



COMUNE DI CASCINA
(PROVINCIA DI PISA)

SCHEDE DEI DATI DI BASE

Numero: 454-455+M455

Località: San Frediano a Settimo, via Colombiera

Tipo e numero: n. 2 prove penetrometriche statiche CPT
n. 1 indagine sismica MASW

Fonte: Comune di Cascina

PREMESSA

Su incarico del _____ è stata eseguita un'indagine con tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) per l'individuazione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio V_s , mediante il quale è possibile ricavare il parametro V_{s30} (e la categoria di suolo come previsto dal D.M. 14/01/2008), e per la ricerca di eventuali inversioni di velocità nel terreno.

L'indagine sismica si è svolta in data 30-11-2010 attraverso l'esecuzione di un profilo sismico la cui ubicazione è riportata in Figura 1.

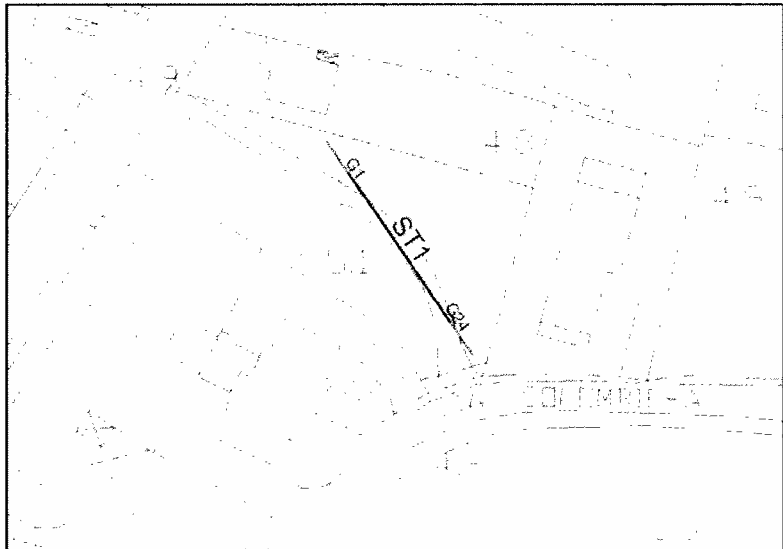


Fig. 1 – Ubicazione indagine (Gauss-Boaga: 1.622.200; 4.837.127)

STRUMENTAZIONE

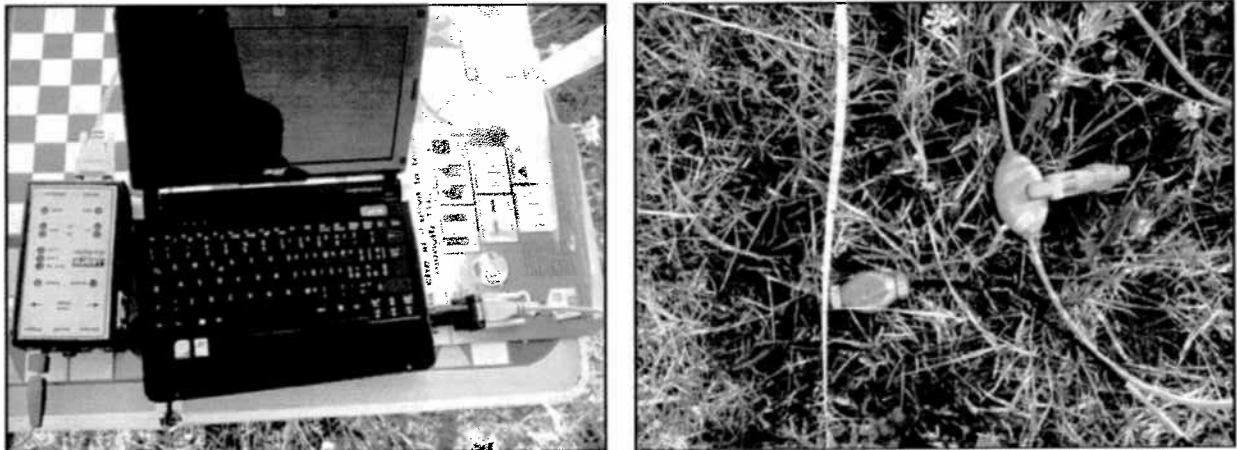
La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati di campagna è la seguente:

Energizzatore	massa battente 10 Kg	generazione segnale
Geofoni verticali Geospace GS11D	4kOhm 4.5Hz	conversione segnale sismico in elettrico
Sismografo SARA Do.Re.Mi.	digitalizzatori - 16 bit	conversione segnale elettrico in digitale e registrazione
Interfaccia Do.Re.Mi. master		alimentazione, collegamento PC, erogazione del segnale start
Computer	Acer Aspire One D150-1Bw	visualizzazione, memorizzazione elaborazioni dati

La strumentazione è composta da una serie di geofoni ad oscillazione verticale collegati ai canali di registrazione. Questi ultimi ricevono il segnale analogico generato dall'arrivo del treno di onde sismiche, prodotte dal sistema di energizzazione, e lo convertono istantaneamente in formato digitale.

Il dato acquisito viene quindi registrato nell'unità di memoria interna al canale stesso rendendosi disponibile per il successivo download, mediante interfaccia master, da parte del programma di acquisizione installato su computer portatile.

L'interfaccia master, oltre a permettere l'acquisizione dei dati, fornisce l'alimentazione elettrica necessaria allo strumento, registra con precisione il segnale start proveniente dalla fonte di energizzazione e consente una corretta comunicazione tra il personal computer e i canali di acquisizione.



Indagine Sismica – Tecnica MASW

La tecnica MASW è una forma di prospezione sismica che, attraverso la registrazione della modalità di propagazione delle onde di superficie nel sottosuolo, permette di risalire alla velocità di diffusione delle onde di taglio S_v lungo un profilo verticale posizionato al centro dello stendimento. Da tale profilo, mediante l'applicazione della formula $V_{S30} = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i / N_i)$ relativa agli spessori e velocità dei singoli orizzonti sismici, è possibile determinare il parametro V_{s30} ovvero la velocità media di propagazione delle onde S_v nei primi 30 metri di profondità del terreno.

L'indagine geofisica con tecnica MASW viene realizzata mediante uno stendimento sismico costituito da 12 a 48 (o più) geofoni allineati e separati tra loro da una distanza intergeofonica costante.

I geofoni registrano l'arrivo delle onde sismiche generate in corrispondenza di un punto di energizzazione posizionato esternamente allo stendimento (*offset*) ad una distanza compresa fra 2 e 10 m dal primo, o dall'ultimo, geofono ed in allineamento con i geofoni stessi. Ogni singolo elemento ricevente trasmette il segnale sismico rilevato, tramite un cavo schermato, alla stazione di ricezione all'interno della quale avviene la registrazione del treno di onde su cui procedere per le successive elaborazioni ed interpretazioni.

La distanza intergeofonica viene valutata in funzione dello spessore minimo rilevabile dello strato sismogenetico a velocità V_s costante.

La profondità massima di penetrazione è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e la sua frequenza. Tali caratteristiche quindi non dipendono direttamente dalla geometria dello stendimento, ma dalle caratteristiche della successione litostratigrafica del terreno attraversato.

L'obiettivo della registrazione è l'individuazione del treno di onde superficiali (onde di Rayleigh). Le onde sismiche, attraversando il mezzo, subiscono una dispersione le cui modalità sono direttamente correlate con la velocità di propagazione delle onde di taglio S_v .

Le caratteristiche di un'acquisizione con la tecnica MASW prevedono una o più energizzazioni con tempi di acquisizione compresi tra 1 e 4 sec e con frequenza di campionamento variabile da 3000 a 5000 Hz.

Dal sismogramma, note le caratteristiche geometriche dell'acquisizione, si ricava il diagramma "velocità di fase - frequenza" sul quale l'operatore individua la curva di dispersione.

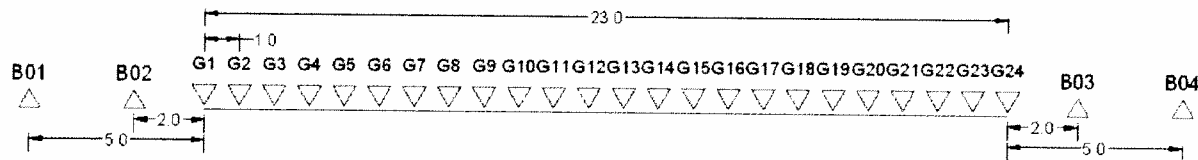
La curva di dispersione viene sottoposta ad un processo di inversione basato su complessi algoritmi genetici che lavorano in un campo assegnato dall'operatore di ΔV (range di variazione della velocità) e ΔP (range di variazione dello spessore di terreno supposto a velocità "costante").

Il processo di inversione porta all'elaborazione di un modello del sottosuolo espresso nel grafico "Profondità-Velocità delle onde Sv" con il relativo calcolo della Vs30.

L'attendibilità e l'affidabilità del modello matematico viene espressa in termini di deviazione standard del valore di velocità delle onde Sv e del rispettivo spessore assegnato a ciascun strato, ed in termini di "misfit" indice di qualità del processo di elaborazione matematica.

Risultati MASW

Le caratteristiche adottate per l'indagine MASW eseguita in questa sede risultano essere le seguenti:



Stendimento	ST1
n° geofoni	24
distanza intergeofonica (m)	1,0
n° punti di scoppio	4
Offset scoppi (m)	2-5
tempo di acquisizione (sec)	1
intervallo campionamento (Hz)	5000

L'elaborazione dei sismogrammi acquisiti è stata effettuata mediante software WinMASW 4.3 (Software per le determinazione dello spettro di velocità e l'inversione della curva di dispersione secondo il metodo MASW). Il modello conseguito dall'elaborazione dei sismogrammi individua per il profilo ST1, con riferimento al piano campagna, un valore di V_{s30} [$V_{s30} = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i / N_i)$] pari a 182 m/sec.

Il tecnico
per le indagini geofisiche

Dott. Francesco Fiera

REPORT ELABORAZIONE MASW – PROFILO ST1 (Software WinMASW 4.3)

SECTION 1

minimum offset (m): 2
geophone spacing (m): 1.00
sampling (ms): 0.2
Dispersion curve: RIT_1-1.cdp
Number of individuals: 30
Number of generations: 31

Adopted search space			
Minimum Vs (m/s)	Maximum Vs (m/s)	Minimum thickness (m)	Maximum thickness (m)
40	120	1,0	1,2
50	180	0,8	1,0
60	200	2,4	2,6
80	250	4,0	5,0
100	300	2,0	10,0
150	450	Half Space	

SECTION 2

Inversione: fase#1

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -20.0838	-9.68812
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -26.8465	-9.68812
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -29.5647	-9.68812
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -24.8475	-9.68812
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -25.2665	-9.68812
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -31.3106	-9.68812
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -26.8857	-9.68812
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -27.2125	-9.68812
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -31.302	-9.40049
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -30.0998	-9.40049
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -30.46	-9.40049
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -27.6716	-9.40049
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -29.8006	-9.40049
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -27.8964	-8.45309
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -24.0619	-8.45309
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -26.1343	-8.29128
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -24.9769	-8.29128
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -28.4061	-8.29128
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -24.6072	-8.29128
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -32.4977	-8.29128
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -27.5519	-8.29128
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -28.0553	-7.12786
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -31.5623	-7.12786
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -26.4329	-7.12786
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -28.3185	-7.12786
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -27.1939	-7.12786
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -24.9497	-7.12786
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -20.6986	-7.12786
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -24.9846	-7.12786
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -27.0133	-7.12786
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -21.5574	-7.12786

Checking the new search space (for the finer search)

Inversione: fase#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -22.4674 -7.12786
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -24.3794 -7.12786
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -23.4754 -7.12786
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -23.2995 -7.12786
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -22.5661 -7.12786
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -25.4212 -6.67259
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -27.1175 -6.67259
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -25.1115 -6.67259
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -29.2333 -6.67259

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values)						
Vs (m/s)	62	90	118	143	170	287
Poisson	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,30
Thickness (m)	1,00	0,91	2,40	4,90	5,60	HS

HS: Half Space

SECTION 3
MEAN MODEL

VS (m/s)	73	79	118	137	163	302
Standard deviations (m/s)	12	18	6	10	19	25
Thickness (m)	1,0	0,9	2,4	4,7	5,20	HS
Standard deviations (m)	0,0	0,0	0,0	0,2	0,70	HS

HS: Half Space

Approximate values for Vp, density & elastic moduli						
VP (m/s)	131	189	246	297	352	542
Density (gr/cm3)	1,57	1,65	1,72	1,76	1,80	1,91
Shear modulus (MPa)	8	10	24	33	48	174
Vp/Vs ratio	1,79	2,39	2,08	2,17	2,16	1,79
Poisson	0,27	0,39	0,35	0,36	0,36	0,27
Young modulus (MPa)	21	29	65	90	131	443
Lamé (MPa)	10	38	56	89	127	212
Bulk modulus (MPa)	16	45	72	111	159	328

Fundamental Mode		First higher Mode		Second higher Mode		Third higher Mode	
f(Hz)	VR (m/s)	f(Hz)	VR (m/s)	f(Hz)	VR (m/s)	f(Hz)	VR (m/s)
2,5915	241,1828	9,5364	174,2063	17,5423	154,6599	32,1073	144,3333
4,3278	202,5027	12,5266	151,2494	23,3297	142,0986	37,3159	139,6476
6,8356	126,4776	17,7352	128,5630	30,8533	133,4469		
9,5364	111,6773			37,6053	125,8280		
				44,4537	118,7790		

SECTION 4
BEST MODEL

VS (m/s)	62	90,22	118,15	143,03	169,54	286,53
Thickness (m)	1,03	0,91	2,44	4,87	5,56	HS

HS: Half Space

Approximate values for Vp, density & elastic moduli						
VP (m/s)	138	180	239	285	342	561
Density (gr/cm3)	1,58	1,64	1,71	1,75	1,79	1,91
Shear modulus (MPa)	6	13	24	36	52	158
Vp/Vs ratio	2,23	2,00	2,03	1,99	2,01	1,95
Poisson	0,37	0,33	0,34	0,33	0,34	0,32
Young modulus (MPa)	17	35	64	95	139	417
Lamé (MPa)	18	27	50	71	106	287
Bulk modulus (MPa)	22	35	66	94	141	392

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental Mode		First higher Mode		Second higher Mode		Third higher Mode	
f(Hz)	VR (m/s)	f(Hz)	VR (m/s)	f(Hz)	VR (m/s)	f(Hz)	VR (m/s)
2,5915	231,1753	9,5364	176,1213	17,5423	154,9851	32,1073	147,0777
4,3278	188,7335	12,5266	152,4501	23,3297	141,5693	37,3159	142,3507
6,8356	128,4814	17,7352	126,2323	30,8533	129,5356		
9,5364	113,2691			37,6053	121,8798		
				44,4537	116,7578		

SECTION 5

VS30 a partire dal piano campagna: 182 m/s

VS5 (mean model): 98 m/s
VS5 (best model): 97 m/s

VS20 (mean model): 152m/s
VS20 (best model): 151 m/s

VS30 (mean model): 182 m/s
VS30 (best model): 180 m/s