

Il potenziale di pericolosità delle principali strutture presenti sul territorio interessato

La faglie sismogenetiche lucane

I risultati dello studio derivano dalle analisi prodotte dagli effetti del terremoto del 1857 in Val d'Agri e del 1980 in Irpinia

di **Rodolfo Console**⁽¹⁾⁽²⁾ e **Maurizio Leggeri**⁽²⁾⁽³⁾

utilità della teoria di Poisson, dobbiamo tener conto anche dell'esistenza di un differente e più deterministico approccio alla valutazione della pericolosità sismica probabilistica (PSHA). Nelle zone sismiche, come la Basilicata, la crosta terrestre è sottoposta a sforzi crescenti, causati da lentissimi movimenti delle zolle continentali, che inevitabilmente portano al loro rilascio attraverso fratture improvvise di tratti della crosta stessa, che sono le cause primarie dei terremoti. Un modello intuitivo (detto del "terremoto caratteristico") attribuisce a ciascuna struttura sismogenetica, identificabile con le faglie riconosciute geologicamente, un ritmo (come la lentissima pulsazione di un cuore gigantesco) con il quale la faglia si carica di energia attraverso le deformazioni cristalline e la scarica attraverso i terremoti. In base alle informazioni storiche, geofisiche e geologiche disponibili, per una tipica faglia dell'Appennino tale ritmo viene ritenuto tipicamente di un evento in un tempo compreso fra mille e duemila anni. Da questa teoria è pensabile che qualora, per una ben individuata faglia, si conoscesse il tempo caratteristico di ripetizione dei terremoti, partendo dalla data dell'ultimo evento si potrebbe con una certa approssimazione "prevedere" il momento più favorevole per il terremoto che dovrà ancora avvenire. Il modello ora delineato viene chiamato modello con memoria, o di "rinnovo" (traduzione letterale dell'inglese renewal).

Ma le faglie non si comportano come se ognuna fosse indipendente dalle altre. Ogni terremoto di notevoli proporzioni causa a sua volta variazioni dello sforzo (sia in aumento che in diminuzione) sulle faglie sismogenetiche circostanti, che possono così vedere anticipato o ritardato il momento del loro prossimo cedimento. L'influenza di questa variazione di sforzo sul ritmo con cui si succedono i grandi terremoti si calcola tramite modelli fisici che tengono conto sia di un effetto permanente che di un effetto transitorio delle perturbazioni.

MODELLI STATISTICI DI RICORRENZA E INTERAZIONE TRA FAGLIE

La procedura standard che si adotta per la valutazione della pericolosità sismica, assume che tutti i terremoti disastrosi avvengono per il cedimento di faglie ben individuate e caratterizzate da dimensioni e meccanismo di rottura definiti. La proce-

dura stessa richiede l'adozione di una distribuzione di probabilità (PDF) per gli intervalli di tempo tra eventi sismici consecutivi su ciascuna faglia, assieme alla conoscenza di alcuni parametri fondamentali del modello statistico. In linea di principio, può essere adottato sia un modello Poissoniano senza memoria che un modello di rinnovo. Nel primo caso, l'unica informazione necessaria è il tempo medio di ricorrenza: come per il gioco della roulette, il ritardo con il quale l'evento atteso si fa attendere non ha alcuna influenza sulla sua probabilità in un istante qualsiasi. Nel secondo caso, che analizzeremo con dettaglio nel seguito di queste considerazioni, occorre far ricorso ad un secondo parametro, chiamato coefficiente di variazione, o anche "aperiodicità" dei tempi di ricorrenza. Quest'ultimo parametro indica quanto il modello adottato si discosta da quello Poissoniano, indipendente dal tempo. Questo scostamento può manifestarsi, o nel senso che gli eventi tendono ad avvenire con intervalli regolari (aperiodicità inferiore ad uno), o nel senso opposto, che essi tendano a verificarsi raggruppati in periodi di maggiore intensità separati da periodi di calma (aperiodicità superiore ad uno). In entrambe queste due situazioni esiste una certa prevedibilità dell'evento futuro, basata sull'intervallo di tempo trascorso dal precedente: la prima si adatta al modello di rinnovo per i grandi terremoti caratteristici su una particolare faglia, la seconda descrive meglio le serie sismiche, situazioni come quelle, non rare in Italia, nelle quali i terremoti avvengono in sequenze particolari, chiamate "sciame sismici".

Nello studio da noi condotto è stata utilizzata la più recente distribuzione di probabilità per modelli di rinnovo comparsa nella letteratura sismologica: si tratta di quella introdotta nel 2002 da un gruppo di ricercatori californiani [Matthews et al., BSSA 2002], che l'hanno battezzata Brownian Passage Time (BPT). Mediante opportune tecniche matematiche, è possibile calcolare la probabilità che un terremoto si verifichi tra oggi e una certa altra data (ad esempio, entro i prossimi 50 anni), con la condizione che si conosca il numero di anni trascorsi dalla data dell'ultimo terremoto prodotto dalla stessa sorgente sismica. Naturalmente, questa procedura si basa sull'assunzione che il processo di rinnovo per il terremoto caratteristico sia immune da ogni altra circostanza

Codice DISS	Nome della faglia	Probabilità Poissoniana su 50 anni		Probabilità dal modello con memoria su 50 anni	
		Min	MAX	Min	MAX
ITGG008	Val D'Agri	0,68 %	6,8 %	0	0,36 %
ITGG010	Melandro-Pergola	0,88 %	8,8 %	0	1,8 %
ITGG077	Colliano	1,6 %	3,0 %	0	0
ITGG078	San Gregorio Magno	1,6 %	3,0 %	0	0
ITGG079	Pescopagano	1,6 %	3,0 %	0	0
ITGG084	Potenza	1,9 %	7,1 %	0	0



Codice DISS	Nome della faglia	Data dell'ultimo evento	Magnitudo	Tempo di ricorrenza (anni)		Tempo trascorso (anni)
				Min	MAX	
ITGG008	Val D'Agri	1857/12/16	6.5	740	7400	149
ITGG010	Melandro-Pergola	1857/12/16	6.3	570	5700	149
ITGG077	Colliano	1980/11/23	6.8	1680	3140	26
ITGG078	San Gregorio Magno	1980/11/23	6.2	1680	3140	26
ITGG079	Pescopagano	1980/11/23	6.2	1680	3140	26
ITGG084	Potenza	1990/05/05	5.8	700	2600	16

che lo potrebbe perturbare.

Come accennato nell'introduzione, si ritiene che in circostanze reali le faglie, responsabili dei terremoti, possano interagire, così che la probabilità di avere un terremoto può essere sia aumentata che diminuita rispetto a quanto si sarebbe atteso sulla base di un semplice modello di rinnovo. L'interazione fra faglie viene quantificata dal calcolo della variazione di sforzo statico, detto sforzo di Coulomb, causata dai terremoti precedenti sulla faglia in considerazione.

Secondo la metodologia introdotta per la prima volta nel 1997 in uno studio che riguardava la California

[Stein et al., GJI 1997], l'effetto di una variazione di sforzo sulla probabilità del futuro terremoto caratteristico può essere considerato da due possibili punti di vista. Il primo di questi assume che il tempo trascorso successivamente al precedente terremoto venga modificato di un certo numero di anni proporzionale alla variazione di sforzo stessa. Questo numero di anni è ottenibile dividendo la variazione di sforzo causata dall'evento inducente per l'aumento annuo di sforzo causato dalla deformazione tettonica dell'area sismogenetica presa in considerazione, ammesso che questo dato sia

conosciuto con buona approssimazione. La modifica così introdotta sul tempo trascorso può essere sia di anticipo (nel caso in cui ci sia un aumento di sforzo favorevole alla preparazione del nuovo terremoto), che di ritardo (nel caso ci sia una diminuzione dello sforzo accumulato dalla deformazione tettonica). Si tratta, in pratica, come di rimettere l'orologio dei terremoti leggermente in avanti (clock advance) o indietro (clock delay) su scala geologica.

Il secondo dei due punti di vista si basa sull'idea che la variazione di sforzo si traduce in una modifica del tempo di ricorrenza caratteristico del processo sismogenetico in questione, lasciando inalterato il valore del tempo trascorso. Tale modifica viene calcolata, ma col segno contrario, nello stesso modo di quella ora vista per il tempo trascorso. Se le variazioni di tempo non sono considerevoli rispetto al tempo di ricorrenza, e il tempo trascorso dall'ultimo evento è vicino al suo tempo di ricorrenza, l'applicazione dei due diversi punti di vista dà risultati simili sulla pericolosità sismica.

La metodologia ora descritta riguarda quello che viene chiamato "effetto permanente" della variazione di sforzo su una faglia sismogenetica. Altre considerazioni, legate soprattutto alla teoria che riguarda l'attrito esistente tra le due superfici delle faglie [Dieterich, JGR 1994], consentono di introdurre un secondo effetto, chiamato "effetto transitorio", che si manifesta come un'improvvisa variazione di probabilità per il successivo evento

sismico, seguita da un lento ritorno alla probabilità precedente. Questa teoria si adatta anche alla spiegazione del cosiddetto fenomeno delle "repliche" (aftershocks) di un evento sismico, fenomeno per il quale l'attività sismica aumenta in maniera improvvisa a seguito di un forte terremoto nell'area interessata da quest'ultimo, per poi attenuarsi in periodi di tempo che possono durare da qualche settimana a qualche anno al massimo. Può essere opportuno ricordare che, mentre l'effetto permanente influisce soltanto sulla probabilità fornita da un modello di rinnovo con memoria, ma non su quella derivante dal modello senza memoria di Poisson, quello transitorio riguarda entrambi i modelli probabilistici.

[CONTINUA...]

(1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via di Vigna Murata 605, 00143 Roma, Italy

(2) Centro di Geomorfologia Integrata per l'Area del Mediterraneo, Via Francesco Baracca, 175, 85100 Potenza

(3) Geocart, Viale del Basento 120, 85100 Potenza

PREMESSA

In questo studio, ripercorrendo la metodologia recentemente adottata in un contesto internazionale, partiamo dalla stima della probabilità di occorrenza nei prossimi 50 anni per un terremoto di grande entità sulle strutture sismogenetiche note. Tale stima è basata su un modello, chiamato di "rinnovo" (traduzione dell'inglese renewal), che ipotizza una probabilità di occorrenza di un terremoto progressivamente crescente, in ragione del tempo trascorso a partire dal giorno di accadimento del terremoto precedente avvenuto sulla stessa faglia.

Sulla base di metodologie sviluppate nell'ultimo decennio, è possibile stimare quantitativamente l'effetto delle variazioni di sforzo prodotto da terremoti precedenti sulla probabilità di occorrenza di futuri terremoti sulle faglie presenti nelle aree adiacenti.

Abbiamo applicato tali metodologie al calcolo della probabilità che le principali strutture sismogenetiche attive note nell'Appennino lucano, per le quali sono noti i necessari dati storici e geofisici, liberino la loro energia nei prossimi 50 anni. I risultati dello studio ci orientano verso la conclusione che le più importanti faglie sismogenetiche della Basilicata (segnatamente quelle del terremoto della Val D'Agri del 1857 e del terremoto dell'Irpinia del 1980) godono di uno stato di "freschezza" tale da limitare considerevolmente la probabilità di una loro riattivazione in tempi vicini. Il nostro studio consente anche di poter affermare che, alla luce di considerazioni fisiche, l'accadimento del terremoto del 1980 ha influito significativamente sulla situazione della faglia del terremoto del 1857, pur senza determinare una situazione di pericolosità particolarmente rilevante.

Click

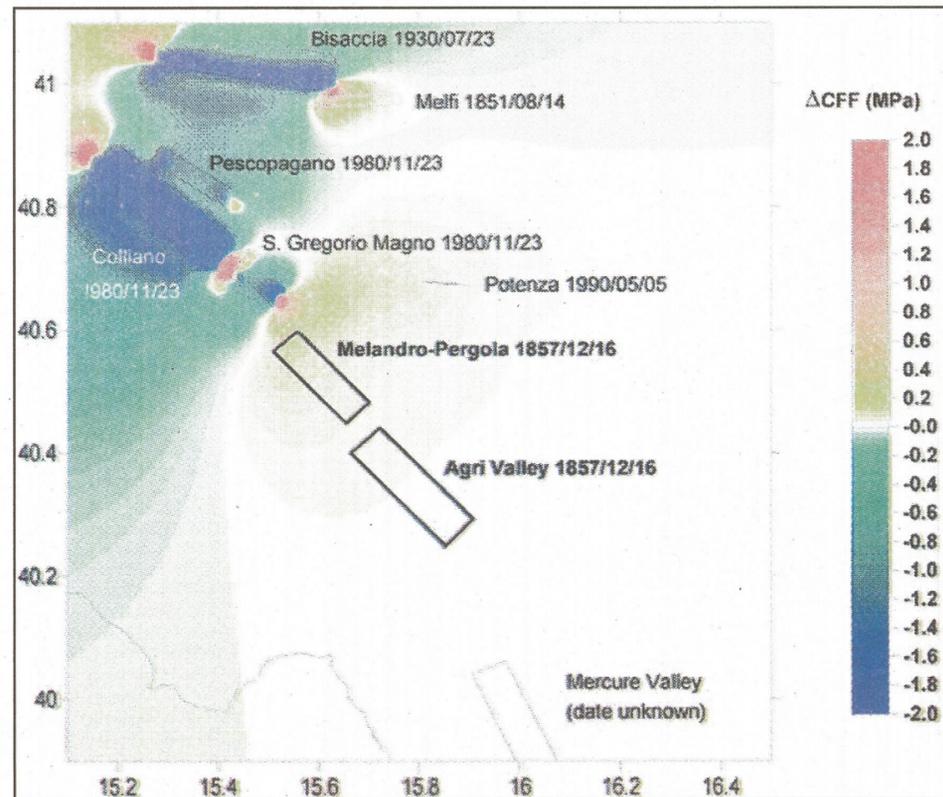
L'ipotesi "poissoniana" prende dal nome di Poisson, grande matematico francese del secolo XIX

pericolosità particolarmente rilevante.

Valide considerazioni scientifiche suggeriscono molta circospezione nell'uso dei risultati ottenuti sulla base di ipotesi non ancora del tutto convalidate.

INTRODUZIONE: CASUALITÀ O CAUSALITÀ DEL PROCESSO SISMICO

La pericolosità sismica di una data area geografica può essere valutata in maniera probabilistica attraverso l'analisi degli effetti, ad esempio in termini di intensità della scala Mercalli (MMS) o di accelerazione di picco del suolo (PGA), dei terremoti passati in un intervallo temporale di adeguata lunghezza. Solitamente, il tempo medio di ricorrenza con cui si verifica il superamento di un dato livello di scuotimento del terreno viene calcolato sui nodi di una griglia che copre la regione in esame. I risultati vengono rappresentati in termini di mappe che



riportano le linee di contorno corrispondenti a specifici valori di probabilità di superamento di una certa intensità sismica. In maniera alternativa, è il livello di scuotibilità caratterizzato da una prefissata probabilità di superamento in un dato intervallo di tempo, ad essere valutato e riportato su mappa.

Con un diverso tipo di approccio, che mira più all'analisi delle cause, che a quella degli effetti di un terremoto, viene perseguita la stima della probabilità di attivazione per le più importanti, possibilmente per tutte, le sorgenti sismogenetiche della regio-

ne presa in esame, durante l'intervallo temporale ritenuto di interesse (ad esempio 50 anni). I potenziali effetti di tali sorgenti sismiche devono poi essere tradotti in termini di scuotimento del terreno mediante opportune relazioni ricavate dall'esperienza.

Le considerazioni ora esposte fanno generalmente riferimento all'ipotesi che un evento sismico di intensità superiore a una certa soglia si verifichi, in una data zona, in maniera imprevedibile ed unicamente stabilita dal caso. Questa ipotesi è detta "Poissoniana", dal nome di Poisson, il grande matematico fran-

cese del secolo XIX, che ha dato un notevole contributo alla teoria della probabilità, quale è usata anche ai nostri tempi, per esempio in campo assicurativo. L'ipotesi di Poisson caratterizza un processo senza memoria, ovvero un processo nel quale la probabilità di nuovi accadimenti non dipende in alcun modo da quelli passati. Questo è vero, per esempio, nei giochi d'azzardo legati unicamente alla sorte, quali il lotto o la roulette (purché non truccati). Ma, come diceva Albert Einstein, la natura non gioca ai dadi.

Pur riconoscendo la straordinaria