

M.R. Gallipoli e M. Mucciarelli

Dipartimento di Strutture, Geotecnica e Geologia Applicata all'Ingegneria, Università della Basilicata

EVIDENZE SPERIMENTALI DI RISONANZA TRA SUOLO ED EDIFICI NELLA ZONA COLPITA DAL TERREMOTO DEL MOLISE

A seguito di un forte terremoto, spesso la presenza di un danno concentrato può indurre a valutare solo l'aspetto di amplificazione di sito nella località maggiormente danneggiata. Una differente (minore) vulnerabilità avrebbe potuto mascherare altre particolari amplificazioni locali. Dopo il terremoto del Molise quindi, in maniera sistematica, è stata condotta una campagna di misure di rumore ambientale in tutte le municipalità che hanno riportato un'intensità pari o superiore al VI grado della scala MCS.

In ciascun comune sono state condotte misure di microtremori in più punti in modo da ricoprire in maniera uniforme l'abitato, per un totale di 53 punti di misura. Durante l'analisi delle misure sono state effettuate due verifiche, ossia che sui siti in roccia la funzione HVNR fosse piatta e che la funzione HVNR fosse rappresentativa di quella ottenuta con dati strong motion. Questa ultima verifica è stata effettuata per i comuni di San Giuliano e Bonefro, per i quali si avevano registrazioni di *aftershocks* sufficientemente forti (Mucciarelli et al., 2003, 2004). Per ciascun comune si è attribuita una funzione HVNR media di tutte quelle che presentassero amplificazione e corretta per un fattore che tenesse conto della distanza tra il comune e l'epicentro. A questo punto è stata fatta una correlazione non parametrica (Spearman's Rank Test) capace di evidenziare andamenti monotonici tra i valori di amplificazione e le intensità MCS per ogni banda di frequenza.

È stata trovata una significativa correlazione tra l'intensità macrosismica stimata e i valori di amplificazione nella banda di interesse per l'edificato (2-4 Hz). La correlazione nella banda 2-4 Hz ha suscitato particolare interesse per la tipologia costruttiva di questi paesi. Gli abitati sono costituiti da plesso edilizi composti da edifici in mattoni a due/tre piani connessi tra loro; la frequenza di vibrazione risultante potrebbe essere più bassa rispetto a quella propria di una casa isolata dalle altre. Valori di frequenza attorno a 2 Hz per complessi di case in muratura erano stati misurati anche per gli edifici della zona colpita dal terremoto del 1987 in Umbria-Marche. La presenza di maggiori valori di amplificazione ricadenti nella stessa finestra di frequenze di vibrazione della tipologia edilizia di questi abitati, potrebbe far supporre che fenomeni di risonanza tra il suolo e gli edifici siano potuti insorgere durante l'evento principale incrementando il danneggiamento.

Uno studio più dettagliato sul fenomeno di risonanza tra il suolo di fondazione e l'edificio sovrastante è stato condotto per valutare il danneggiamento di un edificio in cemento armato di Bonefro. L'edificio insiste su di uno strato di circa 30 m di argilla sovrapposto ad uno più consistente di marne. La frequenza di risonanza del suolo è stata investigata con 3 tecniche: HVNR, HVSR e mediante un modello 1D a partire dai valori sperimentali del profilo di V_S ottenuti da una prospezione NASW (Louie, 2001). La funzione HVNR ottenuta nella zona di maggior danneggiamento mostra il picco di risonanza a 2.5 Hz, mentre la funzione relativa al centro storico è abbastanza piatta nella banda di interesse per l'edificato (il centro storico poggia su un affioramento di calcari). Inoltre un accelerometro (Kinematics S2) è stato installato vicino all'edificio danneggiato che ha registrato 7 *aftershocks* di magnitudo compresa tra 4.2-3.2 e con PGA compresa tra 0.1-0.005 g. Il picco di risonanza

stimato utilizzando questi terremoti è a 1.8 Hz. Inoltre la prospezione NASW ha permesso di ricavare il profilo delle velocità delle onde di taglio. Mediante un modello monodimensionale (EERA, Bardet et al., 2000) è stata ricavata la funzione di trasferimento al sito che mostra il picco fondamentale a 2.4 Hz.

Queste frequenze stimate per il suolo sono risultate molto prossime a quelle dell'edificio prima della scossa del 1 Novembre. Il comportamento dinamico dell'edificio è stato ben seguito poiché, all'interno dell'edificio, è stato registrato il velocigramma della scossa del 1° novembre 2002. Il sismometro Lennartz 3D-Lite collegato ad un acquirente a 24 bit PRAX A/D è stato installato nel vano scala dell'ultimo piano dell'edificio di 4 piani. La registrazione effettuata consta di 1 min di rumore ambientale, 3 min relativi alla scossa, alla sua coda e ad un altro *aftershock* ed infine 1 min di rumore ambientale. Tale registrazione è stata analizzata con diverse tecniche (Short Time Fourier Transform, Trasformata Wavelet, Horizontal-to-Vertical Moving Window Ratio, HVNR). Tutte le analisi hanno concordemente stimato come la frequenza principale di vibrazione dell'edificio prima della scossa fosse molto prossima a quella del suolo.

BIBLIOGRAFIA

- Bardet J. P., Ichii K. e Lin C.H.; (2000): EERA: A Computer Program for Equivalent-linear Earthquake site Response Analyses of Layered Soil Deposits, University of Southern California, User Manual, 40 pp.
- Louie J. N.; (2001): Faster, better: shear wave velocity to 100m depth from refraction microtremors arrays, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 91, 347-364.
- Mucciarelli M., Masi A., Vona M., Gallipoli M.R., Harabaglia P., Caputo R., Piscitelli S., Rizzo E., Picozzi M., Albarello D. e Lizza C.; (2003): Quick survey of the possible causes of damage enhancement observed in San Giuliano after the 2002 Molise, Italy seismic sequence, *Journal of Earthquake Engineering*, 7, 4, 599-614.
- Mucciarelli M., Gallipoli M.R., Masi A., Vona M., Ponzo F. e Dolce M.; (2004): Analysis of r.c. building dynamic response and soil-building resonance based on data recorded during a damaging earthquake (Molise, Italy 2002), *Bull. Seism. Soc. Am.*, 94, 5, 1943-1953.
- Nakamura Y.; (1989): A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, *QR Railway Tech. Res. Inst.* 30, 1.
- Nakamura Y.; (2000): Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications, *Proceedings of 12th World Conference on Earthquake Engineering*, New Zealand.