

PROSPEZIONI GEOFISICHE



INDAGINI MASW

(Multi-channel Analysis of Surface Waves)

Tale metodologia sismica permette, tramite l'acquisizione di registrazioni multicanale delle onde superficiali di Rayleigh generate da masse battenti, di modellare un profilo Vs in funzione della profondità. L'intero processo comprende tre passi successivi:

- acquisizione dei dati di campo delle onde superficiali ("ground roll") mediante idonea strumentazione sismica;
- costruzione di una curva di dispersione (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs che descrive la variazione di Vs con la profondità.

Per ottenere un profilo Vs è necessario produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. L'inversione della curva di dispersione viene successivamente realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione sperimentale, come riferimento, sia per la modellizzazione diretta che per la procedura dei minimi quadrati.

INDAGINI REMI

La tecnica di analisi del sottosuolo mediante l'uso dei microtremori.

L'analisi dei microtremori viene effettuata utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione (a geofono singolo) disposta sul terreno con array lineare, da 24 a 48 geofoni; per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni con bassa frequenza di risonanza (4-14 Hz raccomandati), è indispensabile protrarre il tempo di registrazione (30-60s) rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale.

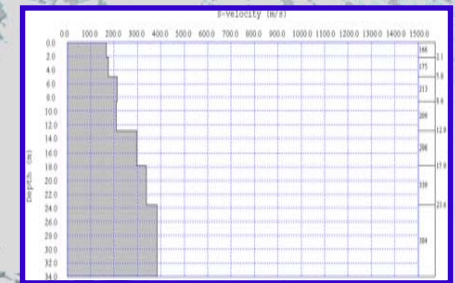
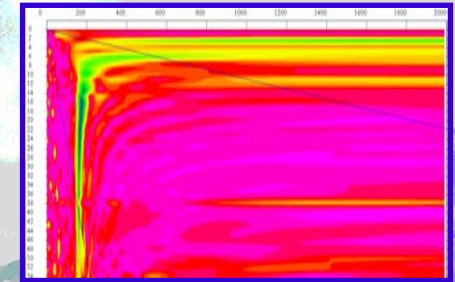
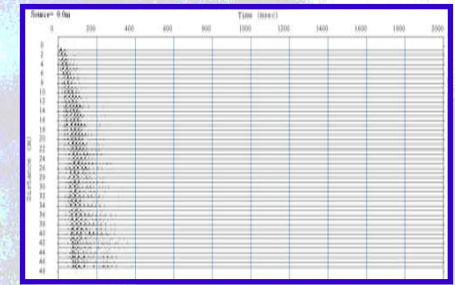
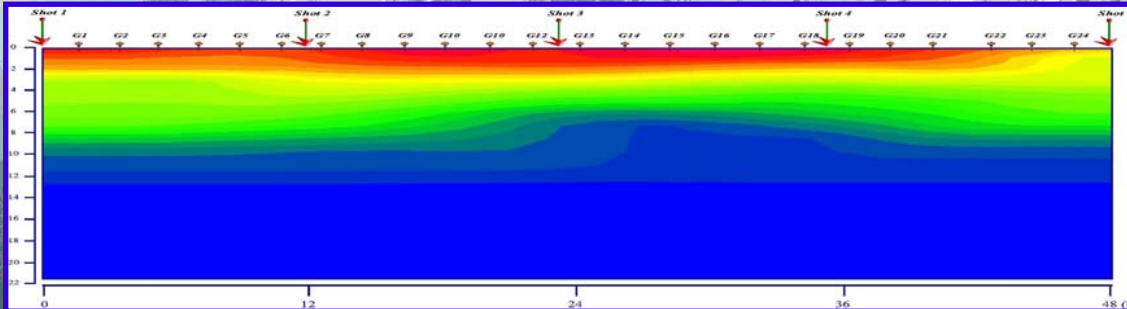
L'uso di un sismografo digitale con elevata dinamica consente di dimezzare la frequenza utile campionabile rispetto a quella nominale dei geofoni impiegati. Si possono così registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 25-30Hz fino a 2 Hz che, in condizioni ottimali, offre una dettagliata ricostruzione dell'andamento delle Vs. L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale slowness - frequency (p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentarne lo spettro di potenza.



SISMICA A RIFRAZIONE E METODO TOMOGRAFICO

Il metodo della tomografia sismica è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse. Questa tecnica fornisce l'immagine della distribuzione delle onde sismiche sotto la superficie, basate sui tempi di primo arrivo (come nella normale sismica a rifrazione) e sulla geometria di acquisizione. Si ricostruisce in tal modo un modello di velocità, che può essere migliorato attraverso successive iterazioni: la fase di calcolo si conclude quando si ha la migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati. Il processing dei dati prosegue con la fase di inversione tomografica detta WET (Wavepath Eikonal Traveltime),

che permette il calcolo delle traiettorie d'onda (wavepath) attraverso le soluzioni alle differenze finite dell'equazione che esprime le modalità di propagazione di un'onda in un mezzo isotropo.



STRUMENTAZIONE - SARA ELETTRONIC INSTRUMENTS

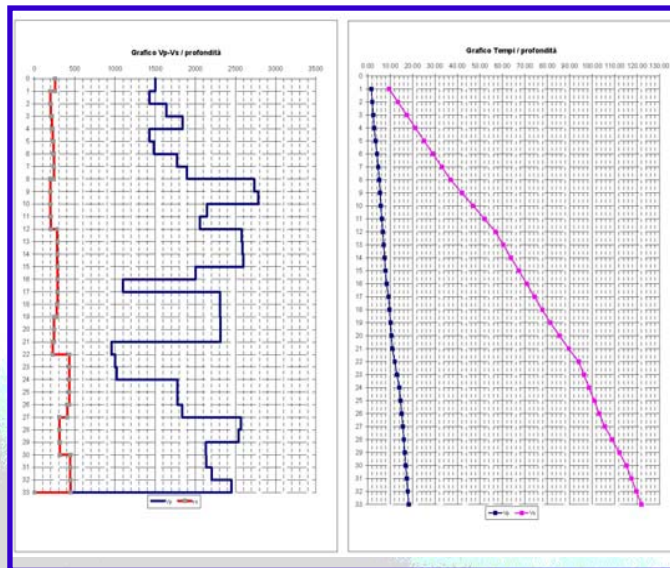
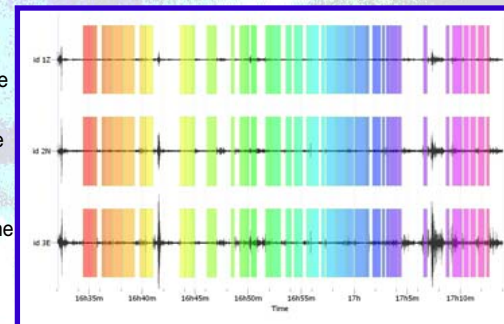
- SIMOGRAFO DoReMi 48 CH
- TOMOGRAFO SR04 GEOBOX - DIGITAL SENSOR
- SSBH - SENSORE DA FORO 5 ELEMENTI

PROSPEZIONI GEOFISICHE

INDAGINE SISMICA A STAZIONE SINGOLA HVSR (Multi-channel Analysis of Surface Waves)

Tali indagini permettono di caratterizzare il sito mediante la definizione dello spettro di frequenza maggiormente significativo. In particolare sono definite le frequenze f_0 (frequenza fondamentale) e le frequenze coalescenti (f_1 , f_2 , f_n) legate alle variazioni stratigrafiche secondarie. Scopo della definizione della frequenza di sito risiede nel definire la frequenza per la quale, il terreno, può subire effetto di amplificazione sismica per azione di risonanza legato alla variazione stratigrafica di maggior significato.

Tale frequenza risulta quella da escludere in fase di progettazione di opere edili laddove ricada nell'ambito energetico critico dello spettrogramma di progetto definito nel D.M. 14.01.2008.



INDAGINI IN FORO DownHole

Mediante questa tecnica d'indagine, è possibile determinare la velocità di propagazione, in senso verticale (media di intervallo), delle onde sismiche di compressione (P) e di quelle trasversali o di taglio (S), a diverse profondità lungo l'asse del foro.

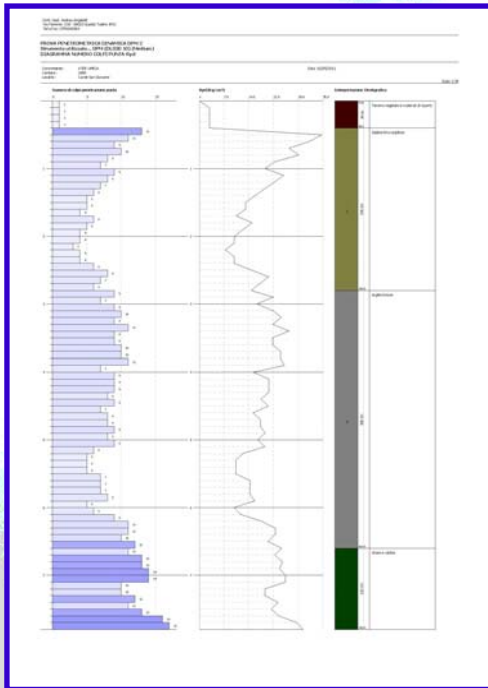
Questa metodologia, come le altre tecniche di sismica in foro, ha il vantaggio di non avere come condizione che la velocità aumenti con la profondità, giacché si valutano i tempi di arrivo delle onde elastiche lungo la profondità del foro.

E' sempre possibile valutare eventuali inversioni di velocità nell'ambito della successione dei litotipi incontrati nella perforazione.



STRUMENTAZIONE - SARA ELETTRONIC INSTRUMENTS
- SISMOGRAFO DoReMi 48 CH
- TROMOGRAFO SR04 GEOBOX - DIGITAL SENSOR
- SSBH - SENSORE DA FORO 5 ELEMENTI

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE E STATICHE



PROVE PENETROMETRICHE DPSH - DPM

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati ed una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere precisamente lo spessore delle colli sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii e la consistenza in generale del terreno. L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura)
- avanzamento (penetrazione)
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici a nostra disposizione (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo MEDIO (DPM)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Tipo	Sigla di riferimento	Peso della massa M (kg)	Prof. max indagine battente (m)
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40	20-25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	M*60	25

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT (CONE PENETRATION TEST)

PROVE CPT : METODOLOGIA dell' indagine.

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm / sec} - 0,5 \text{ cm / sec}$).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di codole ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica.

La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale: punta / manicotto tipo "Begemann".

Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro Punta Conica meccanica = 35,7 mm
- area di punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo di apertura del cono = 60 °
- superficie laterale del manicotto $A_m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione.

Registrazione dati.

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna. Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico o sui manometri.

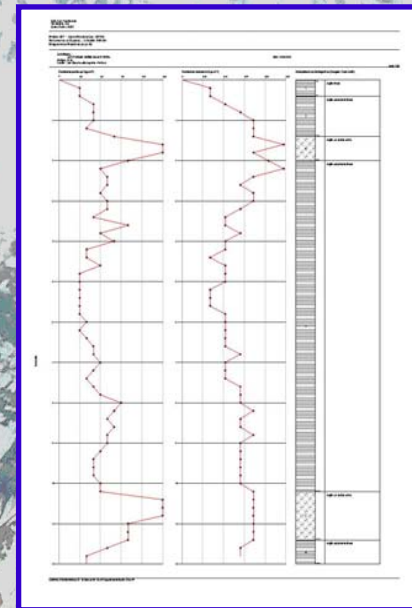
Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in Kg/cm^2) durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta **LP** = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta
- Lettura laterale **LT** = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta + manicotto
- Lettura totale **LLTT** = terza lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne.



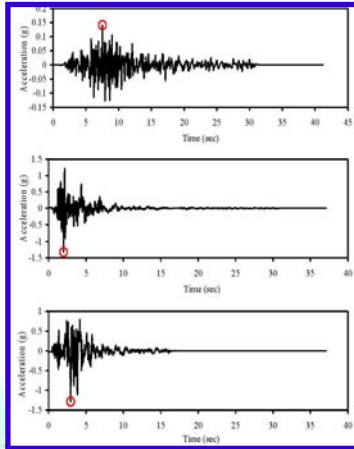
STRUMENTAZIONE

- PENETROMETRO MECCANICO GOUDA 12 T - STATICO - DINAMICO
- PENETROMETRO DPM PENNY 30 - DINAMICO



ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

INPUT SISMICO



ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

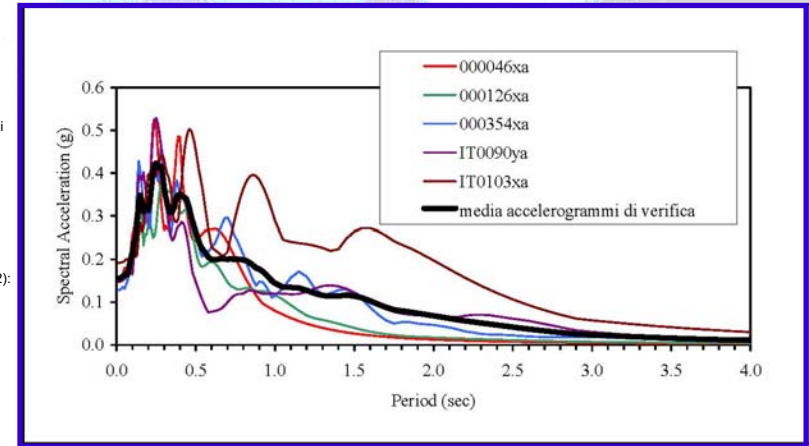
La valutazione della risposta sismica locale mediante analisi 1D permette di definire una realistica risposta, sismico stratigrafica, di terreni non affetti da problematiche bidimensionali (sia sepolte sia topografiche). Questo approccio è ritenuto la via ufficiale delle **NTC2008 (Cap. 3.2.2)** e consente, in determinati casi e mediante il confronto con la relativa categoria di sottosuolo (**Cap. 3.2.2 NTC2008**), elementi di risparmio rispetto all'approccio semplificato di normativa (categorie di sottosuolo), poiché identifica amplificazione per intervalli di periodi solitamente più limitati rispetto a quelli di normativa.

Le analisi della risposta sismica locale sono effettuate utilizzando procedure di calcolo numerico in cui viene simulata la propagazione delle onde sismiche entro gli strati di terreno compresi tra il sottostante substrato rigido e il piano campagna. In generale, queste analisi richiedono le seguenti operazioni (Circ. NTC08 punto C.7.11.3.1.2):

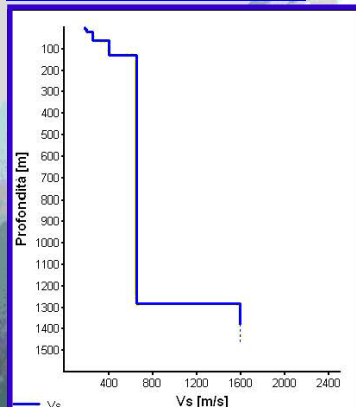
- scelta della schematizzazione geometrica del sito;
- definizione del modello geotecnico di sottosuolo;
- definizione delle azioni sismiche al substrato rigido;
- scelta della procedura di analisi;
 - stima dell'amplificazione del moto in superficie rispetto al bedrock, in funzione della frequenza
 - stima dello spettro di risposta dell'oscillatore armonico tipo (edificio) ad un grado di libertà in termini di accelerazioni massime attese in funzione del periodo proprio della struttura per diversi valori di smorzamento.

Questa analisi fornisce i profili di massima accelerazione, deformazione e tensione di taglio, i valori operativi del modulo di taglio e del coefficiente di smorzamento, le storie temporali di accelerazione, deformazione e tensione di taglio e gli spettri di risposta e di Fourier in punti del dominio specificati in ingresso all'analisi.

SPETTRI DI RISPOSTA DA ACCELEROGRAMMI DI INPUT E MEDIA DEGLI ACCELEROGRAMMI DI VERIFICA



MODELLO STRATIGRAFICO E PROFILO DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO VS



NORMALIZZAZIONE SPETTRO RISPOSTA SISMICA LOCALE

