

Dott. Massimo BELLISAI
geologo

Corso Mediterraneo, 69/14
10129 TORINO

Tel. 011-5097104 • Fax 011-9492377
Portatile 348-7484819
E-mail massimobellisai@yahoo.it

C.F. BLLMSM66H13L219F
P.IVA 08601460010



REGIONE PIEMONTE

Comune di TORINO

Provincia di TORINO

PROVE GEOTECNICHE DI SITO E DI LABORATORIO 2^a FASE - CERTIFICATI E RAPPORTO TECNICO -

il Cantiere dei Lavori:

COMUNE DI TORINO – SPINA 4

Lavori di:
Messa in Sicurezza Permanente AREA A
Torino – Via Valprato

la Committenza:

PERINO PIERO & C. s.n.c.

Via Losa, 54
10040 Robassomero (TO)

il Geologo Incaricato:

Dott. Massimo BELLISAI



Data **29 maggio 2008**

Relazione: **0801-02**

Revisione **01/2008**

Fase_2.doc

Comune di TORINO - Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina i	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

INDICE

1. PREMESSA	1
2. LE PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO.....	3
2.1 ANALISI GRANULOMETRICA (FRAZIONE > 0,075 MM).....	3
2.2 DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA.....	3
2.3 PROVA DI TAGLIO DIRETTO.....	4
2.4 PARAMETRI GEOTECNICI ASSUNTI.....	5
3. LE PROVE DI GEOTECNICHE DI SITO	6
3.1 LA PROVA DI CARICO SU PIASTRA	6
3.1.1 <i>Attrezzatura di prova</i>	6
3.1.2 <i>Caratteristiche del terreno di prova</i>	7
3.1.3 <i>Ubicazione delle prove</i>	7
3.1.4 <i>Modalità esecutive</i>	8
3.1.5 <i>Risultati delle prove</i>	9
3.1.5 <i>Parametri geotecnici assunti</i>	11
3.2 LA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PPDM	13
3.2.1 <i>Attrezzatura di prova e modalità esecutive</i>	14
3.2.2 <i>Correlazione con la prova SPT</i>	14
3.2.3 <i>Interpretazione dei risultati</i>	15
3.2.4 <i>Parametri geotecnici assunti</i>	15
4. CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI.....	17
5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	19

FIGURE (nel corpo del testo)

Figura 3-1 - Coefficienti di carico limite

TABELLE (nel corpo del testo)

Tabella 1 - Ubicazione delle prove di carico su piastra

Tabella 2 - Risultati delle prove di carico su piastra

Tabella 3 - Comportamento elasto-plastico del terreno indagato

Tabella 4 - Parametri geotecnici

ALLEGATI

Allegato 1 - Documentazione fotografica

Allegato 2 - Stralcio planimetrico dell'area con ubicazione indagini

Allegato 3 - Certificati prove geotecniche di laboratorio

Allegato 4 - Certificati prove di carico

Allegato 5 - Certificati prove penetrometriche

Comune di TORINO - Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 1	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

1. PREMESSA

Su richiesta del Comune di Torino, divisione Urbanistica ed Edilizia Privata (prot. 1601 del 24.04.2008), relativamente alla presente 2^a Fase di indagini, a far data dal giorno 17 aprile 2008, presso il cantiere dei lavori *SPINA 4* relativo alle opere di Messa in Sicurezza Permanente Area "A" (ritombamenti), sito nel territorio comunale di Torino, via Valprato, al fine di valutare le caratteristiche geotecniche, la portanza, l'omogeneità della stessa e l'avvenuta compattazione del terreno riportato, sono state eseguite le seguenti prove geotecniche di sito e di laboratorio:

- ✓ n. 4 prove di carico su piastra;
- ✓ n. 4 prove penetrometriche dinamiche tipo PPDM;
- ✓ n. 2 prelievi di campioni indisturbati tipo *shelby* per la successiva esecuzione di analisi di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche geotecniche del materiale:
 - n. 1 analisi granulometrica eseguita per via umida su campione medio
 - n. 2 determinazioni della massa volumica;
 - n. 2 determinazioni della coesione (**c**) e dell'angolo di attrito (ϕ') interno attraverso l'esecuzione di prove di taglio diretto in condizioni drenate

La determinazione della granulometria, della massa volumica e la prova di taglio diretto sono state eseguite su campioni indisturbati prelevati in data 16 maggio 2008 presso il cantiere dei lavori mediante l'infissione di una fustella cilindrica in acciaio⁽¹⁾ di diametro $\varnothing=101$ mm e lunghezza $L=900$ mm direttamente sul terreno riportato nel punto indicato dal Comune di Torino. La

¹ Tutti i parametri geotecnici determinati attraverso le prove di laboratorio condotte su campioni indisturbati risentono inevitabilmente dell'errore dovuto proprio al "disturbo" del campione in fase di prelievo e di estrusione, disturbo derivante dalla bassa coesione del terreno indagato.

Comune di TORINO - Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 2	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

fustella è stata successivamente paraffinata al fine di garantire le condizioni naturali di prelievo.

Analogamente, i punti di indagine attraverso l'esecuzione delle prove geotecniche di sito (prove penetrometriche dinamiche PPDM e prove di carico su piastra) sono stati indicati dal Comune di Torino.

I punti di prelievo di ogni campione indisturbato (C1, C2) e l'ubicazione delle prove penetrometriche e di carico su piastra sono graficamente riportati nello stralcio planimetrico di progetto in Allegato 2. La documentazione fotografica di cantiere relativa al prelievo dei campioni ed all'esecuzione delle prove geotecniche di sito è riportata in Allegato 1.

In particolare, con preciso riferimento alle prove di carico su piastra oggetto del presente rapporto tecnico, la divisione Urbanistica ed Edilizia Privata del Comune di Torino richiede espressamente il rispetto dei seguenti dettami tecnici:

- modulo di compressibilità **$M_e \geq 40 \text{ MPa}$** (circa 400 kg/cm²),
calcolato nei seguenti intervalli di carico
 - 50 kPa - 150 kPa
 - 150 kPa - 250 kPa
 - 250 kPa - 350 kPa

Con riferimento alla data di esecuzione delle prove, le operazioni di movimentazione terra e compattazione del terreno risultavano eseguite su tutte le superfici interessate dalle stesse.

Si redige il presente elaborato tecnico a seguito del conferimento di incarico da parte della società PERINO PIERO & C. s.n.c. con sede in Robassomero (TO), via Losa 54.

Comune di TORINO – Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 3	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

2. LE PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

In conformità ai dettami del C.S.A. e del Progetto Esecutivo, tutte le prove di laboratorio sono state eseguite in accordo alle normative nazionali (CNR) ed internazionali (UNI, AASHO, ASTM, BS). Sono altresì state utilizzate le "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di routine" edite dalla Commissione dell'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I.).

2.1 Analisi granulometrica (frazione > 0,075 mm)

La determinazione della granulometria del terreno analizzato viene eseguita mediante setacci della serie ASTM, diametro 200 mm, aventi aperture superiori a 0,075 mm.

Allo scopo di facilitare il passaggio delle particelle di terreno e la disgregazione dei grumi, le analisi granulometriche sono state eseguite per via umida immergendo il campione in acqua per alcune ore prima di ogni prova, dopo averlo essiccato in stufa per almeno 12 h alla temperatura di $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$.

La determinazione della granulometria è stata eseguita su un campione medio, a seguito di miscelazione e quartatura dei campioni C1 e C2.

La norma di riferimento utilizzata nella preparazione del campione e durante l'esecuzione della prova è la **ASTM E11**. Il certificato relativo è riportato in Allegato 3.

2.2 Determinazione della massa volumica

La determinazione della massa volumica (o densità) del terreno analizzato viene eseguita pesando un campione rappresentativo dello stesso di cui è noto il volume.

Comune di TORINO – Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 4	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

L'analisi è stata eseguita sul campione indisturbato in condizioni di contenuto d'acqua naturale caratteristico della data di prelievo in cantiere.

La norma di riferimento utilizzata nella preparazione del campione e durante l'esecuzione della prova è la **CNR 40-1973**. Il certificato relativo è riportato in Allegato 3.

2.3 Prova di taglio diretto

La determinazione della coesione (**c**) e dell'angolo di attrito (ϕ') interno del terreno analizzato viene eseguita attraverso la prova di taglio diretto.

Nella prova di taglio diretto un provino cilindrico di terreno è contenuto in una scatola costituita da due parti sovrapposte, separate lungo un piano orizzontale di scorrimento. In fase di prova, il provino di terreno viene sollecitato in condizioni di diversi carichi verticali assiali. Le caratteristiche di resistenza di un terreno si determinano portando a rottura almeno tre provini sottoposti quindi a stati di sollecitazione differenti.

Nella fase di rottura al provino viene applicata una compressione assiale mediante un pistone fino al raggiungimento del collasso. Durante questa fase all'interno del campione si produce sempre un incremento della pressione del fluido interstiziale; la fase di rottura avviene in condizioni drenate.

La norma di riferimento utilizzata nella preparazione del campione e durante l'esecuzione della prova è la **ASTM D 3080-72**. Il certificato relativo è riportato in Allegato 3.

Comune di TORINO – Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 6	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

3. LE PROVE DI GEOTECNICHE DI SITO

3.1 La prova di carico su piastra

La prova di carico su piastra consiste nel sovraccaricare per gradini successivi e regolari una piastra circolare rigida appoggiata sulla superficie del terreno in prova, misurando il cedimento corrispondente ad ogni gradino di carico.

Durante l'esecuzione della prova è stato fatto riferimento alla Norma Svizzera SNV 670317a (1981). La scelta di tale norma è dovuta a:

- la Norma Svizzera SNV 670317a è la normativa più diffusa in Italia nelle applicazioni geotecniche;
- è più completa della norma CNR (A.I. N. 9-1967) elaborata per le sovrastrutture stradali.

3.1.1 Attrezzatura di prova

Per la prova eseguita è stata impiegata l'attrezzatura descritta nella Norma Svizzera SNV 670317a, consistente in una piastra circolare metallica di area 700 cm² (diametro 298,5 mm) ed avente uno spessore di circa 20 mm.

Come sorgente di pressione, necessaria a trasmettere il carico alla piastra, è stato utilizzato un pistone collegato ad un martinetto idraulico e contrastato superiormente da un autocarro nelle condizioni di pieno carico.

La pressione esercitata è stata rilevata attraverso un manometro, mentre i cedimenti della piastra sono stati acquisiti attraverso 3 comparatori analogici aventi una risoluzione di 0,01 mm (documentazione fotografica in Allegato 1).

Comune di TORINO – Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 7	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

3.1.2 Caratteristiche del terreno di prova

Il piano delle prove risultava costituito dai riporti di terreno relativi ad ogni strato come da progetto; a seconda delle problematiche incontrate dall'Impresa, l'esecuzione delle prove ha quindi interessato:

- **terreno di riporto:** il piano di posa risultava costituito da terreno di riporto granulometricamente grossolano (ghiaia in matrice sabbiosa e sabbioso-limoso), movimentato e compattato al fine di soddisfare le caratteristiche geotecniche definite dal Progetto Esecutivo.

A seguito di un'indagine eseguita nel mese di febbraio 2008 sull'area in esame, l'assetto stratigrafico locale dell'area risultava costituito da un alternanza di terreni non coesivi granulometricamente grossolani (ghiaia e sabbia con ciottoli) di colore marrone e grigio, in alternanza a deboli livelli sabbioso-limosi in assenza di coesione.

3.1.3 Ubicazione delle prove

Sull'area relativa al cantiere dei lavori di cui al presente rapporto tecnico, in questa 2^a Fase sono state eseguite di n. 4 prove di carico su piastra sul terreno naturale e sul terreno riportato relativo al sottofondo delle future opere edili di costruzione. Il punto di esecuzione di ogni singola prova è stato definito dall'Impresa, così come indicato nello stralcio planimetrico di progetto riportato in Allegato 2.

In particolare, le prove sono state così ubicate:

Tabella 1: Ubicazione delle prove di carico su piastra

Data	Prova n.	Ubicazione	Matrice
17/04/08	1	Strato compattato Area Sud-Ovest a -1,5 m da p.c.	Terreno di riporto
	2	Strato compattato Area Sud a -2,0 m da p.c.	Terreno di riporto
30/04/08	1	Strato compattato -1,5 m da p.c.	Terreno di riporto
	2	Strato compattato -2,0 m da p.c.	Terreno di riporto

Comune di TORINO - Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 8	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

La documentazione fotografica delle prove eseguite è riportata in Allegato 1.

3.1.4 Modalità esecutive

Dopo avere scelto il punto di prova, la piastra è stata appoggiata sulla superficie del terreno precedentemente spianata e resa orizzontale con l'aggiunta di un sottile strato di sabbia, allo scopo di eliminare le microasperità superficiali, garantendo così una ottimale superficie di contatto piastra-terreno.

Sul bordo della piastra sono stati fissati, a mezzo di appositi supporti magnetici, 3 comparatori disposti a 120°, che sono stati collegati ad un telaio di riferimento solidale con il terreno.

Al centro della piastra è stato posizionato, tramite un apposito elemento snodato, il martinetto idraulico, con l'estremità superiore in diretto contatto con un autocarro avente la funzione di controbilanciare la spinta.

Completate le operazioni di approntamento dell'apparecchiatura, è stata impressa al martinetto una pressione iniziale di 20 kPa (pre-carico), azzerando successivamente i 3 comparatori micrometrici.

A questo punto, è stata impressa al martinetto la pressione relativa al primo gradino di carico, rilevando i cedimenti della piastra, ovvero i valori di deformazione del terreno espressi in mm, ogni 2 minuti. L'incremento di pressione relativo al gradino successivo è stato applicato quando la velocità di deformazione del terreno risultava minore di 0,05 mm in 2 minuti.

La rampa di carico utilizzata nel corso di tutte le prove è stata la seguente:

20 (pre-carico) - 50 - 100 - 150 - 250 - 350 - 450 - 50 [kPa]

In particolare, nell'esecuzione della prova n. 2 del 30/04/2008 (-2,0 m dal p.c.), sono stati eseguiti 2 ulteriori cicli di carico-scarico, utilizzando la rampa indicata precedentemente.

Comune di TORINO - Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 9	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

Il calcolo del Modulo di deformazione o di compressibilità M_e , è stato calcolato negli intervalli di carico 50÷150, 150÷250 e 250÷350 kPa, in accordo alla formula sotto riportata:

$$M_e \text{ [kPa]} = (\Delta p \text{ [kPa]} / \Delta s \text{ [mm]}) \cdot \phi \text{ piastra [mm]} = 30000 / \Delta s \text{ [mm]}$$

dove:

Δp = differenza di pressioni applicata

Δs = differenza di cedimenti massimi riscontrati relativamente alla differenza di pressioni applicata.

3.1.5 Risultati delle prove

Le prove sono state interpretate secondo le modalità sopraindicate, ed i certificati relativi ai dati raccolti in sito ed ai risultati sono allegati alla presente relazione (Allegato 4).

In accordo alla norma, l'intervallo considerato nel calcolo del modulo M_e è in relazione alla profondità di investigazione ovvero in rapporto alla tipologia dell'opera che interessa il substrato; nel caso in esame tale modulo è stato calcolato nei seguenti intervalli di carico:

- 50 kPa - 150 kPa
- 150 kPa - 250 kPa
- 250 kPa - 350 kPa

La Tabella 2 seguente riassume i valori dei cedimenti massimi riscontrati e del modulo di deformazione M_e calcolato.

Tabella 2: risultati delle prove di carico su piastra

Data	Prova n.	Cedimento totale mm	Modulo M_e MPa (50-150 kPa)	Modulo M_e MPa (150-250 kPa)	Modulo M_e MPa (250-350 kPa)
17/04/08	1	2,39	41	47	64
	2	2,80	32	49	55
30/04/08	1	2,94	43	42	42
	2	1,26	88	93	99

Comune di TORINO – Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 10	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

La prova n. 2 eseguita in data 30/04/2008 è stata oggetto di 2 ulteriori cicli di carico-scarico, allo scopo di valutare il comportamento elasto-plastico del terreno. Infatti, dalla curva pressione-cedimenti ottenuta, è possibile individuare oltre al cedimento totale **St** relativo al massimo carico, anche le quote corrispondenti alla componente elastica e alla componente plastica del terreno indagato. Tali quantità, indicate come **Se** e **Sp**, si ottengono dalla fase di scarico della prova, dove:

- **Sp** rappresenta la quota di cedimento permanente che non viene più recuperato dopo l'eliminazione del carico ed è quindi dovuto a fenomeni di plasticizzazione del terreno;
- **Se** dato dalla differenza ($St - Sp$), rappresenta invece la quota di cedimento recuperato e dipende da fenomeni esclusivamente elastici.

Tabella 3: comportamento elasto-plastico del terreno indagato

Ciclo n.	Cedimento totale St mm	Ritorno plastico Sp mm	Ritorno elastico Se mm
1	1,26	0,99	0,27
2	0,29	0,09	0,20
3	0,26	0,04	0,22

L'esame dei risultati permette di formulare le seguenti considerazioni:

- con preciso riferimento alla prova n. 2 eseguita in data 17 aprile, il solo valore di Me calcolato nell'intervallo di carico 50-150 kPa risulta di poco inferiore rispetto a quanto richiesto dal C.S.A., dimostrando comunque un grado di compattazione accettabile; la zona è stata oggetto di ulteriore compattazione;
- tutti gli altri valori relativi al Modulo di Compressibilità Me risultano conformi ai requisiti di capitolato, dimostrando l'avvenuta compattazione del terreno riportato;

Comune di TORINO – Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 11	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

- tutti i valori di cedimento rilevati durante l'esecuzione delle prove hanno comunque dimostrato una buona omogeneità di portanza delle aree investigate;
- il comportamento elastico del terreno rimane praticamente costante per ogni ciclo di carico-scarico applicato.

3.1.5 Parametri geotecnici assunti

Attraverso le prove di carico su piastra è possibile, in via empirica, determinare l'angolo di attrito interno ϕ' ed i coefficienti di carico limite (Peck, Hansen e Thornburn, 1953).

Relativamente alla totalità delle prove di carico eseguite, il terreno indagato non ha mai raggiunto la rottura nell'ambito delle pressioni massime applicate. Conseguentemente, in via cautelativa è possibile ipotizzare come valore di 450 kPa (pressione massima applicata), la pressione di rottura del terreno indagato.

Ai fini della determinazione del carico limite, l'angolo di attrito interno ϕ' ed i coefficienti di carico limite vengono individuati ipotizzando la piastra al pari di una fondazione circolare; attraverso la teoria di Hansen (1966) per fondazioni circolari, viene soddisfatta la seguente identità:

$$(\Delta q_s)_b = (0,6) \gamma D N_\gamma + \gamma d N_q \text{ [kPa]} \quad (1)$$

dove:

- $(\Delta q_s)_b$ = capacità portante intesa come carico limite
 γ = peso di volume del terreno sotto il piano di fondazione
 D = diametro della fondazione
 d = profondità del piano di posa delle fondazioni
 $N_\gamma N_q$ = coefficienti di carico limite dipendenti da ϕ' (Hansen, 1953)

Ipotizzando quindi come 450 kPa la pressione di rottura del terreno indagato a seguito delle prove su piastra con diametro $\Phi=300$ mm e

Comune di TORINO – Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 12	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

considerando una profondità di imposta coincidente con la futura profondità reale di fondazione, in base anche alle analisi di laboratorio:

$$\begin{aligned}(\Delta q_s)_b &= 450 \text{ kPa} \\ \gamma &= 18,0 \text{ kN/m}^3 \text{ } ^{(3)} \\ D &= 0,3 \text{ m} \\ d &= 1,0 \text{ m}\end{aligned}$$

si ottiene dalla (1):

$$450 \text{ kPa} = 0,6 \cdot \frac{1}{2} \cdot 18,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,3 \text{ m} \cdot N_\gamma + 18,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,0 \text{ m} \cdot N_q =$$

$$450 = 1,62 \cdot N_\gamma + 18,0 \cdot N_q$$

a cui corrispondono, procedendo per tentativi in base alla Figura 3-1 seguente, i seguenti coefficienti:

$$N_\gamma = 20$$

$$N_q = 21$$

$$\phi' = 33^\circ$$

I coefficienti così ottenuti sono stati calcolati in condizioni estremamente cautelative in quanto, si ricorda, le prove di carico su piastra non hanno portato il terreno in condizioni di rottura, per cui sia il valore dell'angolo di attrito interno che i coefficienti di carico limite potrebbero risultare come sottostimati.

³ peso di volume medio tra quelli determinati in laboratorio sui campioni C1 e C2

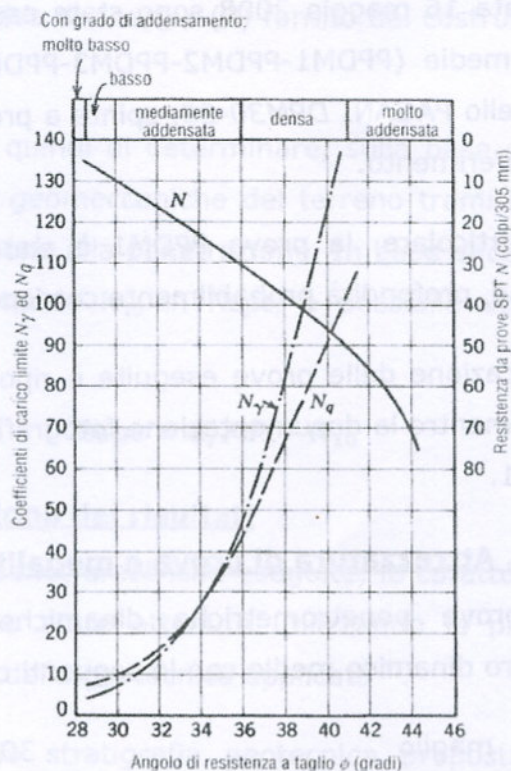


Figura 3-1: Coefficienti di carico limite
(da Peck, Hansen e Thornburn, 1953)

3.2 La prova penetrometrica dinamica PPDM

La prova dinamica effettuata (PPDM) consiste nel misurare il numero di colpi di maglio necessari per un avanzamento di 0,2 m di una punta sottoposta, per tramite di un treno di aste, ad un'energia di battuta.

La prova è stata realizzata secondo lo standard francese verificando lo sforzo di penetrazione delle aste in assenza di un significativo attrito parassita con la conseguenza di una minima energia dissipata lateralmente.

Le indagini forniscono informazioni con cui ricavare empiricamente i parametri geotecnici del sottosuolo (anche tramite correlazione con prove SPT e CPT).

Comune di TORINO – Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 14	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

In data 16 maggio 2008 sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche dinamiche medie (PPDM1-PPDM2-PPDM3-PPDM4), realizzate con penetrometro medio modello PAGANI DPM30-20, spinte a profondità comprese tra 3,2 e 6,0 m dal p.c. di riferimento.

In particolare, la prova PPDM1 è stata approfondita fino al rifiuto alla penetrazione, profondità probabilmente corrispondente allo strato di base.

L'ubicazione delle prove eseguite è riportata nello stralcio planimetrico di Allegato 2, mentre la documentazione fotografica delle prove eseguite è riportata in Allegato 1.

3.2.1 Attrezzatura di prova e modalità esecutive

Le prove penetrometriche dinamiche sono state eseguite con un penetrometro dinamico medio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- maglio 30 kg
- altezza di caduta 0,20 m
- area della punta 10 cm²
- angolo di apertura 60°
- peso asta 2,4 kg/m
- penetrazione standard 10 cm (N₁₀)

La prova consiste nel far cadere un maglio, del peso di 30 kg, da un'altezza di 200 mm su una testa di battuta localizzata alla sommità della batteria di aste alla cui estremità è posta una punta a perdere conica con angolo di apertura di 60°. Il numero di colpi per ottenere la penetrazione della punta nel terreno di 10 cm è assunto come indice della resistenza alla penetrazione.

3.2.2 Correlazione con la prova SPT

Il rapporto tra l'energia specifica per colpo N₁₀ del penetrometro utilizzato con quella sviluppata nella prova SPT standard (Q_{spt}=783 Kg/cm²) fornisce un coefficiente teorico di energia dato dal rapporto Q_{ppdm}/Q_{spt}.

Comune di TORINO - Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 15	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

Il coefficiente effettivo di energia (β) fornito dal costruttore e utilizzato per la correlazione è di 0,761.

La prova consente quindi di determinare, sulla base di dati di letteratura tecnica, le caratteristiche geomeccaniche del terreno tramite correlazioni con la resistenza che questo oppone alla penetrazione. In base al coefficiente di energia sopra specificato, convertendo N_{10} in N_{spt} , è possibile utilizzare la seguente relazione:

$$N_{spt} = 0,761 \cdot N_{10}$$

3.2.3 Interpretazione dei risultati

In base alle prove penetrometriche eseguite, le caratteristiche geotecniche del terreno indagato sono state ottenute utilizzando le principali correlazioni empiriche note nel campo della geotecnica applicata⁽⁴⁾.

In particolare, nella stratigrafia geotecnica proposta come successivo sviluppo, i parametri geotecnici vengono considerati come indispensabili nella progettazione, scelti in maniera critica attraverso il raggruppamento ragionato dei valori mediani. Il terreno di riporto indagato è stato quindi considerato come unico strato omogeneo ad uguale resistenza alla penetrazione e capacità di carico.

I certificati relativi alle prove penetrometriche eseguite sono allegati in Allegato 5.

3.2.4 Parametri geotecnici assunti

Dalle indagini di superficie e sulla base dei dati emersi dall'elaborazione statistica delle 4 prove penetrometriche PPDM eseguite, opportunamente

⁴ Gibbs H.J., Holtz W.G. (1957): "Research on Determining the Density of Sand by Spoon Penetration Testing"; Proc. VI ICSMFE, London.

Schmertmann J.H. (1977): "Interpreting the Dynamics of Standard Penetration Test"; University of Florida.

Comune di TORINO – Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 16	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

correlate con i relativi N_{spt} , è stata eseguita una stima dei parametri geotecnici relativi al sottosuolo indagato⁽⁵⁾.

Nel calcolo eseguito per la valutazione del valore medio di N_{10} , non sono stati considerati i valori puntuali più elevati, correlabili con la presenza di ciottoli e/o materiali grossolani.

L'area in studio è quindi caratterizzata dalla seguente caratterizzazione litotecnica:

Profondità di indagine	p.c. ÷ -6,0 m
Numero di colpi medio	$N_{spt} = 27$
Peso di volume umido	$\gamma = 20,1 \text{ KN/m}^3$
Peso di volume secco	$\gamma = 16,6 \text{ KN/m}^3$
Densità relativa media	$D_R = 65\%$
Coesione	$c = 0$
Angolo di attrito interno picco	$\phi'_p = 35^\circ$

⁵ Si veda anche: Terzaghi e Peck (1948,1967), Peck e Hanson (1953,1974), D`Appollonia (1970), Bowles (1982)

Comune di TORINO - Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 17	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

4. CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI

Allo stato di fatto, relativamente a questa 2^a Fase di indagini, il materiale di riporto oggetto di indagine risulta costituito da terreno granulometricamente grossolano ed eterogeneo, praticamente privo di coesione anche a causa della bassa percentuale di frazione fine (la frazione passante al setaccio 0,075 mm risulta essere pari a circa 16%).

La bassa (praticamente nulla) coesione del terreno indagato ha richiesto la parziale ricostruzione del campione per le prove di taglio, imponendo l'eliminazione della frazione più grossolana passante al setaccio 3/8" (10 mm). Alla luce di questo, i risultati ottenuti possono quindi essere considerati come maggiormente cautelativi.

Oltremodo, sempre in via cautelativa, il valore di ϕ da considerare in fase di progettazione dovrebbe essere ridotto di 2° rispetto al valore determinato con le prove di laboratorio eseguite (taglio diretto). In accordo alla bibliografia tecnica sull'argomento, tenendo conto dei possibili errori sperimentali nella determinazione di tale valore, sembra infatti che ϕ determinato dalle prove di taglio diretto sia in genere maggiore di circa 2° rispetto al valore ottenuto da prove triassiali, in particolare per sabbie addensate. Si rammenta in questo contesto che, nella prova di taglio diretto, il piano orizzontale della scatola di taglio viene imposto come coincidente con il piano di rottura teorico del provino; questo invece non avviene nella prova in cella triassiale⁽⁶⁾.

Le caratteristiche geotecniche ricavate dalle indagini di sito (prove di carico su piastra e prove penetrometriche) sono state invece ottenute mediante metodologie empiriche note in bibliografia tecnica.

In una visione di insieme, se si osservano i dati ottenuti da tutte le prove eseguite (sia di laboratorio che di sito), è possibile riscontrare una forte

⁶ Taylor D.W. "A comparison of results of direct shear and cylindrical compression tests". Proc. ASTM, 1939

Comune di TORINO – Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 18	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

omogeneità dei risultati, fermo restando le considerazioni di carattere tecnico sopra esposte.

In base ai risultati ottenuti e valutando ogni metodologia interpretativa, nella tabella seguente sono quindi stati sintetizzati i parametri geotecnici caratteristici del terreno indagato, quali parametri mediati dall'interpretazione dalle indagini eseguite. **Questi valori devono pertanto essere utilizzati dal progettista delle strutture per i relativi calcoli di interazione terreno-struttura.**

Tabella 4: parametri geotecnici

Litotipo [-]	Prof. dal p.c. [m]	Peso di volume secco [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ'_p [°]	N _{SPT} medio [colpi/30 cm]
ghiaia limosa con sabbia	0,00 – 0,60	18,0	0	33	27

Si tenga presente che nei calcoli per la valutazione della capacità portante limite dei terreni sarebbe opportuno adottare un valore di resistenza al taglio drenata intermedio tra quello di picco ϕ'_p e quello residuo ϕ'_r (Lancellotta, 1979), pari all'angolo "a volume costante" ϕ'_{cv} .

Infatti, l'angolo di resistenza al taglio per grandi deformazioni ϕ'_{cv} rappresenta il minimo angolo di resistenza al taglio che il materiale può raggiungere in presenza di grandi spostamenti.

Comune di TORINO - Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 19	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Su conferimento d'incarico della società PERINO PIERO & C. s.n.c. con sede in Robassomero (TO), via Losa 54, relativamente alla presente 2^a Fase di indagini, a far data dal giorno 17 aprile 2008 sono state eseguite presso il Cantiere dei Lavori alcune prove geotecniche di sito. Inoltre, il terreno indagato è stato oggetto di prelievo di alcuni campioni indisturbati per le successive prove geotecniche di laboratorio.

Tutte le indagini sono state eseguite presso il cantiere dei lavori SPINA 4 relativo alle opere di Messa in Sicurezza Permanente Area "A" (ritombamenti), sito nel territorio comunale di Torino, via Valprato.

L'elaborazione dei risultati dell'indagine, dei rilievi in sito e delle ricerche bibliografiche evidenziano quanto segue:

- i dati ottenuti da tutte le prove eseguite (sia di laboratorio che di sito) sono risultati alquanto omogenei;
- i moduli di deformazione M_e calcolati sulla base delle prove di carico su piastra eseguite dimostrano una buona omogeneità di portanza dell'area investigata ed un buon grado di compattazione del terreno di riporto, soventemente in accordo ai dettami di Capitolato;
- i parametri geotecnici evidenziano un peso di volume secco pari a $18,0 \text{ kN/m}^3$, una coesione nulla ed un angolo di attrito interno ϕ'_p pari a 33°

Per quanto riguarda i fronti temporanei di scavo per la costruzione delle opere fondazionali e/o dei manufatti, non è possibile generalizzare circa le loro condizioni di stabilità. E' fondamentale tenere conto che nei terreni di riporto indagati presso l'area oggetto di studio si ha una coesione praticamente nulla,

Comune di TORINO - Via Valprato Messa Sicurezza Permanente Area A	Pagina 20	PERINO PIERO & C. s.n.c.
Documento 0801-02 Prove geotecniche di sito e laboratorio		Maggio 2008

con conseguenti possibili situazioni di **stabilità precaria, passante ad instabilità** nel caso di presenza di acqua nel terreno (eventi meteorologici, ...).

Considerando che lo scavo interesserà terreni non coesivi e variamente addensati, le pareti di tutti gli scavi di profondità superiori a 1,5 m **dovranno essere adeguatamente protette mediante armature in parete, strutture di sostegno provvisionali oppure idonee sbadacchiature di pendenza adeguata.**

Torino, maggio 2008

Il tecnico incaricato



[Handwritten signature]

Dott. Massimo Bellisai