

PREMESSA

Il sottoscritto dott. geologo Giacomo D'Antuono, iscritto all'Ordine dei Geologi della Campania con il n°1192 e con studio in Angri (SA) al Viale C. Colombo n°24, a seguito di incarico conferitogli dal Comune di Angri, ha redatto la presente indagine sismica MASW relativa all'area sita nel comune di Angri (SA) in Località Ardinghi ed interessata da un "Programma di riqualificazione urbana per alloggi a canone sostenibile".

Lo scopo dell'indagine è consistito nella ricostruzione delle velocità delle onde di taglio V_s in profondità e nella conseguente determinazione del parametro V_{s30} al fine di classificare il suolo di fondazione del sito in accordo con la normativa vigente: Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14.01.2008: *"Norme tecniche per le costruzioni"*.

L'ubicazione dello stendimento sismico è di seguito indicato.



LEGENDA



= Area in esame



= stendimento MASW

INDAGINE GEOFISICA

Descrizione metodologia MASW

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh – MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) – è una metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio V_s . Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le onde di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

Il parametro V_{s30} rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S nei primi 30 metri di profondità ed è calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

h_i è lo spessore dello strato i -esimo;

V_i è la velocità dello strato i -esimo.

Tale parametro può essere determinato attraverso indagini indirette ed in particolar modo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh, ossia onde di superficie generate dall'interazione tra onde di pressione (P) e le onde di taglio verticali (S_v) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo. In presenza di un semispazio non omogeneo la loro velocità presenta dipendenza dalla frequenza, provocando dispersione della loro energia.

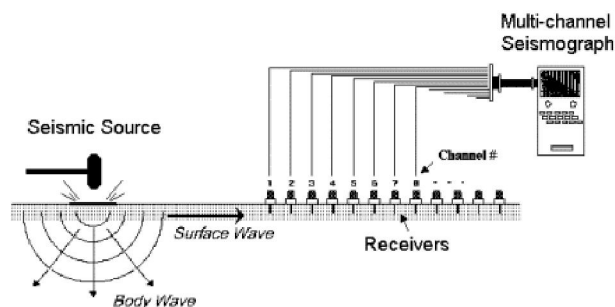
La dispersione è la deformazione di un treno d'onde nel sottosuolo dovuta ad una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza; per le onde di Rayleigh questa deformazione non si manifesta all'interno di un semispazio omogeneo e isotropo ma solo quando questi presenta una stratificazione.

La propagazione delle onde di Rayleigh, sebbene influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione anzitutto della V_s , che rappresenta un parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito.

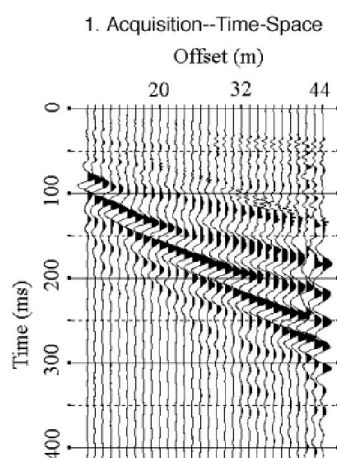
L'analisi delle onde S mediante tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, che, a seguito di una trasformata di Fourier, restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio è possibile separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria ecc. Osservando lo spettro di frequenza è possibile evidenziare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della sua frequenza, come risultato del fenomeno della dispersione.

L'intera procedura per una MASW consiste di 4 passi fondamentali:

1. ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;



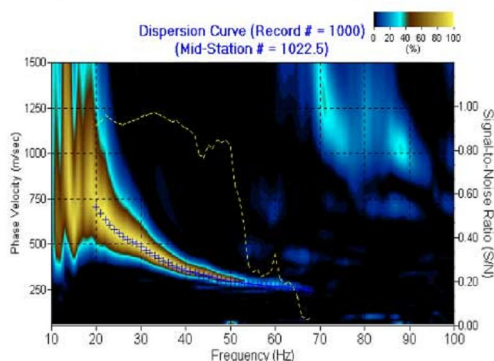
Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW



Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento

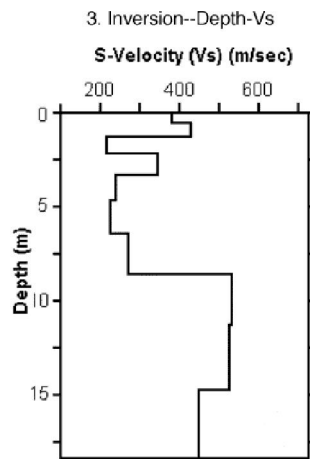
2. estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione);

2. Dispersion Curve Extraction--Frequency-Phase Velocity



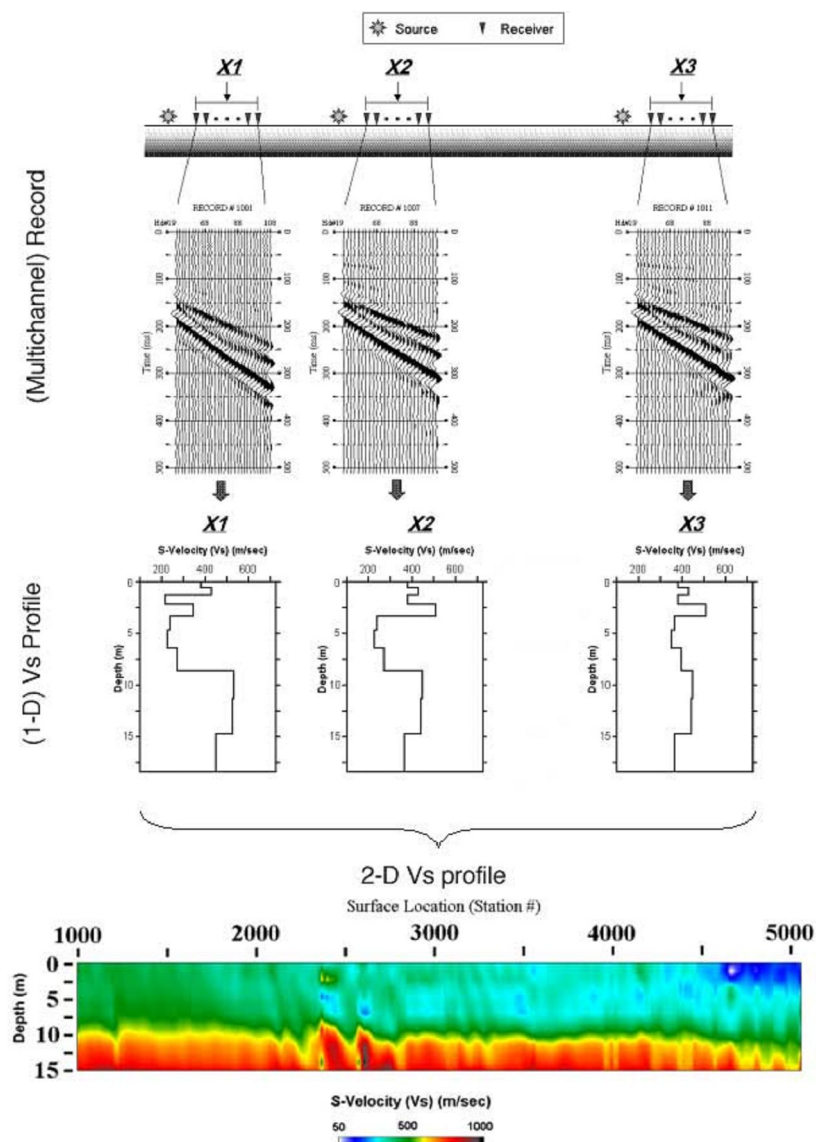
Curva di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh

3. inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle Vs (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);



Modello di velocità delle onde di taglio (V_s) ottenuto dalla curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh attraverso l'inversione di un modello multistrato di terreno. La velocità delle onde di taglio è approssimativamente pari a $1.1V_R$ (V_R =velocità delle onde di Rayleigh) e la profondità è pari a circa 0.4λ (λ =lunghezza d'onda).

- Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle V_s dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero due spostamenti lungo la linea dello stendimento).



Modello 2D di velocità delle onde di taglio (V_s) ottenuto dalle inversioni delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh

Strumentazione utilizzata

La strumentazione geosismica utilizzata per l'indagine sismica MASW comprende:

- ⊗ SISMOGRAFO PASI 16S24 basato su un processore Pentium II con 24 canali di registrazione simultanea a 16 bit, con filtri passa basso, passa alto ed a taglio di frequenza, memorizzazione delle onde registrate su un disco rigido interno di 6 GB, possibilità di interfaccia con stampante, tastiera e mouse esterno;
- ⊗ 24 GEOFONI del tipo elettromagnetico a bobina mobile che consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno, con risposta lineare a partire dalla frequenza di 4.5 Hz e relativo cavo di collegamento;
- ⊗ MASSA BATTENTE e/o CANNONCINO SISMICO per l'energizzazione del terreno.

Modalità di esecuzione dei rilievi: attività di campo

Preliminarmente all'acquisizione dei dati geofisici, è stato condotta una fase operativa riguardante l'organizzazione e l'approntamento delle indagini in sito. In fase di approntamento delle indagini, sono state valutate opportunamente spaziature geofoniche per quanto concerne l'indagine sismica MASW. La scelta di tali parametri risulta di notevole importanza in funzione della profondità d'investigazione e della risoluzione desiderata.

Lo stendimento è stato eseguito disponendo 24 geofoni da 4,5 Hz ad una distanza di 2 metri uno dall'altro per una lunghezza complessiva di 46 metri di stendimento e con la sorgente energizzante posta ad una distanza di 10 metri dal primo geofono.

In prima analisi è stata eseguita una energizzazione con piastra metallica impattata da una mazza da 10 kg, per la verifica della risposta dei terreni, dei guadagni da impostare sui vari canali, per verificare che le impostazioni relative al passo di campionamento, tempo di registrazione, etc. siano adeguate ai terreni presenti nel sottosuolo. Successivamente, l'energizzazione è stata eseguita con l'ausilio di un fucile sismico che utilizza delle cartucce calibro 8 industriali, il quale ha permesso di avere un'energia nettamente superiore al rumore ambientale, rendendo più chiare e leggibili le tracce registrate.



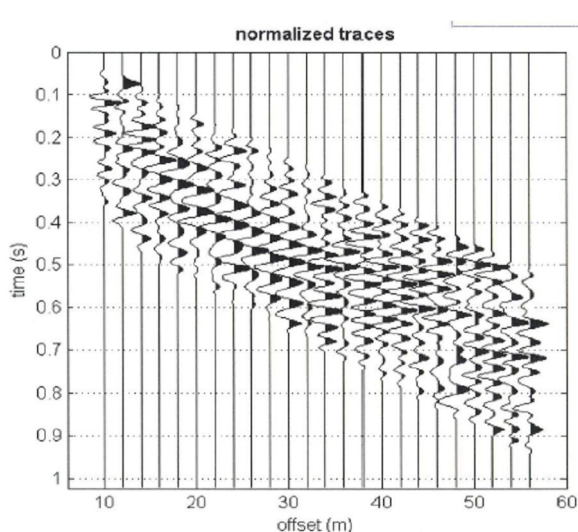
Stendimento sismico MASW

Elaborazione indagine sismica di tipo MASW

Partendo dalla registrazione di campagna delle tracce, la fase di elaborazione si è sviluppata nelle seguenti fasi:

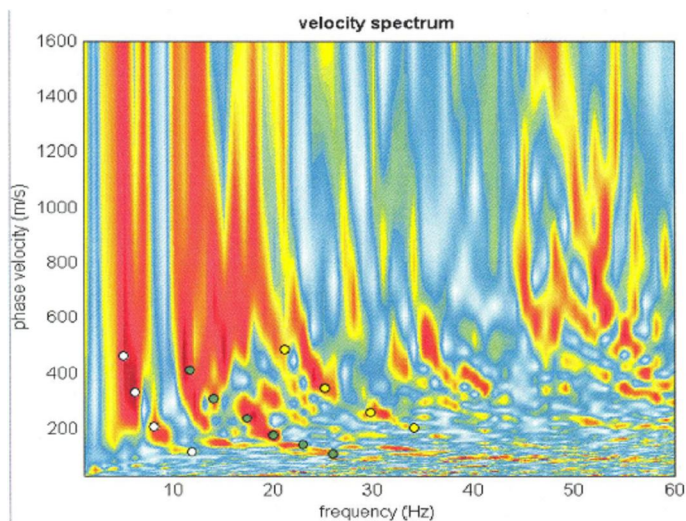
1. determinazione della curva di dispersione e la valutazione dello spettro di velocità;
2. inversione della curva di dispersione interpretata, mediante picking di un modo dell'onda di Rayleigh e successiva applicazione di algoritmi genetici;
3. risultati dell'inversione della curva di dispersione;
4. profilo di velocità delle onde S con la profondità.

La sovrapposizione delle curve teoriche e sperimentali ha fornito un parametro abbastanza indicativo sull'attendibilità del modello geofisico risultante, inoltre, nel profilo sismico si evidenzia la presenza alcuni sismostrati, aventi velocità di propagazione crescente all'aumentare della profondità d'investigazione.

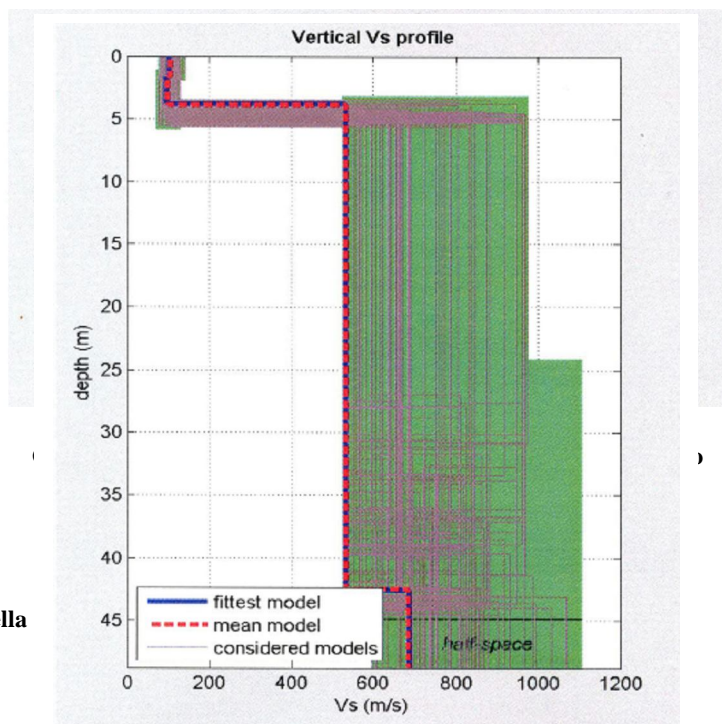


Registrazione di campagna delle tracce

dispersione



Analisi delle frequenze ed individuazione della curva di



**Risultati dell'inversione della
curva di dispersione**

La V_{s30} calcolata per il singolo profilo eseguito per l'area in esame è risultata pari a:

$$V_{s30} = 342 \text{ m/s}$$

che ha permesso di classificare il terreno di fondazione in una delle categorie di suolo di fondazione in ottemperanza del D.M. 14.01.2008, secondo la descrizione stratigrafica di cui alla tab. 3.2.II del suddetto decreto, come ricadente nella categoria di sottosuolo C:

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

CONCLUSIONI

Lo scrivente su incarico conferito dal Comune di Angri ha eseguito la presente indagine geofisica al fine di approfondire lo stato conoscitivo, dal punto di vista geotecnico-stratigrafico, dei terreni di fondazione, interessati da un "Programma di riqualificazione urbana per alloggi a canone sostenibile in località Ardinghi".

A tal proposito è stato effettuato un profilo sismico di tipo MASW che ha permesso, attraverso la determinazione del parametro V_{s30} in accordo con il D.M. 14.01.2008, di classificare il suolo di fondazione del sito nella categoria di sottosuolo C.

Lo scrivente si rende disponibile a fornire chiarimenti e/o integrazioni di quanto esposto seconde le esigenze della Committenza.

Angri (SA), 8 marzo 2013

Il geologo
