

SELEZIONE AUTOMATICA DI ACCELEROGRAMMI NATURALI PER APPLICAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE CON RIFERIMENTO ALLE NTC 2008

Nota Tecnica

LEONARDO EVANGELISTI - Geologo
leonardoevangelisti@alice.it

Premessa: ai fini delle Norme tecniche per le costruzioni, l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali, X e Y, ed una verticale Z, tra loro indipendenti. Ognuna di queste componenti può essere rappresentata a sua volta nei tre seguenti modi:

- accelerazione massima attesa in superficie
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie
- accelerogramma.

In questo articolo parleremo di accelerogrammi, definiti anche storie temporali di accelerazione o time histories. Essi forniscono una valida descrizione quantitativa dell'azione di un terremoto che può essere impiegata per vari scopi ingegneristici e/o geologico-tecnici. Verrà quindi presentato l'utilizzo di uno specifico software gratuitamente scaricabile dal sito internet del consorzio ReLuis <http://www.reluis.it/>, adatto allo scopo di selezionare automaticamente accelerogrammi naturali (registrati) contenuti in un importante archivio europeo: l'ESD (European Strong-motion Database) <http://www.isesd.cv.ic.ac.uk/>.

Un accelerogramma è un segnale irregolare accelerazione-tempo che visualizza una componente (X,Y,Z) del moto sismico al suolo genericamente inteso (roccia, terra), o in profondità, su diversi piani orizzontali di riferimento. Senza entrare nel merito di rigorose trattazioni teoriche, per le quali si rimanda se necessario a specifici testi sull'argomento o a ricerche mirate sui siti internet dei dipartimenti di Scienze ed Ingegneria di vari Atenei universitari italiani, ci si limita in questa sede a ricordare quanto segue:

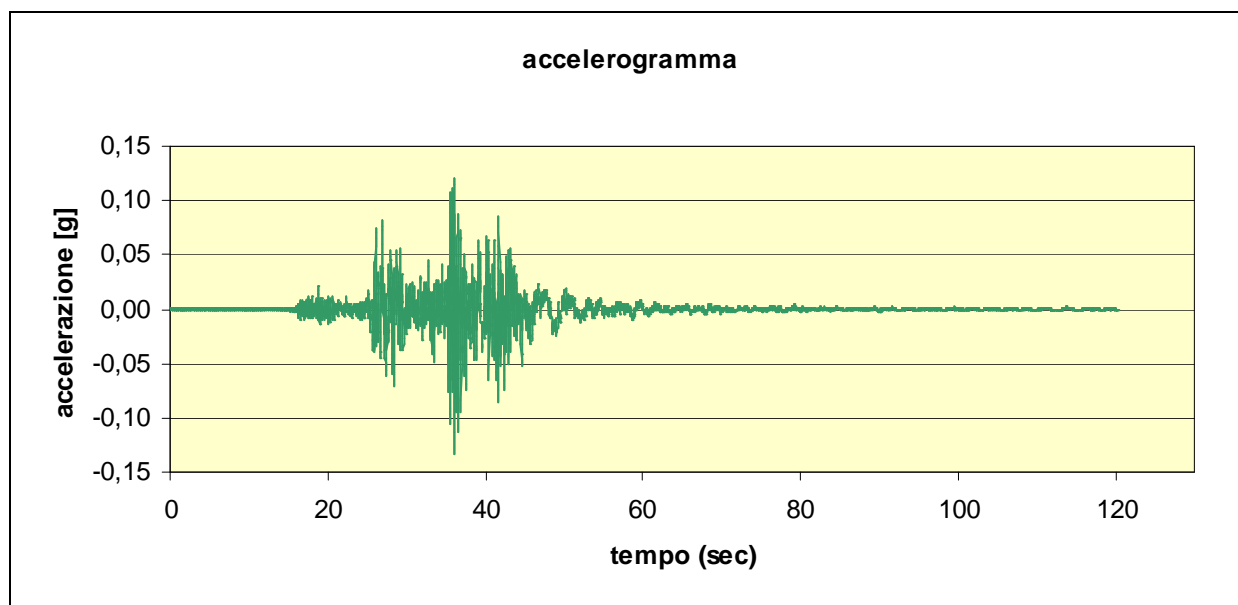


fig. 1 – accelerogramma naturale (Comp. N-S) registrato su sito rigido: $M_w = 6,5$; $R = 78$ km

gli accelerogrammi vengono rilevati da strumenti chiamati accelerometri, i quali trasformano le oscillazioni generate da onde sismiche (naturali, artificiali) in segnali elettrici proporzionali all'accelerazione. Altri rilevatori di onde sismiche sono i sismometri e i velocimetri, che rispettivamente rilevano lo spostamento (sismometri) e lo trasformano in segnali elettrici proporzionali alla velocità di oscillazione (velocimetri; chiamati anche geofoni).

Le storie temporali di accelerazione (così come anche quelle di velocità e spostamento) forniscono una descrizione completa del moto del suolo nel tempo e consentono di individuare parametri significativi dello scuotimento come ampiezza e durata nonché di apprezzarne il contenuto in frequenza. Si ricorda qui che ogni segnale temporale come sopra definito può essere rappresentato nel dominio delle frequenze da un corrispondente *spettro di risposta elastico* dell'oscillatore semplice (pendolo) di fissato smorzamento (ξ). Lo *spettro di risposta* fornisce appunto la massima risposta in accelerazione, velocità o spostamento dell'oscillatore al variare del suo periodo naturale; come tale, esso dà una buona indicazione degli effetti potenziali che lo scuotimento del suolo causa su differenti tipi di strutture. Per la Normativa $\xi = 5\%$. Altra cosa è lo *spettro di Fourier in ampiezza*, che, per ogni frequenza sinusoidale che compone il segnale sismico ne mostra proprio l'ampiezza.

I segnali accelerometrici vengono utilizzati nell'ingegneria per *analisi dinamiche non lineari* di strutture di una certa importanza soggette a sisma, ma sono impiegati anche in applicazioni più tipicamente geologico-tecniche come analisi numeriche di Risposta Sismica Locale, verifiche di stabilità di pendii in condizioni dinamiche, verifiche di liquefazione, etc..

Studi di questo tipo vengono più volte richiamati in diversi capitoli e paragrafi di NTC 2008 e come tali dovrebbero poter essere affrontati all'occorrenza nella pratica professionale.

Gli accelerogrammi naturali, che sono poi quelli registrati, non sono gli unici ottenibili; altri tipi sono quelli simulati e quelli artificiali. I primi sono il risultato di un processo di simulazione a partire da un modello fisico sorgente sismica/percorso di propagazione (modello sito-sorgente agli elementi o alle differenze finite), di uso prevalentemente sismologico; i secondi, attraverso opportune tecniche di *trattamento dei segnali*, filtrano *rumore bianco* fino a farlo coincidere con uno spettro di riferimento e non hanno nessun legame diretto con caratteristiche fisiche del terremoto.

Al § 3.2.3.6 di NTC 2008 si afferma che l'uso di accelerogrammi artificiali non è ammesso nelle analisi dinamiche di opere e sistemi geotecnici, mentre in generale nella progettazione strutturale si può anche ricorrere ad essi a patto che il loro spettro di risposta sia compatibile con un determinato spettro di riferimento rappresentativo della sismicità dell'area considerata (spettri di normativa). Le *time histories* naturali rappresentano comunque una scelta sempre più frequente in tutte le applicazioni in cui vengono utilizzate in quanto non necessitano di competenze specifiche come quelle richieste per una generazione simulata e artificiale appropriata al caso in esame. Inoltre, la disponibilità di banche dati accelerometriche di diversi terremoti è sempre crescente e la selezione di storie temporali a partire da registrazioni reali è preferibile, avendo cura di verificarne la compatibilità con le condizioni sismotettoniche di interesse. Anche nelle analisi numeriche di Risposta Sismica Locale non è consentito l'uso di accelerogrammi artificiali e pur potendo ancora ricorrere all'utilizzo di quelli simulati, per i motivi sopra esposti, è conveniente preferire registrazioni reali. La loro scelta deve essere rappresentativa della sismicità del sito in esame e deve essere adeguatamente giustificata in base alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente, alle condizioni del sito di registrazione, alla magnitudo, alla distanza dalla sorgente e alla massima accelerazione orizzontale attesa. A tale scopo vorrei segnalare REXEL 2.31 beta (I. IERVOLINO, C. GALASSO, E. COSENZA 2008), un software *user-friendly* sviluppato per la ricerca di combinazioni di accelerogrammi naturali compatibili in media con gli spettri NTC e che possono eventualmente rispecchiare caratteristiche di sorgente in termini di magnitudo momento (M_w) e distanza epicentrale (R) quando queste informazioni sono disponibili; si richiama qui quanto specificato al §

3.2.3.6 della recente Circolare 617/09 contenente le Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14 gennaio 2008.

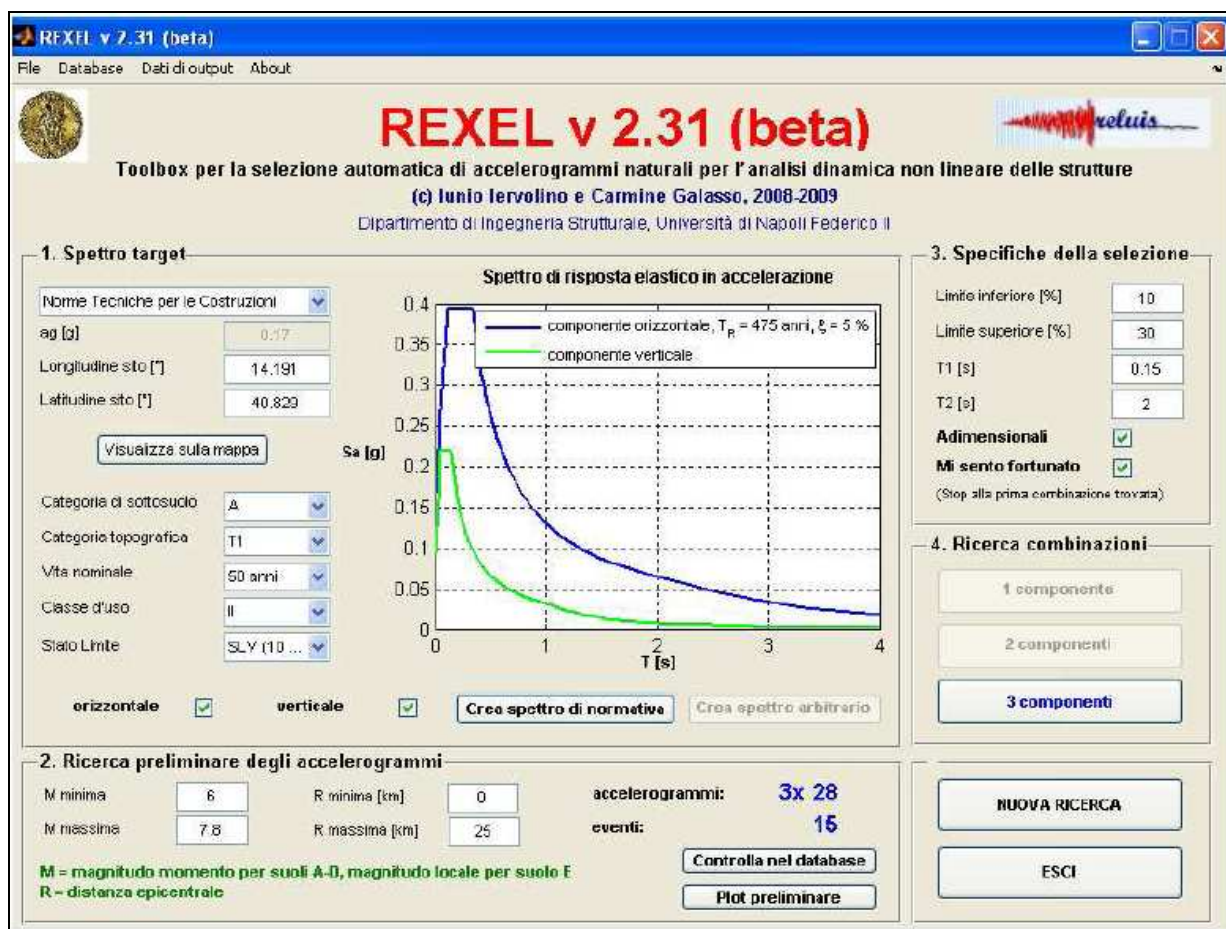


fig. 2 – immagine dell'interfaccia utente all'avvio del software

Il programma, periodicamente aggiornato, è disponibile gratuitamente al sito web <http://www.reluis.it/> e utilizza registrazioni che si trovano nello European Strong-motion Database o ESD, <http://www.isesd.cv.ic.ac.uk/>. Questi segnali verificano condizioni di *campo libero* e non risentono in genere della risposta di strutture su cui sono eventualmente installati o a cui potrebbero essere adiacenti gli strumenti di registrazione.

REXEL 2.31, pure essendo stato messo a punto per applicazioni ingegneristiche, permette di ottenere con facilità e con notevole risparmio di tempo moti di input utilizzabili ad esempio in analisi numeriche di Risposta Sismica Locale condotte sia in ambito di Microzonazioni Sismiche (MS), sia per necessità particolari di progettazione strutturale.

Senza approfondire in questa sede il funzionamento del programma, per il quale sono disponibili diversi documenti esplicativi con esempi scaricabili dal sito internet del ReLuis, mi limito soltanto a riportare che il codice consente la selezione dando all'utente la possibilità di: **(1)** definire automaticamente, per qualunque luogo sul territorio nazionale, spettri di normativa (*spettro target*) identici a quelli ricavabili con le stesse modalità utilizzando il foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.03 messo a disposizione sul sito internet del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: <http://www.infrastrutture.gov.it/consuplp/>; **(2)** ricercare nel database ESD incorporato, gli spettri che rispondono a una determinata coppia magnitudo-distanza ottenuta, per esempio, sfruttando lo studio della *disaggregazione* della pericolosità sismica condotto da INGV per a_g , (cfr <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>); **(3)** specificare la tolleranza con cui lo spettro medio della combinazione deve rispettare il target in qualsiasi intervallo di periodi di interesse prefissato tra 0 sec e 4 sec.

REXEL 2.31 fornisce combinazioni di accelerogrammi spettro-compatibili che non necessitano di essere scalati, ma anche set di accelerogrammi scalati linearmente i cui spettri sono più simili rispetto a quello di normativa e quindi più raccolti attorno ad esso. Il software consente molte possibilità di selezione potendo scegliere sia criteri di compatibilità media, sia eventuali condizioni di evento dominante (*terremoto di scenario*), inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso per un prefissato *tempo di ritorno* (T_r). Il programma restituisce una lista in formato *.txt* a due colonne (tempo-accelerazione) degli accelerogrammi delle combinazioni trovate facilmente gestibili in *Excel*, e per ciascuna di esse visualizza informazioni sismologiche sui singoli eventi in formato *.xls*.

In conclusione aggiungo che nel caso la scelta sia orientata alla definizione del moto di input per analisi numeriche di Risposta Sismica Locale, va da sé che la selezione deve essere impostata per registrazioni su sito rigido (categoria di sottosuolo A), in condizioni topografiche orizzontali; il fatto poi di poter disporre di N segnali naturali compatibili con lo spettro atteso su "roccia" e scelti in funzione di condizioni simili a quelle che governano la sismicità dell'area in esame, è preferibile rispetto alla individuazione di un solo moto di input.

Geol. L. Evangelisti is "george" in geoforum by www.geologi.it