbia, bentonite e acqua.

La sommità del boccaforo è stata impermeabilizzata con malta cementizia per impedire l'infiltrazione d'acque superficiali.

Il terminale piezometrico è stato inserito in un pozzetto di cemento di protezione dotato di chiusino carrabile e coperchio con lucchetto.

3.7.2. PIEZOMETRI "CELLE DI CASAGRANDE"

Questo tipo di piezometro è stato posizionato nella perforazione dopo aver accuratamente pulito il foro dai detriti di perforazione.



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



Per ogni verticale strumentata con questo tipo di piezometro, sono state posizionate due celle Casagrande, allo scopo di capire se si fosse in presenza di due falde acquifere o se si trattasse di un' unica falda.

Questi piezometri sono costituiti da una cella porosa di materiale plastico con un diametro di 50 mm, collegata alla superficie da due tubicini rigidi in PVC del diametro di 15 mm ed uno spessore di 3 mm, giuntati tra loro da appositi manicotti.

La posa di questi piezometri è stata eseguita posizionando intorno alla cella uno strato di ghiaietto pulito (\varnothing 1-4 mm). La cella è stata isolata mediante il posizionamento alla base ed al tetto della ghiaia di uno strato di bentonite a palline.

Al di sopra dello strato isolante, il piezometro è stato riempito con miscela cementizia fino al piano campagna.

La sommità del boccaforo è stata impermeabilizzata con malta cementizia per impedire l'infiltrazione d'acque superficiali.

Per la corretta installazione della strumentazione, il foro è stato interamente intubato con rivestimento metallico 152mm.

Il terminale piezometrico è stato inserito in un pozzetto metallico di protezione, completo di chiusino di copertura e lucchetto di chiusura.

3.7.3. TUBI INCLINOMETRICI

Questo tipo di strumentazione, è costituita da una serie di tubi in alluminio nella cui sezione interna sono alloggiati quattro scanalature ortogonali che servono da guida per la sonda inclinometrica.

I tubi installati hanno una sezione interna pari a 76 mm ed una sezione esterna delle guide pari a 86 mm.

Tali tubi sono stati calati a fondo foro al termine della perforazione; le giunzioni tra i vari spezzoni di tubo sono assicurate da manicotti, di lunghezza pari 20 cm, con la seguente modalità:



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. 6 D.P.R. 248

Soneddile s.r.l. unipersonale

Viale Francesco Crispi, 17
64100 Teramo (TE)
ITALY

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

www.soneddile.com

info@soneddile.com

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

SINCERT



- inserire il manicotto del tubo per metà della sua lunghezza;
- praticare i fori per i rivetti (≥ 4 per ogni tubo) lungo generatrici equidistanti dalle guide e a circa 50mm dall'estremità del manicotto;
- mantenendo in posizione il manicotto mediante spine, introdurre l'altro tubo e forare; rimuovere il manicotto;
- infilare il primo tubo nel manicotto e chiodare con rivetti.

Una volta inseriti all'interno del foro, i tubi inclinometrici sono stati resi solidali al terreno circostante, tramite cementazione a bassa pressione realizzata con l'ausilio di un doppio tubicino di PVC semirigido calato insieme ai tubi inclinometrici fino a fondo foro.

La cementazione è stata eseguita pompando la miscela cementizia dal basso verso l'alto in modo da eliminare la presenza di acqua dall'intercapedine tubazione-terreno.

Per la corretta installazione della strumentazione, il foro è stato interamente intubato con rivestimento metallico ϕ 127mm.

3.7.4. TUBI IN PVC PER DOWN HOLE

Sono stati installati a fondo foro al termine della perforazione, tubi in PVC rigido aventi una sezione interna pari a 80mm ed uno spessore pari a 9mm.

Tali tubi sono filettati M/F alle estremità, senza l'uso del "bicchiere", in modo da mantenere inalterato lo spessore per tutta la lunghezza.

Una volta inseriti all'interno del foro, i tubi sono stati resi solidali al terreno circostante tramite cementazione a bassa pressione, realizzata con l'ausilio di un doppio tubicino di PVC semirigido calato insieme ai tubi in PVC fino a fondo foro.

La cementazione è stata eseguita pompando una miscela ternaria costituita da acqua/cemento/bentonite, dal basso verso l'alto in modo da eliminare la presenza d'acqua dall'intercapedine tubazione-terreno.