

STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI S.R.L.

CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.

VIA MINCIO, 22 - C.A.P. 20139 **MILANO** TEL. 02.5393977 - FAX 02.5392262

e-mail: studiocelotti@tiscalinet.it

INDAGINI GEOGNOSTICHE - PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE - RICERCHE IDROLOGICHE AMBIENTALI
STRUMENTAZIONI GEOTECNICHE - RILIEVI TOPOGRAFICI - PROSPEZIONI GEOFISICHE GEOELETTICHE

———— C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO - COD. FISC. - PART. IVA 05092310969 - SOA 8904/10/00 CAT. OS21 CL. II ————

Maggio 2006

Milano.....

5602

Prot. N.....

MSC ASSOCIATI S.r.l.

Via Cialdini n. 37

MILANO

PROSPEZIONE SISMICA DOWN HOLE



STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI S.R.L. - VIA MINCIO, 22 - C.A.P. 20139 MILANO

CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.

———— C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO - COD. FISC. - PART. IVA 05092310969 - SOA 8904/10/00 CAT. OS21 CL. II ————

INDICE

1 - PREMESSA	2
2 - INDAGINI EFFETTUATE.....	2
3 - METODOLOGIA SISMICA DOWN-HOLE	3
4 - CORRELAZIONE TRA LE VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE E I PARAMETRI ELASTICI E GEOMECCANICI.....	5
5 - STRUMENTAZIONE ed ELABORAZIONE DEI DATI	9
6 - RISULTATI	10

ALLEGATI

Tabelle e grafici Down Hole



1 – PREMESSA

Il giorno 11 maggio 2006, sono state eseguite delle prospezioni geofisiche del tipo Down hole in sondaggi geognostici e geotecnici realizzati nei terreni interessati dal Complesso edilizio Garibaldi Repubblica in comune di Milano, su incarico della società MSC ASSOCIATI S.r.l.

Lo scopo di queste indagini era valutare la risposta sismica del suolo oggetto di studio ai fini della ricostruzione dei parametri meccanici ed elastici del terreno.

A tale fine, le indagini geofisiche realizzate si sono avvalse di prove di caratterizzazione basate sulla propagazione di onde sismiche rifratte P ed SH misurate in fori di sondaggio appositamente predisposti.

Gli andamenti rilevati sono visibili sugli elaborati grafici allegati.

Nella presente relazione vengono riportati i risultati ottenuti dalla indagini eseguite.

2 – INDAGINI EFFETTUATE

L'ubicazione delle indagini eseguite è legata alle caratteristiche dell'intervento in progetto.

Di seguito il dettaglio delle prove:

Nome sezione	lunghezza (m)	passo geofoni	nr. Geofoni
A	50	1	3
B	50	1	3

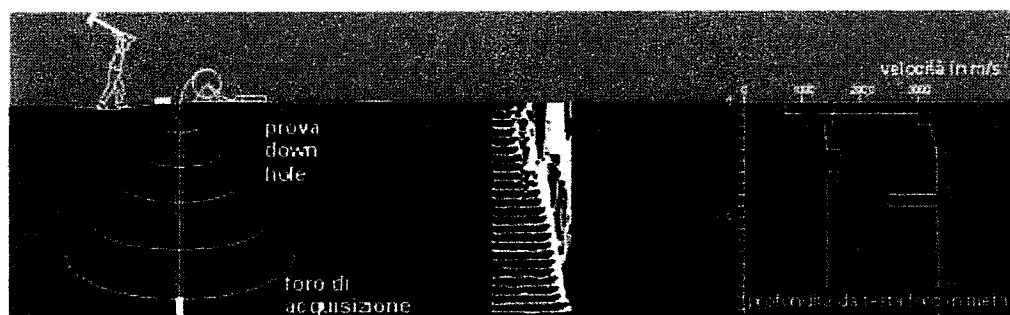


3 - METODOLOGIA SISMICA DOWN-HOLE

Le prove sismiche Down-Hole vengono eseguite con lo scopo di misurare la velocità delle onde sismiche dirette che si propagano dalla superficie nel terreno in profondità.

Il terreno viene energizzato in superficie, in prossimità di testa foro, e la registrazione avviene in foro grazie ad un geofono triassiale ancorato a profondità via via crescenti

Le onde sismiche possono essere generate energizzando il terreno in direzione verticale oppure in direzione trasversale (parallelamente al suolo). Nel primo caso verranno generate prevalentemente onde compressive che si propagano in profondità e vengono registrate al meglio dal geofono verticale. Nel secondo caso verranno generate prevalentemente onde di taglio visibili principalmente sui geofoni con l'asse posto orizzontalmente.



Le onde di taglio hanno velocità inferiori a quelle compressive e quindi raggiungeranno la terza geofonica quando già il primo fronte d'onda compressiva è già transitato. Questo passaggio costituisce un disturbo per la misura delle onde trasversali in quanto i geofoni orizzontali si trovano ancora in movimento all'arrivo dell'onda trasversale. Per migliorare il rapporto fra l'energia dell'onda compressiva e l'energia dell'onda trasversale a favore di quest'ultima, si realizza una doppia energizzazione orizzontale con verso opposto. La sottrazione delle forme d'onda relative a queste due acquisizioni, riduce sensibilmente la componente compressiva presente nel segnale.

La misura dei primi arrivi sismici deve essere realizzata con precisione e un dettaglio non superiore al decimo di millisecondo. Ogni ritardo fra il momento dell'impulso dato al terreno e l'inizio della registrazione al sismografo si traduce in un errore significativo nei valori di velocità misurati. Per annullare ogni effetto di ritardo, viene posizionato un

geofono in prossimità del punto di battuta a testa foro. La forma d'onda prodotta da questo geofono viene acquisita su un canale del sismografo e viene analizzata separatamente, in modo da poter valutare ogni possibile anticipo o ritardo. Il valore del tempo del primo fronte di arrivo a questo geofono è sempre lo stesso per tutte le battute e il segnale è ricco di alte frequenze grazie alla prossimità con la sorgente e quindi è preciso il tempo misurato.



L'analisi dei dati prevede che le battute eseguite in diversi momenti vengano raccolte a ricostruire un unico simogramma, identico a quello che sarebbe stato ricevuto da una catena di tanti geofoni quante sono le quote di misura nel foro. In particolare vengono raggruppate in un unico sismogramma le forme d'onda relative al geofono verticale e in un altro sismogramma le forme d'onda relative ai geofoni orizzontali. Poichè i geofoni orizzontali sono due e il sismogramma uno solo è necessario che le forme d'onda vengano fra loro composte secondo un certo angolo che viene opportunamente modificato dal programma di interpretazione a cercare il piano di oscillazione principale dell'onda di taglio. La progressiva modifica dell'angolo di composizione, accompagnata dalla grafica in tempo reale della forma d'onda composta, consente di individuare quel valore per il quale è minima l'energia dell'onda compressiva e massima quella dell'onda trasversale. Questo valore dell'angolo di composizione, diverso per ciascuna profondità, viene utilizzato per la creazione dell'unico sismogramma delle onde di taglio.



4 - CORRELAZIONE TRA LE VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE E I PARAMETRI ELASTICI E GEOMECCANICI

La liberazione istantanea di energia nel terreno genera un sistema di onde sismiche la cui propagazione è regolata dalle classiche leggi della fisica.

Tale fenomenologia è trattata e descritta nel capitolo sismico delle scienze geofisiche.

Le deformazioni e le tensioni generate da una sollecitazione artificiale impulsiva sono abbastanza complesse ma nell'ambito di cui si tratta in queste note è sufficiente fare riferimento ai due tipi principali di onde sismiche, (dette anche onde di volume - body waves): le onde sismiche di compressione (longitudinali, onde prime) e le onde sismiche di taglio (trasversali, onde seconde).

Le onde di volume si propagano nel terreno in ogni direzione ed intercettando il piano topografico danno origine sullo stesso ad onde di natura diversa (Rayleigh e Love) che si propagano esclusivamente in superficie.

Nel loro complesso, le onde sismiche creano sollecitazioni e conseguenti deformazioni nel mezzo attraversato che generalmente ricadono nel campo elastico del diagramma sforzi/deformazioni. Pertanto in questo ambito sono applicabili le relazioni classiche della teoria dell'elasticità.

Le onde sismiche longitudinali sono deformazioni che si propagano in linea retta con un'alternanza continua di compressioni e dilatazioni della materia lungo il percorso di propagazione.

Ogni particella di materia oscilla attorno al suo punto di quiete lungo un asse coincidente con il raggio di propagazione dell'onda sismica.

Le onde sismiche di taglio sono invece deformazioni che si propagano nella stessa direzione delle precedenti ma con movimento oscillatorio delle particelle ortogonale alla traiettoria dei raggi sismici.

Per la descrizione dettagliata di questi fenomeni è sufficiente far riferimento ai testi generali di geofisica.

La velocità di propagazione delle onde sismiche dipende dalle costanti elastiche e dalla densità del mezzo attraversato, e pertanto risulta variabile in funzione delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche del terreno o delle rocce.

In uno stesso tipo di materiale le velocità di propagazione dei vari tipi di onde differiscono tra loro: le più veloci sono le onde di compressione, a cui seguono le onde di taglio e successivamente le diverse onde superficiali.

Poichè le tensioni e le deformazioni che si generano nel campo sismico sono di modestissima entità anche il terreno e le rocce sollecitate in questo ambito possono essere considerati in prima approssimazione come materiali omogenei, isotropi ed elastici. E' applicabile quindi la legge di Hooke (proporzionalità tra lo sforzo applicato d e la deformazione prodotta e):

$$d = e \times E$$



La costante E , definita come rapporto tra sollecitazione e conseguente deformazione longitudinale, rappresenta il modulo elastico (o di Young) del materiale. E' importante sottolineare che in campo dinamico si parla di modulo elastico dinamico (e non statico), ricavandosi tale modulo da prove dinamiche (o sismiche). Il rapporto tra la sollecitazione ortogonale (trasversale o di taglio) e la deformazione definisce il modulo di elasticità tangenziale (o di taglio) G .

Il rapporto tra la tensione idrostatica e la deformazione cubica (o di volume) definisce il modulo di compressione cubica (o di Bulk) k .

Infine il modulo (o rapporto) di Poisson ν è definito come il rapporto tra la deformazione trasversale e quella longitudinale.

Tale modulo varia da 0 a 0.5 con valore medio di 0.25 per molte rocce: i valori tendono a 0.05 per materiali estremamente duri ed a 0.45 per i materiali incoerenti.

Per i fluidi il modulo assume il valore limite di 0.5.

In senso più generale possono ancora essere definite le costanti di Lamè I e m come caratteristiche elastiche indipendenti dalle direzioni lungo cui vengono registrate le deformazioni. Queste due costanti sono definite dalle relazioni:

$$I = \frac{(\nu \times E)}{[(1+\nu)(1-2\nu)]} \quad (1)$$

$$m = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (2)$$

Analogamente i due moduli E e ν possono essere espressi in funzione delle costanti di Lamè I e m :

$$E = \frac{m(3I+2m)}{(I+m)} \quad (3)$$

$$\nu = \frac{I}{[2(I+m)]} \quad (4)$$

La seconda costante di Lamè m ha lo stesso significato fisico del modulo di elasticità tangenziale G prima definito.

Dimensionalmente il modulo elastico e le due costanti di Lamè esprimono il rapporto tra una forza ed una superficie mentre il modulo di Poisson è adimensionale.



Un'ultima costante entra a far parte delle relazioni tra caratteristiche elastiche e velocità: si tratta della densità r espressa come rapporto tra massa e volume.

Le velocità longitudinale V_p e trasversale V_s si correlano alle costanti elastiche con le relazioni:

$$V_p = \left[I + 2m/r \right]^{1/2} \quad (5)$$

$$V_s = \left[m/r \right]^{1/2} \quad (6)$$

Pertanto, avendo determinato i valori di V_p e V_s con rilievi sismici ed il valore della densità con prove di laboratorio, è possibile calcolare i valori delle costanti elastiche che caratterizzano i terreni esaminati con le espressioni:

$$\nu = 0.5 \times \left[\frac{v_p/v_s^2 - 2}{v_p/v_s^2 - 1} \right] \quad (7)$$

$$E = r \times v_p^2 \times \left[\frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{(1-\nu)} \right] = 2r \times v_s^2 (1+\nu) \quad (8)$$

L'analisi delle varie relazioni illustrate permette una serie di considerazioni assai interessanti che si traducono in altrettanti comportamenti fisici riscontrabili nell'applicazione pratica.

Il confronto fra le espressioni (5) e (6) delle velocità conferma come per uno stesso materiale la velocità longitudinale abbia sempre un valore superiore a quello trasversale.

Per i fluidi il modulo di Poisson vale 0.5 e la seconda costante di Lamè $m = 0$: ne risulta che nei fluidi non possono essere trasmessi sforzi di taglio e quindi la velocità longitudinale ha sempre un valore superiore a quello della velocità trasversale.

Il rapporto tra le velocità di propagazione V_s/V_p è solo funzione del modulo di Poisson: al variare del modulo da 0 a 0.5, il rapporto varia da 0.7 a 0. Per il valore medio delle rocce ($\nu = 0.25$) il rapporto vale $V_s/V_p = 0.58$.



Merita essere ricordato infine che i parametri ricavati per via dinamica hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche in laboratorio proprio per il diverso campo di sollecitazione applicata e la diversa deformazione raggiunta.

I valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali variano da poche centinaia di metri al secondo sino ad alcune migliaia (7-8) di metri al secondo.

Velocità inferiori alla velocità del suono nell'aria (344 m/s) sono misurabili in terreni soffici superficiali anidri con elevato contenuto di materiali organici.

Gli stessi materiali, saturi d'acqua, incrementano i loro valori sino a 500-800 m/s.

I terreni incoerenti alluvionali presentano valori variabili tra 600 e 1800 m/s con prevalenza di velocità superiori a 1400 m/s per quelli saturi d'acqua.

Si ricorda che il valore della velocità nell'acqua varia tra 1480 e 1520 m/s al variare della temperatura e della salinità.

La velocità nelle rocce sedimentarie spazia tra valori di 2000 e 5000 m/s incrementandosi sia con la profondità dei sedimenti che con la loro età geologica.

Le rocce metamorfiche si attestano tra i valori di 3000 e 5000 m/s mentre le rocce ignee intrusive ed effusive salgono sino ai massimi valori di 8000 m/s.

Per l'anisotropia delle rocce tutti questi valori cambiano in funzione della direzione di propagazione rispetto alla stratificazione con differenze variabili dal 5 al 25%.

Analogamente questi valori, che si riferiscono a rocce sane, compatte ed omogenee, tendono a decrescere in funzione dell'alterazione dei loro componenti mineralogici, del grado di fratturazione e delle discontinuità stratigrafiche.

Da tutte queste premesse scaturisce che per via sismica è possibile definire le caratteristiche di un ammasso roccioso, o comunque di un grande volume di roccia, ottenendo valori significativi dell'insieme piuttosto che del puntuale.

Molti studiosi e sperimentatori hanno proposto correlazioni di vario genere tra i valori di velocità e le varie caratteristiche geomeccaniche e la bibliografia è ricca di spunti e riferimenti.



5 - STRUMENTAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

Le acquisizioni sono state eseguite con un sismografo BISON 9024 DFP collegato a un geofono tridimensionale ancorato alle pareti del foro grazie ad un dispositivo pneumatico.

L'energizzazione è avvenuta a testa foro su un apposito asse ancorato al terreno. L'impulso di trigger è stato dato dalla chiusura di un circuito collegato alla mazza battente.

L'elaborazione dei dati è avvenuta con un apposito programma rispettando la seguente procedura di trattamento:

- ☐ immissione dei files dei dati in sequenza alle varie profondità;
- ☐ estrazione della componente longitudinale della vibrazione sismica dal segnale del geofono verticale;
- ☐ composizione per rotazione della componente trasversale della vibrazione sismica a partire dai segnali dei geofoni orizzontali;
- ☐ definizione dei tempi di arrivo per le onde longitudinali e trasversali;
- ☐ calcolo delle distanze fra i punti di energizzazione e di ricezione;
- ☐ compilazione e stampa delle tabelle e plottaggio delle forme d'onda relative alle onde longitudinali e trasversali.



6 – RISULTATI

I risulti ottenuti sono dettagliatamente illustrati negli allegati grafici.

Nelle prove down hole i valori di velocità delle onde longitudinali sono compresi tra 350 e 2200 m/s, mentre per le onde trasversali i valori variano tra 150 e 1000 m/sec, in accordo con le stratigrafie dei sondaggi geomeccanici.

Non essendovi analisi dirette su campioni per stabilire la densità dei materiali attraversati, si è attribuita una densità media pari a 1.8 t/mc.

Le velocità delle onde sismiche longitudinali (V_p) sono influenzate dalla eventuale presenza della falda che si attesta a circa 17 metri di profondità da p.c. Perciò solo oltre i 17 metri da p.c. i valori delle V_p registrati in falda vengono incrementati grazie alla saturazione dei materiali per cui il rapporto fra velocità delle onde longitudinali e trasversali (da un minimo di 1.8 ad un massimo di 5), i parametri elastici calcolati ed il valore del coefficiente di Poisson, mostrano caratteristiche meccaniche ed elastiche più scadenti della realtà.

I valori maggiormente attendibili sono riferiti alla velocità delle onde di taglio (V_s) ed al modulo di taglio G che non vengono influenzati dalla saturazione.

Le misure effettuate hanno consentito di evidenziare una sostanziale omogeneità dei terreni che compongono il sottosuolo, in accordo coi dati stratigrafici rilevati attraverso i sondaggi geomeccanici. In conclusione il substrato appare abbastanza omogeneo, costituito in prevalenza da sabbie, limi e ghiaie, a volte mediamente addensate, sature al di sotto dei 17 metri con valori tipici per questi materiali in falda.

Le acquisizioni sono state realizzate in un'area fortemente urbanizzata caratterizzata da elevata rumorosità. I disturbi creati dal passaggio dei veicoli nonché la presenza della metropolitana e della vicina stazione di Porta Garibaldi hanno creato un effetto di disturbo che ha reso più complesse le operazioni di misura dei dati e di interpretazione degli stessi.

**MSC ASSOCIATI S.r.l.**
Via Cialdini n. 37
MILANOPROSEZIONE SISMICA DOWN HOLE EFFETTUATA IN SONDAGGI
GEOGNOSTICI E GEOTECNICI ESEGUITI NEI TERRENI INTERESSATI
DAL COMPLESSO EDILIZIO GARIBOLDI REPUBBLICA IN COMUNE DI MILANO

TABULATO DEI VALORI MISURATI E CALCOLATI

DOWN HOLE A

STUDIO TECNICO

Geom. UGO CELOTTI S.r.l.

ALL. 1

MAGGIO

2006

Distanza energ. Z da testa foro 150 cm
Profondità efficace del foro 50 m

Profondità m	Distanza m	Tip ms	Ts ms	Dvp m/s	DVs m/s	Dvp/DVs	DVs/Dvp	v	E MPa	G MPa	r Ton/mc
1,0	1,8	5,6	14,8	321,9	121,8	2,6	0,38	0,42	76,7	26,7	1,8
2,0	2,5	6,8	17,6	581,0	249,0	2,3	0,43	0,39	309,7	111,6	1,8
3,0	3,4	8,2	20,4	610,1	305,0	2,0	0,50	0,33	446,6	167,5	1,8
4,0	4,3	10,2	25,0	458,9	198,5	2,3	0,43	0,38	198,3	71,7	1,8
5,0	5,2	11,5	29,0	729,3	237,0	3,1	0,33	0,44	291,5	101,1	1,8
6,0	6,2	12,8	32,0	741,9	321,5	2,3	0,43	0,38	515,1	186,1	1,8
7,0	7,2	14,5	35,0	573,1	324,8	1,8	0,57	0,26	479,7	189,8	1,8
8,0	8,1	16,9	39,6	408,5	213,2	1,9	0,52	0,31	214,8	81,8	1,8
9,0	9,1	18,6	43,4	579,3	259,1	2,2	0,45	0,37	332,4	120,9	1,8
10,0	10,1	20,2	47,6	617,3	235,2	2,6	0,38	0,42	281,8	99,6	1,8
11,0	11,1	21,5	51,0	761,5	291,2	2,6	0,38	0,41	431,5	152,6	1,8
12,0	12,1	22,8	55,4	762,8	225,4	3,4	0,30	0,45	265,5	91,4	1,8
13,0	13,1	24,0	59,2	827,4	261,3	3,2	0,32	0,44	355,0	122,9	1,8
14,0	14,1	25,0	62,0	993,9	355,0	2,8	0,36	0,43	647,2	226,8	1,8
15,0	15,1	25,9	64,4	1105,2	414,5	2,7	0,37	0,42	877,0	309,2	1,8
16,0	16,1	26,7	66,3	1244,2	523,9	2,4	0,42	0,39	1375,5	494,0	1,8
17,0	17,1	27,4	68,1	1422,7	553,3	2,6	0,39	0,41	1554,8	551,0	1,8
18,0	18,1	28,1	70,2	1532,8	474,4	3,2	0,31	0,45	1172,6	405,2	1,8
19,0	19,1	28,7	73,0	1533,4	356,0	4,3	0,23	0,47	671,3	228,1	1,8
20,0	20,1	28,5	74,8	1329,4	563,9	2,4	0,42	0,39	1540,8	552,3	1,8
21,0	21,1	30,2	77,0	1329,8	453,3	2,9	0,34	0,43	1061,1	369,9	1,8
22,0	22,1	30,9	79,2	1425,1	453,4	3,1	0,32	0,44	1068,6	370,1	1,8



STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI S.R.L. - VIA MINCIO, 22 - C.A.P. 20139 MILANO

CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.

C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO - COD. FISC. - PART. IVA 05092310969 - SOA 8904/10/00 CAT. OS21 CL. II

23,0	23,0	31,5	80,8	1683,0	623,6	2,7	0,38	0,42	1985,5	700,0	1,8
24,0	24,0	32,2	82,4	1685,3	623,7	2,5	0,41	0,40	1982,4	700,3	1,8
25,0	25,0	32,8	84,0	1685,6	623,8	2,5	0,41	0,40	1983,0	700,5	1,8
26,0	26,0	33,4	85,3	1683,8	798,6	2,1	0,48	0,35	3100,4	1148,0	1,8
27,0	27,0	34,0	86,8	1684,0	665,6	2,5	0,40	0,40	2240,4	797,4	1,8
28,0	28,0	34,6	88,2	1684,2	665,6	2,4	0,41	0,40	2384,4	863,6	1,8
29,0	29,0	35,3	88,8	1426,6	624,1	2,3	0,44	0,38	1937,6	701,2	1,8
30,0	30,0	36,0	91,8	1426,7	498,4	2,9	0,35	0,43	1283,9	448,8	1,8
31,0	31,0	36,7	93,4	1536,6	624,2	2,5	0,41	0,40	1965,6	701,4	1,8
32,0	32,0	37,3	95,4	1536,7	498,4	3,1	0,32	0,44	1293,9	449,0	1,8
33,0	33,0	37,9	97,2	1684,9	553,0	3,0	0,33	0,44	1593,8	554,4	1,8
34,0	34,0	38,6	98,8	1427,1	644,5	2,2	0,45	0,37	2051,6	747,7	1,8
35,0	35,0	39,3	100,7	1427,2	512,3	2,8	0,36	0,43	1347,5	472,5	1,8
36,0	36,0	40,0	102,6	1427,3	525,8	2,7	0,37	0,42	1415,0	497,7	1,8
37,0	37,0	40,7	104,2	1537,2	624,5	2,5	0,41	0,40	1987,1	701,9	1,8
38,0	38,0	41,3	105,8	1537,2	624,5	2,5	0,41	0,40	1987,2	702,0	1,8
39,0	39,0	42,0	107,4	1427,5	624,5	2,3	0,44	0,38	1940,0	702,1	1,8
40,0	40,0	42,6	109,0	1685,5	624,5	2,7	0,38	0,42	1991,4	702,1	1,8
41,0	41,0	43,2	110,5	1685,5	666,2	2,5	0,40	0,40	2244,5	798,9	1,8
42,0	42,0	43,8	112,1	1685,6	624,6	2,7	0,37	0,42	1991,7	702,2	1,8
43,0	43,0	44,4	113,4	1817,1	766,8	2,4	0,42	0,39	2869,4	1063,8	1,8
44,0	44,0	44,9	115,0	1817,1	624,6	2,9	0,34	0,43	2012,8	702,3	1,8
45,0	45,0	45,4	116,0	1998,9	998,4	2,0	0,50	0,33	4794,6	1798,0	1,8
46,0	46,0	45,9	117,0	1998,9	998,5	2,0	0,50	0,33	4794,8	1798,0	1,8
47,0	47,0	46,4	118,1	1999,0	908,6	2,2	0,45	0,37	4071,2	1486,1	1,8
48,0	48,0	46,9	119,4	2221,1	766,8	2,9	0,35	0,43	3047,2	1064,0	1,8
49,0	49,0	47,3	120,5	2221,2	908,7	2,4	0,41	0,40	4169,8	1486,2	1,8

Profondità: profondità del geofono alla misura
Distanza: distanza dal punto di energizzazione al geofono
Tp: tempo di arrivo delle onde compressive in millisecondi
Ts: tempo di arrivo delle onde trasversali in millisecondi
DVp: velocità delle onde compressive (metri al secondo)

DVs: velocità delle onde trasversali (metri al secondo)
v: coefficiente di Poisson
E: modulo di elasticità dinamica (Young) in kg/cm² x 10⁻⁴
G: modulo di taglio in kg/cm² x 10⁻⁴
r: densità relativa in ton/mc



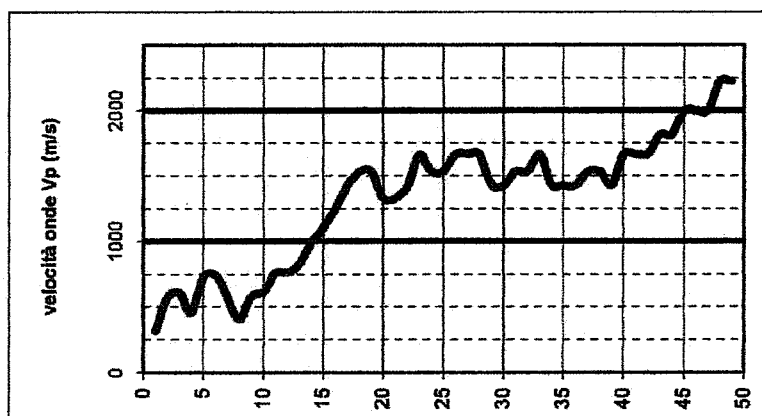
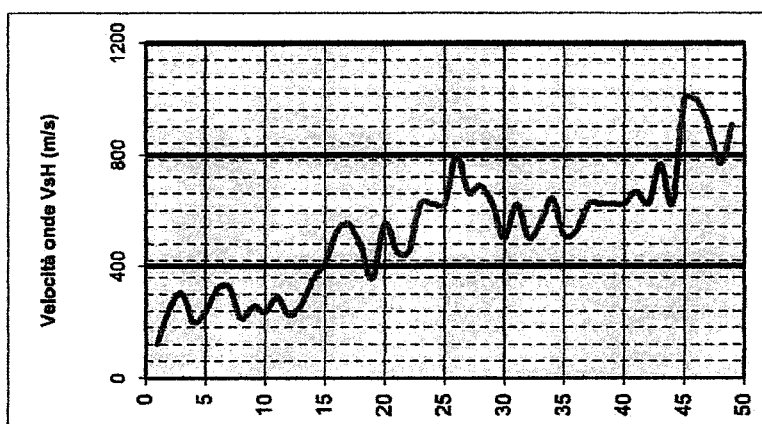
STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI S.R.L. - VIA MINCIO, 22 - C.A.P. 20139 MILANO

CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.

C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO - COD. FISC. - PART. IVA 05092310969 - SOA 8904/10/00 CAT. OS21 CL. II

DOWN HOLE TEST A
grafici delle velocità sismiche

Località: Milano
Progetto: Complesso edilizio Garibaldi Repubblica





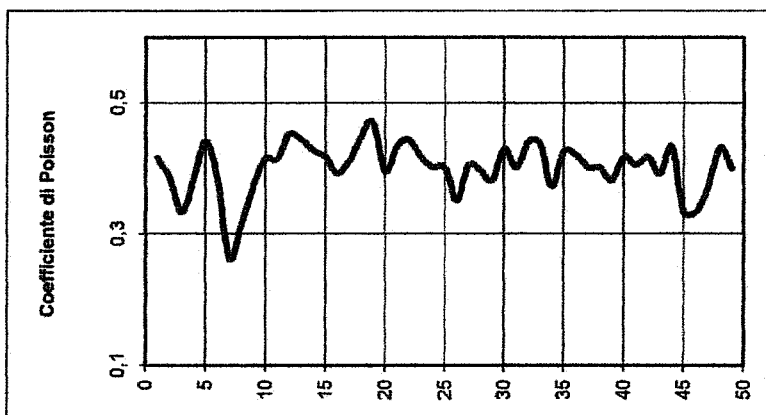
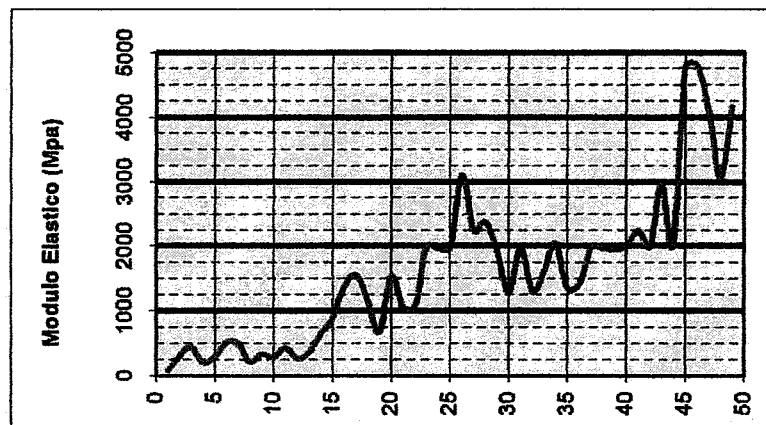
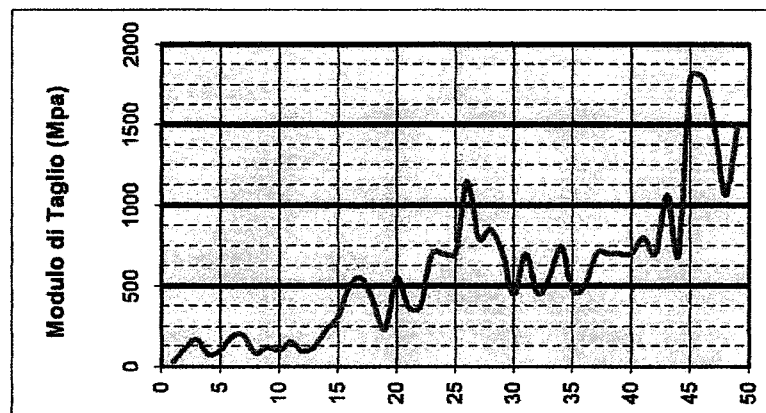
STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI S.R.L. - VIA MINCIO, 22 - C.A.P. 20139 MILANO

CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.

C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO - COD. FISC. - PART. IVA 05092310969 - SOA 8904/10/00 CAT. OS21 CL. II

DOWN HOLE TEST A
grafici delle caratteristiche meccaniche ed elastiche

Località: Milano
Progetto: Complesso edilizio Garibaldi repubblica





STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI S.R.L. - VIA MINCIO, 22 - C.A.P. 20139 MILANO

CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.

C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO - COD. FISC. - PART. IVA 05092310969 - SOA 8904/10/00 CAT. OS21 CL. II

MSC ASSOCIATI S.r.l. Via Ciaidini n. 37 MILANO	
PROSEZIONE SISMICA DOWN HOLE EFFETTUATA IN SONDAGGI GEOGNOSTICI E GEOTECNICI ESEGUITI NEI TERRENI INTERESSATI DAL COMPLESSO EDILIZIO GARIBOLDI REPUBBLICA IN COMUNE DI MILANO	
TABULATO DEI VALORI MISURATI E CALCOLATI	
ALL. 2	MAGGIO 2006
DOWN HOLE B STUDIO TECNICO Geom. UGO CELOTTI s.r.l.	

Distanza energ. Z da testa foro
Profondità efficace del foro

150 cm
50 m

Profondità m	Distanza m	TP ms	Ts ms	DVP m/s	DVs m/s	DVP/DVs	DVs/DVP	V	E MPa	G MPa	r Ton/mc
1,0	1,8	4,2	14,8	429,2	121,8	3,5	0,28	0,46	77,8	26,7	1,8
2,0	2,5	5,2	18,4	697,2	193,7	3,6	0,28	0,46	196,9	67,5	1,8
3,0	3,4	6,6	22,2	610,1	224,8	2,7	0,37	0,42	258,5	90,9	1,8
4,0	4,3	8,4	27,4	508,8	176,5	2,9	0,35	0,43	180,6	56,1	1,8
5,0	5,2	10,2	31,4	528,8	237,0	2,2	0,45	0,37	277,7	101,1	1,8
6,0	6,2	11,8	34,5	602,8	311,1	1,9	0,62	0,32	469,5	174,2	1,8
7,0	7,2	13,1	36,8	749,4	423,6	1,8	0,57	0,27	817,3	323,0	1,8
8,0	8,1	14,5	39,5	700,4	363,1	1,9	0,62	0,32	624,8	237,4	1,8
9,0	9,1	16,0	42,2	656,5	364,7	1,8	0,56	0,28	611,4	239,4	1,8
10,0	10,1	17,4	44,8	705,5	378,9	1,9	0,54	0,30	673,3	259,8	1,8
11,0	11,1	18,8	47,4	707,1	380,7	1,9	0,54	0,30	676,3	280,9	1,8
12,0	12,1	20,0	49,5	826,3	472,2	1,8	0,57	0,26	1009,4	401,3	1,8
13,0	13,1	21,3	52,0	763,7	397,1	1,9	0,52	0,31	746,5	283,9	1,8
14,0	14,1	22,5	54,6	828,2	382,3	2,2	0,46	0,36	717,9	283,0	1,8
15,0	15,1	23,7	57,0	828,9	414,5	2,0	0,50	0,33	824,5	309,2	1,8
16,0	16,1	25,0	59,4	765,7	414,7	1,8	0,64	0,29	800,2	309,6	1,8
17,0	17,1	25,8	61,6	1244,9	452,7	2,8	0,36	0,42	1050,3	368,8	1,8
18,0	18,1	26,5	64,0	1423,3	415,1	3,4	0,29	0,45	901,8	310,2	1,8
19,0	19,1	27,2	66,0	1423,9	498,4	2,9	0,35	0,43	1278,8	447,1	1,8
20,0	20,1	27,9	68,0	1424,4	498,5	2,9	0,36	0,43	1279,6	447,4	1,8
21,0	21,1	28,7	70,0	1329,8	498,7	2,7	0,38	0,42	1269,6	447,6	1,8
22,0	22,1	29,4	73,6	1425,1	277,1	5,1	0,19	0,48	409,2	138,2	1,8
23,0	23,0	30,1	76,8	1425,4	311,8	4,6	0,22	0,47	516,2	175,0	1,8



STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI S.R.L. - VIA MINCIO, 22 - C.A.P. 20139 MILANO

CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.

C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO - COD. FISC. - PART. IVA 05092310969 - SOA 8904/10/00 CAT. OS21 CL. II

24,0	24,0	30,7	79,4	1535,3	383,8	4,0	0,25	0,47	777,9	265,2	1,8
25,0	25,0	31,4	81,6	1425,9	483,7	3,1	0,32	0,44	1089,8	370,5	1,8
26,0	26,0	32,0	83,2	1863,8	623,9	2,7	0,37	0,42	1987,4	700,7	1,8
27,0	27,0	32,7	84,6	1426,3	713,1	2,0	0,50	0,33	2441,2	916,4	1,8
28,0	28,0	33,4	86,4	1536,2	564,7	2,8	0,36	0,43	1578,7	563,9	1,8
29,0	29,0	34,0	88,5	1536,3	476,5	3,2	0,31	0,45	1178,0	407,0	1,8
30,0	30,0	34,7	90,6	1428,7	475,6	3,0	0,33	0,44	1170,4	407,1	1,8
31,0	31,0	35,4	93,0	1536,6	416,2	3,7	0,27	0,46	910,6	311,7	1,8
32,0	32,0	36,0	95,3	1536,7	434,3	3,5	0,28	0,46	988,0	339,5	1,8
33,0	33,0	36,7	97,6	1427,1	434,3	3,3	0,30	0,45	984,0	339,5	1,8
34,0	34,0	37,4	98,4	1536,9	555,0	2,8	0,36	0,43	1580,2	554,4	1,8
35,0	35,0	38,0	101,3	1537,0	525,8	2,9	0,34	0,43	1427,1	497,7	1,8
36,0	36,0	38,6	103,0	1685,2	587,7	2,8	0,35	0,43	1776,7	621,7	1,8
37,0	37,0	39,2	104,6	1685,3	624,5	2,7	0,38	0,42	1881,0	701,9	1,8
38,0	38,0	39,9	106,0	1427,4	713,7	2,0	0,50	0,33	2445,1	916,9	1,8
39,0	39,0	40,5	107,3	1685,4	768,6	2,2	0,46	0,36	2902,6	1063,5	1,8
40,0	40,0	41,1	108,9	1685,5	624,5	2,7	0,37	0,42	1881,4	702,1	1,8
41,0	41,0	41,7	110,7	1685,5	555,2	3,0	0,33	0,44	1685,0	554,8	1,8
42,0	42,0	42,4	112,0	1427,6	768,7	1,9	0,54	0,30	2786,8	1063,7	1,8
43,0	43,0	43,1	113,3	1427,7	768,8	1,9	0,54	0,30	2786,9	1063,8	1,8
44,0	44,0	43,8	114,6	1427,7	768,8	1,9	0,54	0,30	2757,1	1063,8	1,8
45,0	45,0	44,4	116,0	1817,1	713,9	2,5	0,39	0,41	2584,6	917,3	1,8
46,0	46,0	44,9	117,2	1898,9	832,9	2,4	0,42	0,39	3483,6	1248,8	1,8
47,0	47,0	45,4	118,4	1898,0	832,9	2,4	0,42	0,39	3483,6	1248,7	1,8
48,0	48,0	45,8	119,7	2221,1	799,6	2,8	0,36	0,43	3281,2	1150,9	1,8
49,0	49,0	46,3	120,9	2221,2	799,6	2,8	0,36	0,43	3281,3	1150,9	1,8

Profondità:	profondità del geofono alla misura	DVs:	velocità delle onde trasversali (metri al secondo)
Distanza:	distanza dal punto di energizzazione al geofono	v:	coefficiente di Poisson
Tp:	tempo di arrivo delle onde compressive in millisecondi	E:	modulo di elasticità dinamica (Young) in kg/cm ² x 10 ⁻⁴
Ts:	tempo di arrivo delle onde trasversali in millisecondi	G:	modulo di taglio in kg/cm ² x 10 ⁻⁴
DVp:	velocità delle onde compressive (metri al secondo)	r:	densità relativa in ton/mc



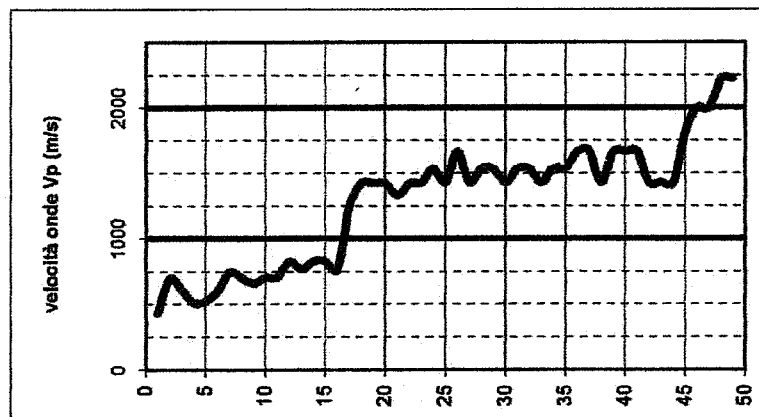
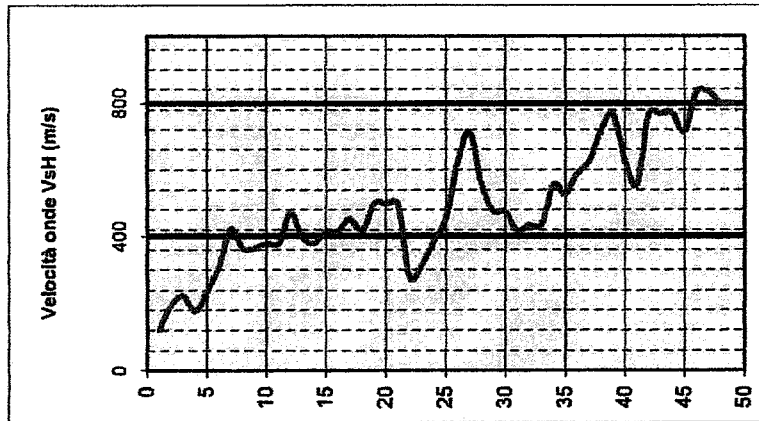
STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI S.R.L. - VIA MINCIO, 22 - C.A.P. 20139 MILANO

CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.

C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO - COD. FISC. - PART. IVA 05092310969 - SOA 8904/10/00 CAT. OS21 CL. II

DOWN HOLE TEST B
grafici delle velocità sismiche

Località: Milano
Progetto: Complesso edilizio Garibaldi Repubblica





STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI S.R.L. - VIA MINCIO, 22 - C.A.P. 20139 MILANO

CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.

C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO - COD. FISC. - PART. IVA 05092310969 - SOA 8904/10/00 CAT. OS21 CL. II

DOWN HOLE TEST B
grafici delle caratteristiche meccaniche ed elastiche

Località: Milano
Progetto: Complesso edilizio Garibaldi repubblica

