

# Uso di dati telesismici per la determinazione degli effetti di sito in Val Pellice

**G. Ferretti<sup>(1)</sup>, M. Massa<sup>(2)</sup>, L. Isella<sup>(1)</sup> e C. Eva<sup>(1)</sup>**

(1) Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse, Università di Genova, Viale Benedetto XV, 5, 16132 Genova, Italia.

(2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Milano, via Bassini 15, 20133 Milano, Italia.

Uno dei principali problemi negli studi di microzonazione è la valutazione della risposta di sito in funzione delle condizioni geologiche, geomorfologiche, geotecniche locali. Negli ultimi anni l'utilizzo di metodi sperimentali e/o simulazioni numeriche ha rappresentato l'obiettivo principale per lo studio degli effetti di amplificazione locale.

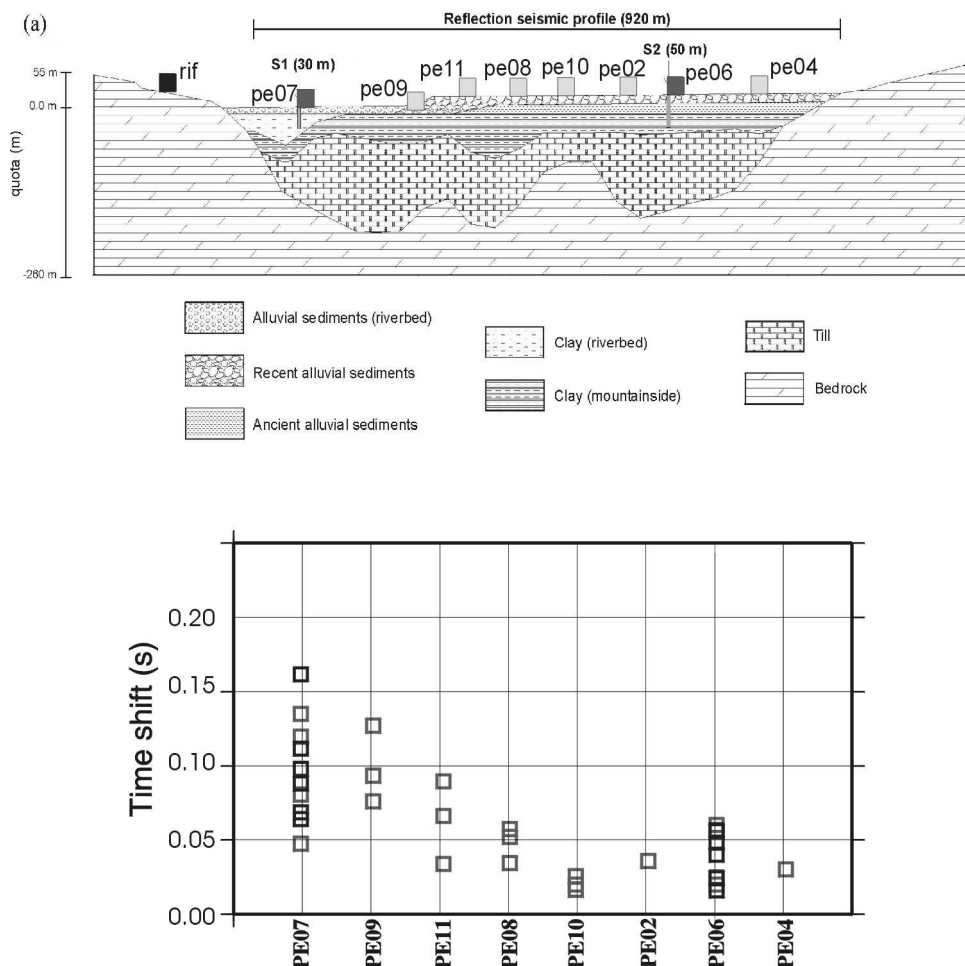
In molte aree urbanizzate, caratterizzate da un tasso di sismicità molto basso ma potenzialmente pericolose per l'occorrenza di terremoti anche di medio-alta energia, risulta difficile stimare la risposta di sito attraverso metodi sperimentali basati su dati sismici. In questi casi la metodologia Nakamura (Nakamura, 1989), attraverso l'utilizzo di rumore ambientale, è in grado di fornire risultati soddisfacenti per quanto riguarda la determinazione della frequenza di risonanza di un sito. Tuttavia la determinazione degli effetti di sito di un'area attraverso il solo utilizzo di microtremore, come dimostrato da numerosi studi (Lermo and Chavez-Garcia, 1993; Lachet and Bard, 1994; Bard et al., 1998; Bindi et al., 2000, Parolai et al., 2001, Parolai et al., 2004) può risultare inaffidabile e l'elaborazione di dati sismici è comunque necessaria.

In questo lavoro viene proposto l'utilizzo di segnali telesismici per la determinazione degli effetti di amplificazione locale legati alle onde di taglio. L'area utilizzata per testare la metodologia proposta è la Val Pellice, una valle Alpina ubicata nella parte orientale della Regione Piemonte. In particolare, nell'ambito del progetto Sismoalp (Seismic Hazard and Response Analysis in the Alpine Valley) in collaborazione con la Regione Piemonte e il Politecnico di Milano, è stato pianificato uno studio di dettaglio per la caratterizzazione della risposta di sito presso l'area urbana del comune di Torre Pellice. L'area investigata comprende una zona caratterizzata da una conoide alluvionale, una zona urbanizzata giacente su un terrazzo alluvionale antico, una zona in prossimità del torrente Pellice caratterizzata da depositi fluviali recenti e zone in cui è possibile osservare affioramenti di gneiss. La campagna di misure pianificata per la determinazione dei parametri geotecnici dei litotipi superficiali e per definire la geometria del substrato roccioso ha compreso 2 sondaggi con di prove down-hole e due profili sismici a riflessione. In fig. 1 (pannello superiore) è riportata una sezione interpretata della valle. Una rete temporanea è stata inoltre installata al fine di valutare gli effetti di amplificazione locale; in particolare durante il periodo compreso fra Novembre 2004 e Gennaio 2005 un network composto da 9 velocimetri è stato installato al fine di monitorare ed analizzare le zone caratterizzate da differenti condizioni geologiche. Le stazioni Pe07, Pe09 e Pe11 sono state installate presso l'alveo del fiume, le stazioni Pe06 e Pe04 sul terrazzo alluvionale antico, le stazioni Pe02, Pe08 e Pe10 sulla conoide alluvionale mentre la stazioni Pe03 su gneiss affiorante.

Tale network ha consentito l'acquisizione di microtremore, di terremoti locali e di telesismi; i dati raccolti sono stati elaborati separatamente applicando metodologie standard basate sui rapporti spettrali H/V (Lermo and Chavez-Garcia, 1993; Field and Jacob, 1995; Lachet et al., 1996; Bonilla et al., 1997; Parolai et al., 2000; Parolai et al., 2004). In particolare i dati telesismici sono stati accuratamente selezionati in funzione del rapporto segnale-rumore ed i rapporti spettrali sono stati calcolati applicando un algoritmo classico basato sul lisciamento degli spettri, sul calcolo dello spettro di Fourier orizzontale (ottenuto mediando le componenti NS e EW) e sul calcolo dei rapporti H/V mediati rispetto ad almeno 7 eventi. I rapporti spettrali sono stati confrontati con quelli ottenuti processando il rumore ambientale (secondo la metodologia Nakamura, 1989) ed i terremoti locali (seguendo la procedura validata in Parolai et al., 2004). L'accordo fra i risultati è ottimo sia per quanto riguarda il sito su roccia (H/V piatto) sia i siti in alveo (frequenza di risonanza a circa 1,3 Hz e fattore di amplificazione circa 6) sia i siti in terrazzo alluvionale (frequenza di risonanza compresa fra 2 e 3 Hz e fattore di amplificazione circa 4). L'utilizzo di dati di tipo telesismico permette un ulteriore tipo di analisi: se la distanza ipocentrale degli eventi considerati è molto maggiore rispetto all'apertura del

network, il fronte dell'onda sismica può essere considerato uniforme al di sotto dell'area investigata e si può assumere che le differenze osservate fra le forme d'onda telesismiche siano correlate alla differente tipologia dei litotipi presenti negli strati superficiali (Dolenc et al., 2005). In particolare l'analisi dei time shifts fra i tempi di arrivo della fase P di ogni stazione rispetto alla stazione su roccia (Pe03, stazione di riferimento) e dell'ampiezza relativa del primo impulso della fase P rispetto alla stazione di riferimento possono essere correlate con le caratteristiche locali dell'area indagata. In fig. 1 (pannello inferiore) è possibile correlare l'andamento dei residui di tempo, ottenuti cross-correlando i segnali registrati e opportunamente filtrati fra 0.2 e 4 Hz (in base al livello di S/N), con lo spessore degli strati a bassa velocità (residui maggiori per le stazioni presso l'alveo del fiume) e con la geometria del substrato roccioso. E' interessante osservare il valore ottenuto per la stazione Pe10 che ben descrive la risalita del bedrock (struttura a doppio paleo-alveo).

In conclusione, l'utilizzo di dati telesismici permette un accurata valutazione degli effetti di amplificazione locale in termini di rapporti spettrali H/V, entro il range di frequenze ove il rapporto S/N è alto, anche in zone caratterizzate da un basso tasso di sismicità e rappresenta anche uno strumento funzionale per la definizione preliminare della geometria del bedrock e della struttura superficiale di una valle o di un bacino.



**Fig. 1** - pannello superiore: sezione 2D della struttura della Val Pellice in prossimità di Torre Pellice ottenuta interpretando profili sismici e prove down-hole; pannello inferiore: andamento dello shift temporale della fase P fra ciascuna stazione e la stazione di riferimento.

## Bibliografia

- Bard P.Y., 1998: Microtremor measurement: a tool for site effect estimation? Second International Symposium on the effects of the surface geology on the seismic motion, EGS98-Japan.  
 Bindi D., Parolai S., Spallarossa D. and Cattaneo M., 2000: Site effects by H/V ratio: comparison of two different procedures, Journal of Earth. Eng., 4, n. 1, 97-113 pp.

- Bonilla L. F., Steidl J. H., Lindley G. T., Tumarkin A. G. and Archuleta R. J., 1997: Site amplification in the San fernando valley, California: variability of site effect estimation using S-wave, coda, and H/V method, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 87, 710-730 pp.
- Dolenc D., Dreger D. and Larsen S., 2005: Basin structure influences on the teleseismic wave propagation in the Santa Clara Valley, California, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 95, n. 3, 1120-1136 pp.
- Field E. H. and Jacob H. K., 1995: A comparison and test of various site response estimation techniques, including three that are non reference site dependent, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 78, n. 1, 42-63 pp.
- Lachet C., Bard P. Y., 1994: Numerical and theoretical investigations on the possibilities and limitations of Nakamura's technique, *Journals of Physics of the Earth*, 42, 377-397 pp.
- Lachet C., Hatzfeld D., Bard P.-Y., Theodulidis N., Papaioannou C. and Savvaidis A., 2006: Site effects and microzonation in the city of Thessaloniki (Greece): comparison of different approaches, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 86, n. 6, 1692-1703 pp.
- Lermo J., Chàvez-García F.J., 1993: Site effects evaluation using spectral ratios with only one station, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 83, n. 5, 1574-1594 pp.
- Nakamura Y., 1989: A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, *Rep. Railway Tech. Res. Inst., Jpn*, 30 (1), 25-33 pp.
- Parolai S., Bindi D. and Augliera P., 2000: application of the generalized inversion technique (GIT) to a microzonation study: numerical simulations and comparison with different site estimation techniques, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 90, n. 2, 286-297 pp.
- Parolai S., Bormann P., Milkereit C., 2001: Assessment of the natural frequency of the sedimentary cover in the Cologne area (Germany) using noise measurements, *Journal of Earth. Eng.* 5 (4), 541-564 pp.
- Parolai S., Richwalski S. M., Milkereit C., Bormann P., 2004: Assessment of the stability of H/V spectral ratios from ambient noise and comparison with earthquake data in the Cologne area (Germany), *Tectonophysics*, 390, 57-73 pp.