POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

INDAGINI GEOFISICHE PER LA CARATTERIZZAZIONEDELSOTTOSUOLO INTERESSATO DALLA COSTRUENDAMETROPOLITANA DI TORINO

Original
INDAGINI GEOFISICHE PER LA CARATTERIZZAZIONEDELSOTTOSUOLO INTERESSATO DALLA COSTRUENDAMETROPOLITANA DI TORINO / Sambuelli, Luigi; Strobbia, Claudio Luciano; Crova, R.. - ELETTRONICO. - 1:(2003), pp. 1-4. (Intervento presentato al convegno XXII CONVEGNO NAZIONALE GNGTS tenutosi a ROMA nel 18/11 - 20-11/2003).

Availability:
This version is available at: 11583/1417584 since:

Publisher:
CNR

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

12 October 2024

R. Crova [(1)], C. Strobbia [(2)] e L. Sambuelli [(2)]

[(1)] GTT Gruppo Torinese Trasporti
[(2)] Dipartimento di Georisorse e Territorio, Politecnico di Torino

INDAGINI GEOFISICHE PER LA CARATTERIZZAZIONEDEL SOTTOSUOLO INTERESSATO DALLA COSTRUENDA METROPOLITANA DI TORINO

Il segmento di metropolitana che si è studiato consiste nella cosiddetta “Prima tratta” che si estende dal Comune di Collegno (Deposito) alla Stazione di Torino Porta Nuova per complessivi 9600 m, con una distanza media tra le stazioni di 600 m. Lo scavo delle gallerie di linea è effettuato per mezzo di tre TBM (Tunnel Boring Machine). Attualmente sono in funzione due macchine Lovat con diametro dello scudo di 7.82 m, potenza di taglio 2.1 MW e spinta pari a 74.5 MN che scavano a circa 16m di profondità ad una velocità media di circa 10 m al giorno. Lo scavo si svolge per la maggior parte della tratta sopra falda in depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani costituiti da ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa. All’interno di queste formazioni sono presenti notevoli eterogeneità sia verticali sia laterali che hanno portato a definire quattro tipologie di terreno sinteticamente descritte nella Tab. 1.

Tab. 1 - Caratteristiche geotecniche delle tipologie di terreno.

Unità e descrizione	(kN/m^3)	E (Mpa)	(°)	C (kPa)	$_0$ (MPa)
Terreno superficiale (riporto e/o limo sabbioso argilloso)	17 -19	10 - 20	30 - 35	0	-
Ghiaie e sabbie da sciolte a debolmente cementate	18 - 21	150 - 170	35 - 37	0 - 15	0.15 - 0.3
Ghiaie e sabbie con cementazione da debole a media	19 - 22	170 - 200	35 - 40	10 - 40	0.15 - 0.3
Ghiaie e sabbie con cementazione da media ad elevata	19 - 22	200 - 260	35 - 47	25 - 120	0.15 - 0.3

L’eterogeneità spaziali delle litologie presenti ed il loro sostanzialmente diverso comportamento meccanico possono essere fonte sia di alcuni problemi in fase di scavo, sia di difficoltà nella previsione di eventuali subsidenze. Da qui la opportunità di stimare, oltre a quanto già stato fatto in fase di progetto, in alcuni punti particolari del percorso, le caratteristiche dei terreni interessati dallo scavo (Luna e Jadi, 2000) ed individuare le eterogeneità presenti.

Le indagini geofisiche intendono da un lato contribuire alla caratterizzazione geotecnica dei materiali per stimare, in condizioni indisturbate a grande scala, le caratteristiche delle formazioni presenti con particolare interesse verso la cementazione; d’altra parte di grande interesse è anche la caratterizzazione in chiave

dinamica del sottosuolo, dal punto di vista della velocità e dell'attenuazione, per la messa a punto di modelli previsionali delle vibrazioni indotte dallo scavo.

Sono stati quindi selezionati cinque siti lungo il tracciato dell'opera, considerando le informazioni preesistenti per indagare le diverse unità litotecniche.

La scelta delle tecniche impiegate è stata anche condizionata dai limiti legati all'ambito urbano: presenza di pavimentazione stradale e di numerosi sottoservizi, elevati livelli di rumore sismico ed elettromagnetico, dimensioni limitate per gli stendimenti di misura. Sono state sperimentate tomografie elettriche di resistività, sezioni bidimensionali GPR, sismica a rifrazione per onde P, sismica per onde superficiali. Obiettivo delle indagini elettriche è la caratterizzazione geometrica delle unità: la presenza di sottoservizi, in particolare elementi metallici conduttivi produce delle distorsioni delle immagini di resistività, che sono difficilmente eliminabili e rendono poco efficace la tomografia elettrica alla scala di interesse.

Le caratteristiche dei primi metri di terreno, estremamente variabili e spesso costituiti da materiali di riporto o fortemente rimaneggiati, limitano drammaticamente la profondità di indagine del radar: le profondità raggiunte, con antenne da 100 a 500 MHz, sono variabili da 2 a 5 metri, comunque insufficienti per gli obiettivi posti.

Le indagini sismiche sono state ottimizzate per raggiungere le profondità di interesse con una adeguata risoluzione, limitando gli effetti del rumore e delle diffuse pavimentazioni stradali in conglomerato bituminoso e lastricato. La sismica a rifrazione è stata acquisita con stendimenti di 24 geofoni verticali appoggiati sulla pavimentazione con basette e una mazza da 5 kg come sorgente: la natura speditiva delle indagini ha consentito una acquisizione con soli tre scoppi per una interpretazione semplificata. La presenza di pavimentazione ed elevato rumore sismico non ha pregiudicato la qualità dei dati acquisiti, consentendo di individuare le caratteristiche delle formazioni. Le indagini per onde superficiali con approccio multicanale hanno utilizzato dati acquisiti sugli stessi stendimenti: i sismogrammi adeguatamente campionati sono stati trasformati in dominio f-k, dove le onde di Rayleigh sono state identificate e le caratteristiche dispersive stimate in termini di velocità di fase in funzione della frequenza. Le curve di dispersione sono state invertite per la determinazione dei profili della velocità delle onde di taglio.

Gli stessi dati sono stati elaborati anche per una stima delle caratteristiche dissipative dei materiali: sono state ottenute una stima dell'attenuazione globale con la distanza delle velocità di vibrazione e sono state stimate le curve di Damping in funzione della frequenza.

Le misure di vibrazioni hanno avuto lo scopo di valutare il possibile disturbo alle strutture esistenti derivato dallo scavo e di verificare, con i dati di energia registrati alla TBM (Fig. 2), le stime di attenuazione dei terreni ottenute con misure per onde superficiali. Le misure sono state effettuate con un vibrometro triassiale MR 2002-16CE della GEOCOMP con frequenza di campionamento di 800 S/s, fondo scala +-114 mm/s e 16bit di dinamica. In accordo con la scarsa letteratura sulle vibrazioni prodotte da TBM sono stati trovati valori massimi molto ridotti (circa 0,015 mm/s) in una banda di frequenza da 10 a 50 Hz registrando a circa 15 m sulla verticale della testa di scavo.

L'elaborazione dei dati raccolti con le misure sismiche ha permesso di definire nei vari siti esaminati le principali caratteristiche geotecniche dinamiche dei terreni fino ad una profondità stimata di 10-12 m (Tab. 2).

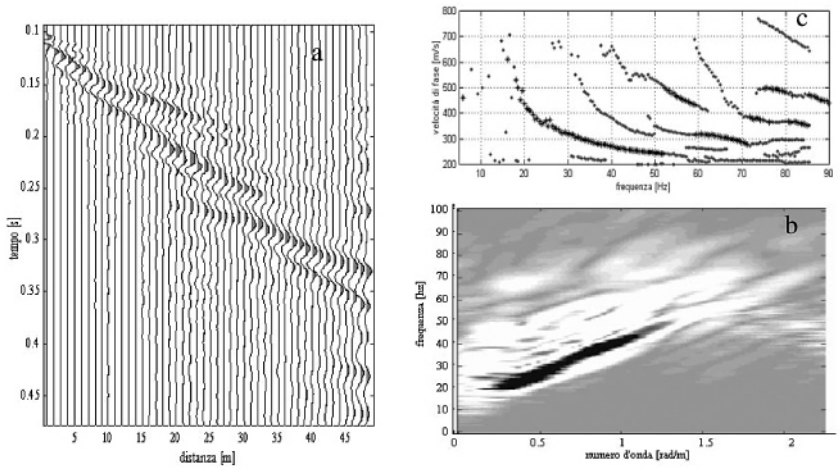

Fig. 1 - Sismogramma (a), spettro f-k (b), curve modali calcolate e sperimentali (c).

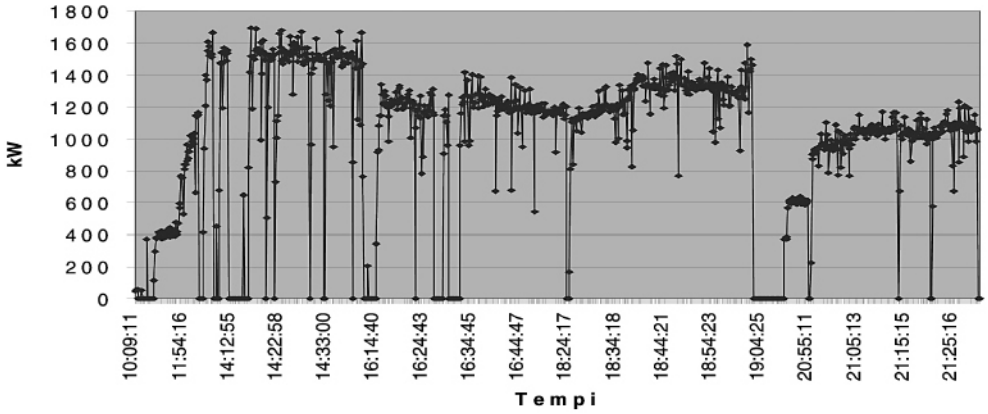

Fig. 2 - Esempio di registrazione della potenza alla testa di scavo.

Tab. 2 - Caratteristiche geofisiche e geotecniche dinamiche nei siti studiati.

Sito	Strato	Z top [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	densità [t/m^3]	Poisson	E [MPa]	G [MPa]
1	Strato superiore	0.5	650	340	1.6	0.31	485	185
1	Strato inferiore	5	1350	750	1.8	0.28	2585	1013
2	Strato superficiale		670	310	1.6	0.36	419	154
2	Strato intermedio	2.5	990	460	1.8	0.36	1038	381
2	Strato inferiore	7.5	1700	650	2	0.414	2390	845
3	Strato superiore		500	240	1.6	0.35	249	92
3	Strato inferiore	5.5	1150	550	1.8	0.35	1472	545
4	Strato superficiale		500	230	1.6	0.37	231	85
4	Strato intermedio	3	790	370	1.8	0.36	670	246
4	Strato inferiore	9	1700	670	2	0.41	2528	898

Si sono anche stimati i valori del fattore di damping D in 4 bande di frequenza comprese tra 10-50 Hz (Tab. 3), al fine di provare a prevedere l'entità delle vibrazioni prodotto dallo scavo supposta costante la sorgente (la TBM).

Tab. 3 - Caratteristiche di attenuazione (Damping) nei siti studiati.

Sito	10 Hz – 20 Hz	20 Hz – 30 Hz	30 Hz – 40 Hz	40 Hz – 50 Hz
1	-	0.01	0.03 – 0.05	0.03 – 0.04
2	0 – 0.02	0 – 0.02	0 – 0.02	0.01 – 0.03
4	-	0.005	0.01 – 0.02	0.02 – 0.04
5	-	0 – 0.02	0 – 0.03	0.02 – 0.04

Ringraziamenti. Si ringrazia per le autorizzazioni all'accesso ai cantieri la GTT; per la collaborazione in fase di raccolta ed elaborazione dati: Elisa Carantoni, Giuseppe Vaira, Andrea Dall'Ara, Gianluca De Bacco, Stefano Festa, Emanuele Bena.

BIBLIOGRAFIA

Luna, R. and H. Jadi, 2000:"Determination of Dynamic Soil Properties Using Geophysical Methods," Proceedings of the First International Conference on the Application of Geophysical and NDT Methodologies to Transportation Facilities and Infrastructure, St. Louis, MO.