

ANALISI SISMOTETTONICA DEL COMPLESSO SISTEMA DI FAGLIE DENOMINATO “GARFAGNANA - NORD” (TOSCANA SETTENTRIONALE)

C. Turino, D. Scafidi
scafidi@dipteris.unige.it

Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse, Università di Genova

La Garfagnana – Lunigiana è tra le aree più attive della nostra penisola dal punto di vista sismico. Essa è caratterizzata da un complesso sistema di faglie, parzialmente cartografate, di cui non sono noti con precisione il regime tettonico e l'estensione in profondità. L'obiettivo di questo lavoro è quello di migliorare le conoscenze sulle caratteristiche sismotettoniche dell'area integrando differenti metodologie sismologiche di indagine.

La potenzialità sismica dell'area è ben nota, come dimostrato da numerosi terremoti occorsi nel passato, il più forte dei quali è certamente quello del 7 settembre 1920 con Mw stimata di 6.4. I cataloghi macrosismici ed anche i più recenti dati strumentali posizionano questo evento nell'area di maggior frequenza della microsismicità attuale; inoltre, la sua occorrenza sembra correlabile al più recente evento di magnitudo al di sopra della soglia del danno (Ml 4.9), verificatosi il 10 ottobre del 1995.

Per l'importanza che riveste la sismicità sul tessuto antropico e per una migliore conoscenza dei meccanismi di rilascio dell'energia, il monitoraggio dell'attività sismica dell'area negli ultimi anni è stato intensificato con l'installazione di numerose stazioni sismiche appartenenti alla Rete Sismica dell'Italia Nord Occidentale (RSNI, gestita dal Dip.Te.Ris., Genova) ed alla Rete Sismica Nazionale Centralizzata (RSNC, gestita dall'INGV, Roma). L'attuale concentrazione di stazioni permette la registrazione e la localizzazione di terremoti con soglie di magnitudo molto basse e con errori contenuti per la determinazione dei parametri ipocentrali. I dati a disposizione permettono quindi studi avanzati sulle caratteristiche delle strutture sismogenetiche. Tuttavia, le normali tecniche di localizzazione forniscono, in alcuni casi, errori nella determinazione dei parametri ipocentrali non compatibili con le dimensioni delle strutture in esame, quali le singole faglie, ed è quindi necessario ricorrere ad accorgimenti in grado di migliorare l'affidabilità delle localizzazioni ottenute. Tali azioni consistono principalmente nel calcolo di modelli di velocità specifici per l'area di studio e nell'applicazione di tecniche avanzate di localizzazione, assoluta o relativa, in grado di sfruttare nel modo più completo le informazioni contenute nei sismogrammi.

In quest'ottica, nel presente studio, è stato utilizzato un dataset composto da 953 eventi sismici ottenuto dall'unione delle forme d'onda dei due network sismici RSNI e RSNC, con lo scopo di garantire la migliore completezza e la massima qualità dei dati. Il dataset è stato oggetto di un'accurata rilettura manuale dei tempi di arrivo delle fasi sismiche sia P che S (14893 fasi P e 9865 fasi S) al fine di ridurre l'errore associato al riconoscimento delle fasi e stabilire una comune individuazione dei pesi da assegnare ai dati.

A fronte di un miglioramento dei metodi di indagine e dei dati di base, è necessario avere a disposizione un accurato modello di propagazione delle onde sismiche in grado di approssimare al meglio le eterogeneità laterali, largamente presenti in un'area strutturalmente complessa come quella oggetto di studio. Si è dunque resa necessaria l'applicazione di una tecnica in grado di indagare un'area relativamente vasta sia a profondità elevate sia con il dettaglio proprio di uno studio di sismotettonica. Per questo motivo è stata utilizzata la tomografia sismica locale, metodologia che ha consentito di calcolare un modello tridimensionale di velocità delle onde P ed S, necessario alle localizzazioni di precisione, permettendo inoltre di caratterizzare sia le disomogeneità spaziali delle strutture sia le implicazioni reologiche della distribuzione del rapporto V_p/V_s .

La tomografia è stata condotta utilizzando il metodo proposto da Thurber (1983), che consente la risoluzione del doppio problema inverso della localizzazione e della determinazione delle velocità in un

volume opportunamente suddiviso in strati e nodi. Il problema viene linearizzato dal carattere iterativo della soluzione che prevede, dopo la separazione dei parametri, la definizione di velocità corrette per il modello ed il successivo aggiustamento delle localizzazioni sulla base delle nuove velocità ad ogni iterazione del calcolo. La soluzione per il modello di velocità viene raggiunta tramite l'applicazione del metodo dei minimi quadrati smorzati, mentre le localizzazioni sono ottenute con la tecnica della Singular Value Decomposition. La posizione degli eventi così ottenuta è caratterizzata da una maggiore stabilità ed affidabilità insita nell'utilizzo di un modello tridimensionale, quindi più simile ad una terra reale. Tuttavia, nello studio di un'area così complessa e per strutture con dimensioni contenute (10-20 km di estensione) è necessario validare la posizione degli ipocentri tramite l'utilizzo di tecniche di localizzazione di precisione. A tale proposito, in questo lavoro, si è utilizzato sia un metodo probabilistico di localizzazione quale Non Linear Localization (NonLinLoc) sviluppato da A. Lomax et al. (2000; <http://www.alomax.net/nlloc>), sia un metodo di localizzazione relativo quale Double-Difference Hypocenter Locations (HypoDD) sviluppato da Waldhauser et Ellsworth (2000).

La prima metodologia è basata su un processo di ricerca globale della soluzione che può essere ottenuta utilizzando tre diversi algoritmi. Nonostante tutti e tre permettano l'utilizzo di un modello tridimensionale e forniscano una completa descrizione delle incertezze stimate sulla localizzazione, in questo studio, dopo opportuni test comparativi, si è scelto di applicare l'algoritmo "Oct – Tree Sampling Importance" (Lomax et al., 2001), sulla base della sua velocità di esecuzione e sulla maggiore semplicità di utilizzo a cui corrispondono comunque risultati più affidabili.

Il metodo HypoDD è invece basato sulla considerazione che, se la distanza tra gli ipocentri di due terremoti è piccola rispetto alla distanza stazione - evento e l'eterogeneità delle velocità incontrate è contenuta, le caratteristiche del tragitto sorgente - stazione per i due terremoti sono simili lungo buona parte del percorso totale. Se sussistono queste condizioni la differenza tra i tempi di propagazione per i due eventi alla stessa stazione è attribuibile con grande accuratezza all'offset spaziale tra i due eventi. Il metodo utilizza sia tempi di arrivo sia valori di cross-correlazione calcolati con un opportuno algoritmo e relativi alle somiglianze tra forme d'onda della stessa stazione sismica per diversi eventi o, infine, i due dati congiuntamente. L'utilizzo di HypoDD non prevede l'inserimento di un modello tridimensionale: per tenere dunque conto della complessità del modello sotto-stazione è stato necessario calcolare un modello mono-dimensionale appropriato e valido specificatamente per l'area di applicazione del metodo.

In Fig. 1 vengono mostrate in pianta le localizzazioni di precisione calcolate mediante il software NonLinLoc (cerchi pieni), la posizione epicentrale del terremoto del 1920 (stella) ottenuta da una rilocalizzazione strumentale (Solarino, 2005), e quella del terremoto del 1995 (rombo). Simili immagini sono state ottenute anche con l'utilizzo del metodo HypoDD, ad ulteriore conferma dell'attendibilità di tali risultati. La sismicità mostra un'orientazione NW – SE, coincidente con quella supposta per i principali sistemi di faglia dell'area, con una particolare concentrazione di eventi intorno all'area epicentrale del 1920 ed in prossimità del limite meridionale della faglia Garfagnana Nord.

La sovrapposizione di sezioni di sismicità ottenute con il metodo NonLinLoc alle immagini tomografiche relative al rapporto V_p/V_s (Fig. 1) mostra che la sismicità è confinata al passaggio da una zona ad alto rapporto V_p/V_s (grigio scuro in figura) ad una con bassi valori di V_p/V_s (grigio chiaro). La pendenza della distribuzione dei terremoti suggerisce che l'inclinazione della Garfagnana Nord sia di circa 30° con immersione NE, e che tale sistema di faglie sia esteso fino a circa 15 km di profondità.

Infine, dallo studio dei meccanismi focali, calcolati con il metodo dei primi arrivi e solo per i terremoti aventi $M_I \geq 3.0$, si evince un carattere transtensivo dell'area della Garfagnana Nord. Fa eccezione il terremoto del 1995 che, avendo un meccanismo puramente trascorrente, porta ad ipotizzare che l'area epicentrale di questo terremoto possa essere considerata una zona di svincolo per i sistemi di faglia NW – SE.

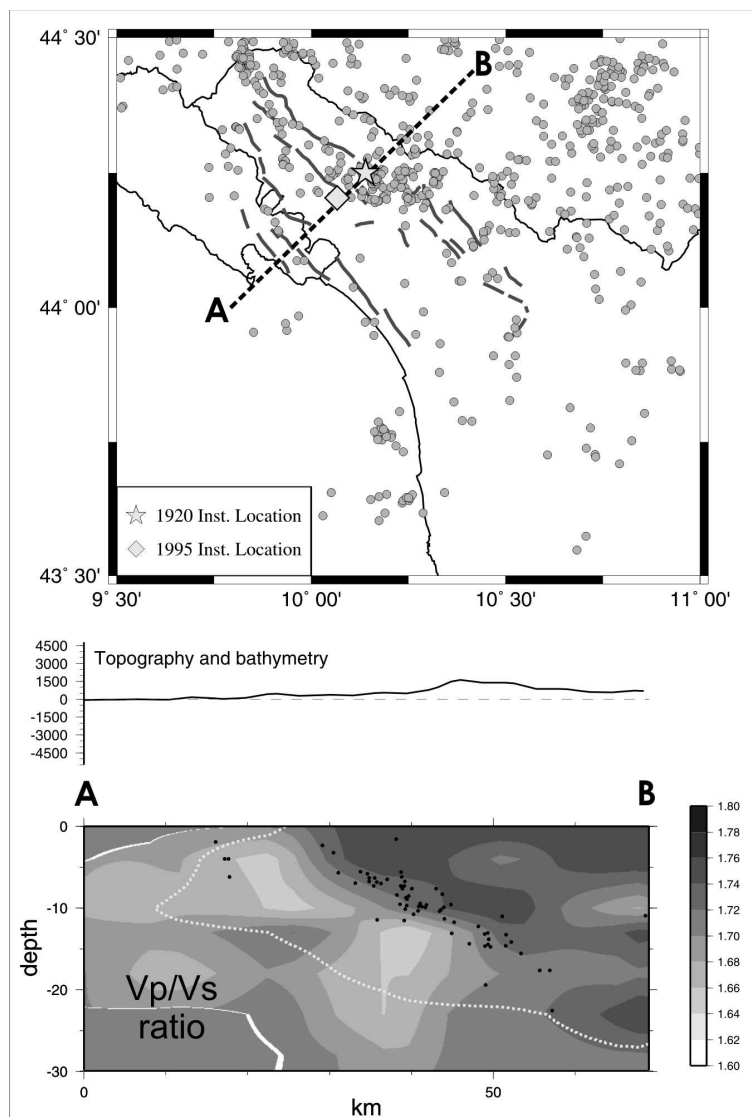


Fig. 1 – Rappresentazione in pianta della sismicità rilocalizzata con il software NonLinLoc, sovrapposta alle localizzazioni strumentali dei terremoti del 7 settembre 1920 (stella) e del 10 ottobre 1995 (rombo). Viene anche tracciata, in direzione anti-appenninica, una sezione tomografica dell'andamento del rapporto V_p/V_s sovrapposto alla sismicità.

Bibliografia

- Lomax A., Virieux J., Volant P. & Berge C. (2000): Probabilistic earthquake location in 3D and layered models: introduction of a Metropolis – Gibbs method and comparison with linear locations. In *Advances in Seismic Event Location*, Thurber C. H. and Rabinowitz N. (Editors), Kluwer, Amsterdam, 101-134.
- Lomax A. & Curtis A. (2001): Fast, probabilistic earthquake location in 3D models using oct-tree importance sampling. *Geophys. Res. Abstr.*, **3**, 955.
- Solarino S. (2005): The role of instrumental versus macroseismic locations for earthquakes of the last century: a discussion based on the seismicity of the North – Western Apennines (Italy). *Annals of Geophysics*, **48**, 6 923-936.
- Thurber C.H. (1983): Earthquake locations and three-dimensional crustal structure in the Coyote Lake area, Central California. *J. Geophys. Res.*, **88**, 8226.
- Waldhauser F. & Ellsworth W.L. (2000): A double – difference earthquake algorithm: method and application to the northern Hayward fault. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **90**, 1353-1368.