

CENTRO NAZIONALE DI ADROTERAPIA ONCOLOGICA IN PAVIA

PROVE GEOTECNICHE DI SITO E DI LABORATORIO

Prog. L001; Doc. RAT 105/2004

Redatto da:	Franco Ranzini e Giuseppe Angeloni	29/04/04
Rivisto e Approvato da:	Sergio Airolidi	

SOMMARIO

Il presente rapporto contiene i risultati delle attività svolte dall'ISMES Geo S.r.l. relative alle indagini geotecniche in sito ed in laboratorio eseguite per la caratterizzazione dei terreni nell'ambito del progetto per la realizzazione di un Centro di Adroterapia Oncologica nell'area di Pavia identificata nel Catasto al foglio n. 4 particelle 41-73-168-169-170-171-172-173.

LISTA DI DISTRIBUZIONE

Nominativo	Riferimento
	Fondazione CNAO via Caminadella, 16 20123 Milano

STORIA DELLE MODIFICHE

Data	Versione	Descrizione cambiamenti	Riferimento
Aprile 2004	00	Prima versione	

RIFERIMENTI

Documenti in ingresso

[1] Atto di Affidamento: Prot. 52 del 27/02/04

Documenti correlati

[1] Offerta ISMES GEO S.r.l. Prot. 315/2003 del 17/12/2003

INDICE

1.	GENERALITÀ	4
2.	Prove penetrometriche statiche con piezocono	5
2.1.	Descrizione delle attrezzature	5
2.2.	Modalità esecutive e restituzione dati	7
3.	Prove di laboratorio geotecnico	8
3.1.	Programma prove	8

ALLEGATI

1. GENERALITÀ

Il presente rapporto descrive le attività di campagna ed in laboratorio svolte e riassume i risultati ottenuti nell'esecuzione delle indagini geotecniche allo scopo di caratterizzare i terreni nell'ambito del progetto per la realizzazione di un Centro di Adroterapia Oncologica nell'area di Pavia

Le attività che sono state eseguite sono le seguenti:

- Esecuzione di n. 10 prove penetrometriche statiche con piezocono.
- Esecuzione di prove di laboratorio geotecnico.

Le attività penetrometriche sono state eseguite nel periodo dal 16 al 19 marzo 2004.

Le attività di laboratorio geotecnico sono iniziate dopo il ricevimento dei campioni avvenuto in data 23 marzo 2004 e successivamente in data 07 aprile 2004, e si sono protratte fino al 29 aprile 2004.

2. Prove penetrometriche statiche con piezocono

Sono state eseguite n. 10 prove penetrometriche statiche con piezocono come evidenziato nella seguente tabella.

Verticale n°	Data esecuzione gg/mm/aa	Prova penetrometrica	
		da m	a m
CPTU 01	16/03/04	0.00	31.36
CPTU 02	19/03/04	0.00	35.89
CPTU 03	17/03/04	0.00	30.62
CPTU 04	17/03/04	0.00	30.87
CPTU 05	17/03/04	0.00	37.51
CPTU 06	18/03/04	0.00	38.91
CPTU 07	16/03/04	0.00	35.28
CPTU 08	18/03/04	0.00	36.93
CPTU 09	16/03/04	0.00	35.34
CPTU 10	18/03/04	0.00	36.87

Nel corso di ciascuna verticale di prova sono stati misurati i valori di resistenza alla punta (q_c) e della resistenza laterale (f_s), oltre alla misura della sovrappressione interstiziale generata dall'avanzamento della punta (u).

Le verticali di indagine sono state individuate e materializzate in accordo con il Committente.

2.1. Descrizione delle attrezzature

È stato utilizzato un penetrometro statico da 200 kN montato su autotelaio Magirus Deutz a trazione integrale.

I principali componenti del penetrometro sono di seguito brevemente descritti:

Sistema di spinta

È composto da due pistoni idraulici collegati da una traversa sulla quale è fissata una morsa idraulica di spinta. Una seconda morsa idraulica posta inferiormente alla precedente ha funzione di freno. Un encoder provvede alla sincronizzazione ed alla registrazione della profondità di prova. La pressione idraulica massima sviluppata è di 25 Mpa, generata da una pompa idraulica, azionata a sua volta dal motore del veicolo. Sono state utilizzate aste in acciaio ad alto limite di snervamento, aventi un diametro di 36 mm, lunghezza di 1000 mm e filettatura conica di giunzione.

Attrezzatura di misura

L'attrezzatura di misura è composta da:

- Piezocono per la misura contemporanea e continua della resistenza alla punta “ q_c ”, della resistenza laterale “ f_s ”, della pressione interstiziale “ u ” e dell’inclinazione;
- cavo elettrico a 18 conduttori schermati;
- unità di acquisizione dati analogico digitale.

Piezocono

Il piezocono è costituito da un corpo cilindrico in acciaio ad alto limite di snervamento, dove l’elemento di misura si deforma proporzionalmente allo sforzo applicato; al suo interno sono alloggiato celle di carico estensimetriche per la misura della resistenza alla punta e dell’attrito laterale. La punta è dotata di due inclinometri nonoassiali, posti a 90° fra di loro, per la determinazione della deviazione dalla verticale. Nell’estensione cilindrica del cono è presente un filtro in acciaio sinterizzato che collega un trasduttore di pressione con l’esterno per la misura della pressione interstiziale “ u ”. Il filtro è stato preventivamente disaerato e saturato con olio al silicone.

Le dimensioni e la geometria della punta sono in accordo con le norme di standardizzazione europee.

Unità di acquisizione e registrazione dei dati

Il sistema è composto da un personal computer dotato di apposite schede per l’interfacciamento dei trasduttori di misura e software di acquisizione dedicato Ismes. I dati registrati in campagna vengono visualizzati mediante un registratore analogico a 4 canali. Un encoder provvede alla sincronizzazione tra avanzamento della punta e il sistema di acquisizione e registrazione.

Le principali caratteristiche di sensibilità del sistema sono di seguito riportate:

Trasduttore di resistenza alla punta:

- Campo di misura: 0÷50 Mpa
- Sovraccarico: 100 %
- Tensione di alimentazione: 5 V
- Sensibilità: 2.8 mV/V f.s.
- Isteresi / non linearità: 0.2 % f.s.
- Precisione: 0.5 % f.s.
- Campo di compensazione in temperatura: 0÷50 °C
- Errore di deriva termica dello zero: 0.5 % f.s.
- Errore di deriva termica della sensibilità: 0.05 % / °C
- Area di base: $10 \text{ cm}^2 \pm 0.03 \text{ cm}^2$

Trasduttore dell’attrito laterale:

- Campo di misura: 0÷1 Mpa
- Sovraccarico: 100 %
- Tensione di alimentazione: 5 V
- Sensibilità: 2.2 mV/V f.
- Isteresi / non linearità: 0.2 % f.s.
- Precisione: 0.5 % f.s.
- Campo di compensazione in temperatura: 0÷50 °C
- Errore di deriva termica dello zero: 0.5 % f.s.
- Errore di deriva termica della sensibilità: 0.05 % / °C
- Area del manicotto: $150 \text{ cm}^2 \pm 0.2 \text{ cm}^2$

Trasduttore della pressione interstiziale:

- Campo di misura: 0÷1.5 MPa
- Sovraccarico: 100 %

- Tensione di alimentazione: 5 V
- Sensibilità: 6.5 mV/V f.s.
- Isteresi / non linearità: 0.1 % f.s.
- Precisione: 0.5 % f.s.
- Campo di compensazione in temperatura: 0÷50 °C
- Errore di deriva termica dello zero: 0.4 % f.s.
- Errore di deriva termica della sensibilità: 0.02 % / C

Sensori inclinometrici

- Campo di misura: $\pm 15^\circ$
- Tensione di alimentazione: 5 V
- Sensibilità: 40 mV/V f.s.
- Isteresi e non linearità: 0.1 % f.s.
- Precisione: 2 % f.s. entro 15°

2.2. Modalità esecutive e restituzione dati

Le prove sono state eseguite in conformità alle normative standardizzate europee con velocità di avanzamento di 2 cm al secondo.

L'attrezzatura di misura ha permesso di ottenere, direttamente in cantiere, il grafico analogico e la registrazione digitale su supporto magnetico dei valori di resistenza del terreno, della pressione interstiziale e dell'inclinazione in funzione della profondità.

In particolare sono state misurate contemporaneamente le seguenti grandezze:

- resistenza alla punta " q_c ".
- resistenza laterale locale " f_s ".
- pressione interstiziale " u ".
- deviazione della punta dalla verticale.

Gli elaborati delle prove penetrometriche e delle dissipazioni sono riportati in Allegato "A".

3. Prove di laboratorio geotecnico

3.1. Programma prove

Le attività di laboratorio hanno interessato una serie di campioni indisturbati e di campioni rimaneggiati di terreno.

Le prove di laboratorio sono state eseguite con riferimento alle procedure tecniche interne, redatte sulla base delle norme ASTM ed AGI e tenendo conto degli sviluppi dello stato dell'arte.

Nella seguente tabella è riportato l'elenco dei campioni disponibili e delle prove su di essi effettuate.

Sond.	Camp.	Profondità (m)	DC ind	massa volumica	umidità	Granulometria	Aerometria	LLP	Edometro IL	TX UU	TX CIU	TX CID	Taglio Diretto	Taglio Tors. Ciclico
S1	CI1	10.50 - 11.00	1	1	1	2	2	1	1			3	3	
	CI2	12.00 - 12.50	1			1	1							
S2	CI1	29.00 - 29.50	1	1	1	1	1		1		2			1
	CI2	31.50 - 31.90	1	1										
	CI3	31.47 - 32.00	1	1	1	1								1
	CRE	27.70 - 28.00				1	1							
	CRF	31.90 - 32.20				1	1							
	CRG	38.00 - 38.30				1	1							
S3	CI1	9.20 - 9.70	1	1	1	1	1	1	1		3			
	CI2	31.50 - 31.80	1	1										
S4	CI1	19.50 - 20.00	1	1	1		1	1	1	1			3	
	CI2	31.50 - 32.00	1	1	1	1	1	1		1				
	CI3	34.50 - 35.00	1	1	1	1	1					3		
	CRE	22.70 - 23.00				1								
	CRF	25.70 - 26.00				1								
S5	CI1	12.00 - 12.50	1	1	1	1						3		1
	CI2	19.60 - 20.00	1	1	1	1	1		1	2				
	CI3	34.50 - 35.00	1	1	1	1	1		1				3	
S7	CI1	9.30 - 9.80	1	1	1	1	1							
	CI2	30.00 - 30.40	1	1	1	1	1			1				
	CI3	34.50 - 35.00	1	1	1	1	1		1			2		1
S10PZ	CI1	34.50 - 35.00	1	1	1	1	1			2		3		
	CI2	34.50 - 35.00	1	1	1	1	1					1		
S11	CI1	10.50 - 11.00	1	1	1	1	1		1		3			1
	CI2	12.00 - 12.50	1	1	1	1	1	1	1	3		3		
totale prove eseguite			20	19	17	23	20	5	9	10	8	18	9	5

Ogni prova di laboratorio è stata identificata con i seguenti termini:

- Committente: FONDAZIONE CNAO
- Cantiere: PAVIA
- Sondaggio: Codice di identificazione del sondaggio
- Campione: Codice di identificazione del campione
- Profondità: Profondità di prelievo dal piano campagna
- Prova: Sigla identificativa della prova.

Le prove richieste ed eseguite sono state finalizzate alla classificazione geotecnica dei terreni prelevati e alla determinazione delle caratteristiche di deformabilità, di resistenza al taglio in condizioni drenate e non drenate e per la caratterizzazione del comportamento dinamico dei terreni.

In particolare sono state eseguite le seguenti tipologie di prove:

- Apertura dei campioni e descrizione geotecnica secondo la Normativa AGI (Dc), analisi granulometriche per vagliatura e per sedimentazione (Gr), determinazioni di peso di volume umido (γ), determinazioni del contenuto d'acqua naturale (w), determinazioni dei limiti di Atterberg (LLP),
- Prova triassiale di tipo non consolidata non drenata (Tx UU).
- Prova triassiale di tipo consolidata isotropicamente rottura non drenata (Tx CIU).
- Prova triassiale di tipo consolidata isotropicamente rottura drenata (Tx CID).
- Prova di taglio eseguita nell'apparecchio di Casagrande (DSCK0D).
- Prove di consolidazione Edometrica ad incrementi di carico (EDOIL).
- Prove di taglio torsionale ciclico.

I certificati relativi alle prove eseguite sono riassunti nell'Allegato B.

Nota: Il presente rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del laboratorio di prova.

Allegato A

Prove penetrometriche statiche con piezocono

Allegato B

Prove di laboratorio geotecnico