

METODOLOGIA HVSR

La metodologia microtremori HVSR (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio) è una tecnica di analisi passiva non invasiva a stazione singola del rumore sismico ambientale presente attorno ad una determinata posizione sulla superficie del terreno. Essa consiste essenzialmente nel calcolare il rapporto fra le ampiezze degli spettri di Fourier delle componenti orizzontale e verticale di tale rumore e analizzare i picchi (o massimi di tale funzione).

Quello che ci si aspetta è che le eventuali frequenze di risonanza caratteristiche del sito specifico corrispondano ad alcuni dei massimi eventualmente presenti nella funzione H/V. L'ampiezza di questi massimi è proporzionale, anche se non linearmente, all'entità dei contrasti di impedenza sismica esistenti.

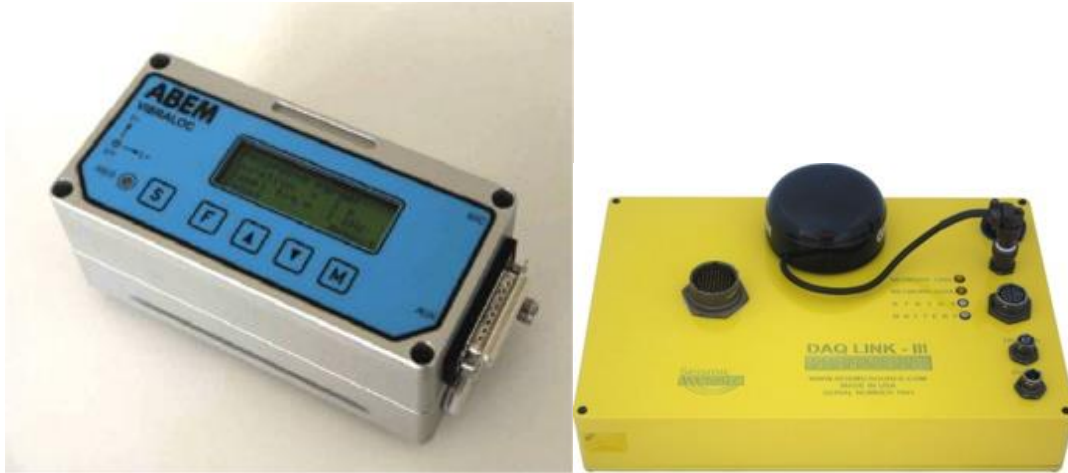
La presente metodologia permette di indagare profondità difficilmente raggiungibili con altre metodologie e dunque è possibile evidenziare picchi anche a frequenze molto basse.

Il rumore è naturalmente presente sempre per effetto di micro-vibrazioni propagantesi nel terreno; studi precedenti hanno concluso che ciò che le origina provenga principalmente da una moltitudine di deboli sorgenti, tra loro non correlate, riferibili in ultima analisi ai più disparati meccanismi di propagazione di impulsi-vibrazioni indotti in mezzi solidi anche da regioni remote, e il loro conseguente scattering, definito come il processo fisico per cui le onde vengono deflesse in modo casuale dalle irregolarità presenti nel terreno. E' lecito assumere almeno in prima istanza che queste micro-sorgenti di rumore abbiano una distribuzione casuale attorno al punto di osservazione.

Sorgenti di tipo antropico (tipicamente direzionali) possono comunque essere sempre presenti e complicare le interpretazioni dei dati, dal momento che possono introdurre picchi ulteriori nella funzione H/V, non riferibili a risonanze, ma nei medesimi range di frequenze.

Le vibrazioni ambientali possono anche essere categorizzate in base al loro tipico contenuto in frequenza, a seconda delle fonti che le hanno originate; inoltre possono presentarsi non trascurabili variazioni-oscillazioni come quelle dipendenti dall'ora del giorno-notte e dalle condizioni atmosferiche.

Le misurazioni sono effettuate in acquisizione continua con una terna triassiale di geofoni Vibraloc, oppure tramite una terna di geofoni collegate al sismografo le cui caratteristiche sono riassunte nelle tabelle seguenti.



Acquisitore Vibraloc e Daq Link

VIRBALOC - Caratteristiche tecniche	
Channels	3 geophone channels, 1 microphone channel for air-pressure monitoring
Frequency range	2-250 Hz (-3 dB)
Record length	Fixed length or Auto mode 2 - 100 s, expands automatically up to 1 - 1000 s
Recording modes	Event mode Peak value mode Continuous mode
Sampling frequency	User selectable: 100, 500, 1000, 2000 or 4000 Hz
Measuring range	+ /- 250 mm/s
Resolution	Better than 0.02 mm/s up to 31 mm/s Better than 0.1 mm/s up to 250 mm/s

Caratteristiche tecniche DaqLink III	
Channels	1-24 (multiple units can be used together)
A/D conversion	24 bit high speed sigma delta converters
Dynamic range	144 dB
Bandwidth	DC to 15KHz Analog filter flat response to 8000Hz Digital filter bandwidth – 85% of sample rate
Common mode rejection	Greater than 100dB
Crosstalk	Better than 125dB
Noise floor	0.2 μ V RMS noise
Trigger accuracy	+/- 1ms at all sample rates
Anti-alias filter	85% of Nyquist frequency
Digital Filters	User selectable frequency
Sample intervals	0.0208, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16 ms

Le operazioni di campagna consistono nella disposizione di questi opportuni sensori in posizione piana sul terreno e nell'acquisizione delle vibrazioni per un intervallo di tempo tale da disporre alla fine di una finestra temporale abbastanza ampia e dunque di una statistica sufficiente, necessaria per le elaborazioni HVSR successive.



Posizionamento dei sensori per misurazioni con tecnica microtremori HVSR

Per ogni posizione viene fatta una acquisizione di 20 - 30 minuti consecutivi, sufficienti dal punto di vista teorico a garantire che il campo d'onde medio attorno al punto di misura non dipenda dalle singole sorgenti che hanno generato il campo, ma solo dalle

proprietà del mezzo in cui le onde si propagano e dai livelli energetici medi della somma delle attività antropica e naturale.

Le vibrazioni che vengono registrate dagli strumenti sono oscillazioni aventi bassissima ampiezza – specie se rapportata a quella tipica indotta da terremoti o da sorgenti attive artificiali (tipo MASW) – e sono costituite da una combinazione di onde di diverso tipo; l'informazione utile al presente scopo è contenuta prevalentemente nella componente di tipo Rayleigh.

Nel caso in cui la morfologia del sottosuolo contenga variazioni di impedenza sufficientemente consistenti, ad esempio strati a diversa composizione, gli spettri in frequenza delle componenti registrate esibiranno andamenti tali che calcolandone i rapporti, possono mostrare, come detto in precedenza, i picchi caratteristici.

Questi picchi possono essere associati a determinate profondità, specialmente quando si ha a disposizione un dato di riferimento aggiuntivo, tipicamente proveniente da una prova di tipo down-hole o di tipo Masw, in grado di fornire il vincolo iniziale sulla successione locale in profondità dei macro-strati al processo di inversione della curva HVSR estratta dai dati.

La frequenza di risonanza f_0 di una copertura di materiale omogeneo e di spessore H , sovrapposta a un basamento rigido in condizioni di stratificazione piana, assumendo un comportamento elastico-lineare, è data dalla formula:

$$f_0 = \frac{\overline{V_s}}{4H}$$

dove V_s è la velocità media delle onde S nel sedimento.

Utilizzando questa relazione approssimata è possibile stimare, a partire dalla frequenza di risonanza ricavata dall'analisi HVSR, lo spessore della copertura una volta nota la velocità media delle onde di taglio V_s o, viceversa, la velocità media se lo spessore H è noto.

Eventuali picchi multipli presenti nello spettro dei rapporti HVSR possono essere ricondotti a determinate profondità (stimate) sfruttando questa stessa equazione; inoltre con questo sistema si può verificare che un determinato picco in frequenza corrisponda effettivamente ad uno dei salti di impedenza desunti.

Studi teorici dimostrano che le frequenze di picco ricavate dalle curve H/V corrispondono alle frequenze di risonanza della funzione di trasferimento, mentre l'ampiezza delle curve H/V non consente di stimare l'ampiezza della funzione di trasferimento.

L'eventuale assenza di massimi della funzione H/V suggerisce la mancanza di fenomeni di amplificazione sismica, dovuti a risonanze per rilevanti contrasti di impedenza.