

Firenze, 07 ottobre 2019

Oggetto: A.T 46 VIA PAVESE – PIANO ATTUATIVO

Nel quadro del progetto di cui all'oggetto, per la determinazione sismica del sito, è stata effettuata un'ulteriore indagine conoscitiva consistita in un'acquisizione di tipo Multichannel Acquisition of Surface Waves, **HVSR** (Horizontal to vertical Spectral Ratio), di cui sono a discutere i risultati.

Una premessa doverosa riguarda la definizione di amplificazione sismica locale, ossia le condizioni per cui le caratteristiche vibratorie dei movimenti sismici possono subire modificazioni ed esaltazioni locali.

Tra questi abbiamo gli **EFFETTI DI SITO** che interessano i terreni (sedimenti recenti, riporti, riempimenti, terrazzi fluviali) sovrapposti a materiali rocciosi di buona consistenza (bedrock). Vengono determinati dall'insieme dei fattori geomorfologici e geotecnici che interagendo con le onde sismiche possono modificare rispetto allo scuotimento che si avrebbe al bedrock, le caratteristiche vibratorie del moto sismico in superficie.

In questo caso l'instabilità delle strutture, sia per l'esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, sia perché possono aversi fenomeni di "doppia risonanza" fra modi di vibrare del terreno e della strutturale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, sia perché possono aversi fenomeni di "doppia risonanza" fra modi di vibrare del terreno e della struttura. Questo avviene perché, a causa della sua natura particellare e multifase, il terreno in presenza di carichi dinamici e ciclici, modifica la struttura interna del suo scheletro solido. In condizioni non drenate (terreno saturo) e in presenza di terremoti forti, queste modificazioni influenzano il regime delle pressioni interstiziali con un decadimento delle caratteristiche di rigidità e resistenza spesso così marcate e irreversibili da modificare a loro volta il moto sismico. L'ampiezza di deformazione di taglio raggiunta durante l'applicazione della storia di carico.

Dal punto di vista fisico, per risposta sismica locale, si intende l'insieme delle modifiche (ampiezza, contenuto in frequenza, durata ecc ecc) che un moto sismico al bedrock $a_r(t)$ subisce attraversando gli strati di terreno fino alla superficie S ove assume il valore di $a_s(t)$.

Tra le tecniche passive per la definizione della risposta sismica locale abbiamo le **Tecniche senza sito di riferimento $H_s(f)/V_s(f)$ - Metodo Nakamura.**

Nell'ultimo decennio, in seguito all'aumentata sensibilità e dinamica degli strumenti sismici è stato possibile elaborare nuove metodologie speditive per la determinazione della funzione di amplificazione utilizzando rumore ambientale anziché terremoti. Questo ha permesso di ricavare gli effetti di sito anche in zone caratterizzate da sismicità poco frequente e/o di bassa energia.

Tra esse, il metodo Nakamura (Nakamura, 1989), basato sui rapporti spettrali tra la componente verticale e orizzontale del segnale registrato, consente di ottenere la funzione di amplificazione di un sito utilizzando il rumore ambientale (microtremore: rumore ambientale a corto periodo) nell'ipotesi che lo spettro della componente verticale simuli il rumore bianco.

Attraverso un sistema di acquisizione composto da un sensore a tre componenti (verticale, Est-Ovest e Nord-Sud) da un acquisitore e da un GPS si registrano finestre di rumore ambientale dalle quali è possibile elaborare i rapporti H/V.

Tali rapporti presentano un comportamento differente a seconda del sito considerato, mostrando a seconda dei casi un picco in corrispondenza della frequenza fondamentale del sito.

Nel dominio della frequenza, 4 sono gli spettri coinvolti: le componenti orizzontali e verticali del moto in superficie (H_s e V_s) ed alla base dello strato (H_b e V_b).

È possibile riassumere i concetti di base come segue:

- i microtremori consistono principalmente in onde che si propagano in un singolo strato "soffice" su un semispazio; la presenza di questo strato è causa dell'amplificazione di sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto del suolo, senza utilizzare alcun sito di riferimento.
- i microtremori sono generati da sorgenti locali, e non da sorgenti profonde il cui contributo viene trascurato.
- le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base.
- la componente verticale del moto non risente di affetti di amplificazione locale; in altre parole si ipotizza che la componente verticale dello scuotimento sismico non venga modificata durante il percorso tra il bedrock e la superficie.

Sviluppando una serie di funzioni si arriva al risultato finale in cui La funzione di trasferimento di $S(f)$ può essere scritta nel seguente modo:

$$S(f) = H_s(f)/V_s(f)$$

La tecnica Nakamura si basa sostanzialmente su:

- Acquisizione di “rumore” sismico con sensori 3C ad *alta* dinamica (0.5h – 1h);
- Selezione di “finestre” di rumore sismico (30s – 90s);
- Trasformazione nel dominio delle frequenze delle “finestre” di rumore sismico;
- “smoothing” o lisciatura degli spettri (il rapporto H/V nel dominio delle frequenze è una operazione critica);
- H/V per ogni finestra e statistica (curva media e intervalli di confidenza).

Quanto esposto è stato effettuato nel sito d'interesse, confrontando i risultati con quanto già osservato con la prospezione DH effettuata nel 2016.

La misure HVSR ha mostrato la presenza di un picco fondamentale a 0.75 Hz con un valore del rapporto H/V di circa 3.66 volte. Tale picco potrebbe essere ricondotto al substrato litoide profondo (circa 120 - 150 m).



The image shows a handwritten signature in blue ink over a red circular stamp. The stamp contains the text: "ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA", "BARELLINI", "FRANCESCO", "BARELLINI", and "N° 601".