

Correlazioni sintetiche tra magnitudo, momento sismico e energia sismica

Andrea Motti 22/02/22

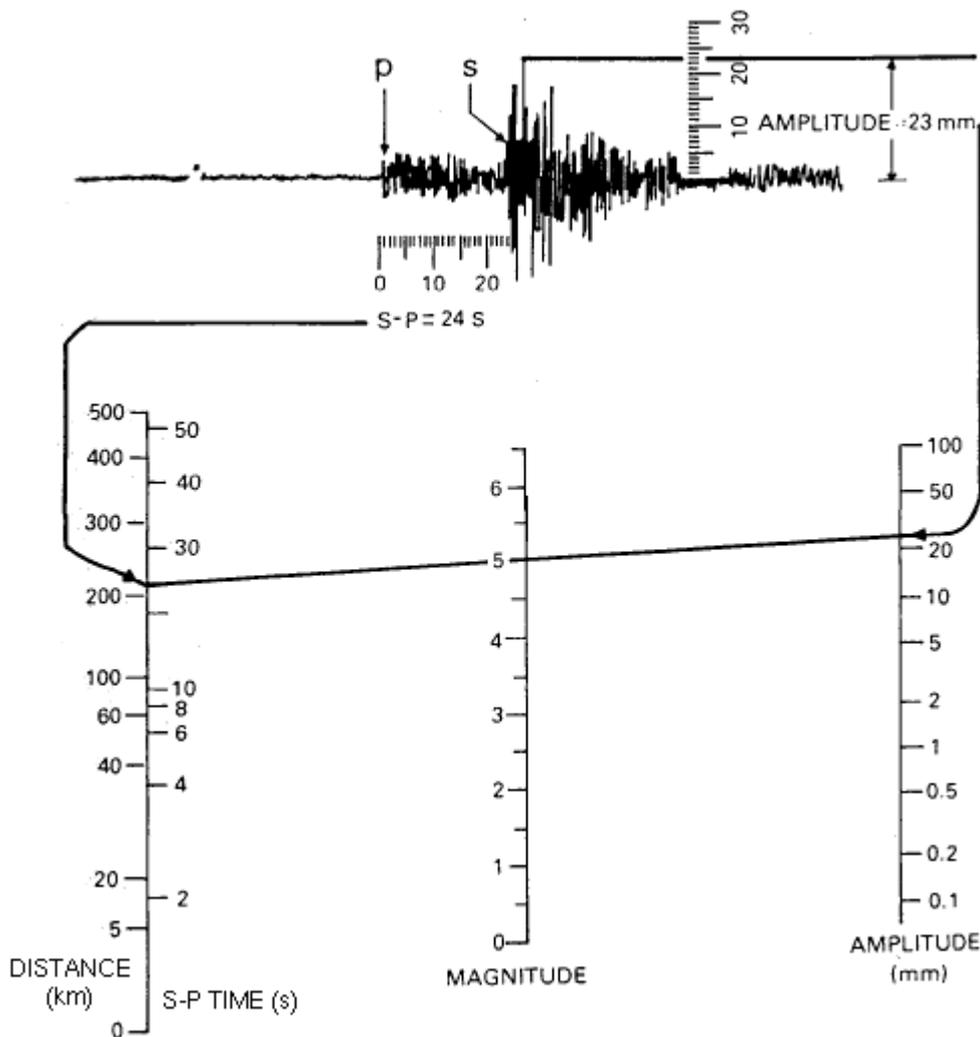
Si cerca di descrivere per i non addetti ai lavori, alcuni concetti fondamentali dell'ingegneria sismica che spesso vengono utilizzati in maniera imprecisa nelle news: solitamente dopo un sisma i media descrivono lo stesso con un numero, la "Magnitudo", senza dire però in realtà cosa indichi veramente questo numero. Di seguito si descrive cosa indica la Magnitudo, ed i parametri ad essa strettamente correlati quali il momento sismico e l'energia sismica.

Magnitudo

Uno dei maggiori contributi dati da **Charles F. Richter** è stato quello di riconoscere che le onde sismiche irradiate dai terremoti possono fornire una stima diretta della loro "forza". Egli raccolse registrazioni di onde sismiche da un elevato numero di terremoti e sviluppò e calibrò un sistema di misura della loro "magnitudo". Richter collegò direttamente il fatto che maggiore fosse l'energia intrinseca rilasciata dal terremoto e maggiore risultasse l'ampiezza del movimento del suolo ad una data distanza. Calibrò la sua scala di "magnitudo" misurando l'ampiezza massima delle onde di taglio (onde S) registrate da sismometri particolarmente sensibili alle onde di taglio con periodo di circa 1 secondo.

In particolare utilizzò i sismometri Wood-Anderson e terremoti registrati nella California del sud. Da questo si comprende che occorre adattare la scala di Magnitudo Richter al tipo di strumentazione utilizzata ed al luogo in cui si registrano i terremoti. Da qui il termine più corretto di Magnitudo locale quando si utilizza la massima ampiezza delle onde di volume (onde P ed S).

Nel diagramma seguente si vede come si ricava la magnitudo dal valore di ampiezza massima.



Dal diagramma si capisce facilmente che il valore di magnitudo ricavata dipende dalla distanza della stazione e dall'ampiezza massima registrata. Approssimativamente, invece della distanza, è possibile utilizzare il tempo che intercorre tra l'arrivo delle onde S e l'arrivo delle onde P (che è funzione della distanza del terremoto).

L'equazione per la **Magnitudo Locale** è la seguente:

$$ML = \log_{10}A(\text{mm}) + (\text{fattore correttivo per la distanza})$$

ove A è l'ampiezza, in millimetri, misurata direttamente dalla registrazione.

Richter definì che un terremoto possiede magnitudo pari a 3 quando un evento registrato a 100 km di distanza con un sismometro di tipo Wood-Anderson con periodo proprio di 0.7 secondi e 2800 ingrandimenti dà luogo ad una ampiezza massima di 1 millimetro.

Momento sismico

I sismologi hanno sviluppato una scala standard di magnitudo, che risulta completamente indipendente dal tipo di strumento utilizzato, definita **Magnitudo Momento** e derivante dal momento sismico.

Per avere un'idea di momento sismico si utilizzano i concetti di fisica meccanica, il momento è definito come la forza per la distanza dal centro di rotazione di un sistema, quindi "momento = forza x braccio". Immaginiamo due differenti blocchi di una faglia a contatto ed in moto relativo l'uno rispetto all'altro. Il momento di un terremoto può essere espresso mediante la seguente semplice equazione:

$$\text{(Momento)} = \text{(Rigidità)} \times \text{(Area della Faglia)} \times \text{(Spostamento sulla superficie di faglia)}$$

ovvero $M_0 = \mu A d$

La rigidità viene intesa come resistenza al taglio (forza su unità di superficie).

L'unità di misura del momento sono dyne-cm.

Il metodo standard per convertire il momento sismico in un valore di magnitudo ricade nell'equazione seguente:

$$M_w = (2/3)(\log_{10}(M_0(\text{dyne-cm})) - 16.05)$$

Immaginando a titolo esemplificativo a quale magnitudo corrisponda la rottura di un provino di roccia in laboratorio mediante una pressa con impressione di forza dell'ordine di 3×10^{13} (dyne/cm²)

$$M_w = (2/3)(\log_{10}(3 \times 10^{13}(\text{dyne-cm})) - 16.0) = (2/3)(13.5 - 16.0) = -1.7$$

Non deve stupire il segno negativo della magnitudo, infatti essa può assumere anche valori negativi; Richter utilizzò la sua definizione di magnitudo con strumenti in uso negli anni '30 e tarò la sua scala con un terremoto magnitudo 3 che produceva un'ampiezza di 1 mm per un particolare tipo di sismometro ad una certa distanza; è possibile registrare anche terremoti estremamente piccoli che corrispondono a magnitudo di segno negativo.

La magnitudo non ha un significato "fisico" ma è semplicemente un numero che mette in correlazione differenti ampiezze di segnale. L'energia rilasciata da un terremoto, a cui è strettamente correlato il suo potere distruttivo, è proporzionale all'ampiezza di oscillazione elevata a $3/2$.

Energia sismica

Sia la magnitudo che il momento sismico sono in qualche modo relazionabili all'energia irradiata da un terremoto. Richter e Gutenberg svilupparono per primi una relazione tra magnitudo ed energia:

$$\log ES = 11.8 + 1.5M$$

ove l'energia ES è espressa in **erg**.

Si noti che tale energia non è l'energia totale espressa da un terremoto: gran parte della stessa energia è infatti dissipata in calore.

Successivamente, **Hiroo Kanamori** ha sviluppato una relazione tra momento sismico ed energia delle onde sismiche: **Energia = (Momento)/20.000**

Il momento è in unità di dyne*cm e l'energia in ergs.

In termini di energia rilasciata una differenza di magnitudo pari a 1,0 è equivalente ad un fattore **31.6** ($= (10^{esp1})^{esp3/2}$) mentre una differenza di magnitudo pari a 2,0 è equivalente ad un fattore **1000** ($= (10^{esp2})^{esp3/2}$).

Una magnitudo 4,0 è quindi pari a 1000 volte quella di una magnitudo 2,0. Per inciso, una magnitudo 4,0 è analoga all'esplosione nel raggio di 100 km di una piccola bomba atomica (1000 tonnellate di tritolo), inferiore a quella della bomba di Hiroshima (pari a circa 13000 tonnellate di tnt, 55 terajoule). Un raddoppio dell'energia rilasciata è rappresentato da un aumento di magnitudo pari a 0,2.

Da magnitudo 1 a magnitudo 2 un sisma risulta 31,6 volte più potente; da magnitudo 2 a magnitudo 3 un sisma risulta 31,6 volte più potente; Da magnitudo 1 a magnitudo 3 un sisma risulta quindi circa 1000 volte più potente.

Relazione tra Magnitudo e corrispondente quantitativo di TNT fatto brillare a 100 Km di distanza dal punto di osservazione:

SCALA RICHTER		
Magnitudo	TNT equivalente	Frequenza
0	1,0 chilogrammo	circa 8.000 al giorno
1	31,6 chilogrammi	
1,5	178,0 chilogrammi	
2	1,0 tonnellata	circa 1.000 al giorno
2,5	5,6 tonnellate	
3	31,6 tonnellate	circa 130 al giorno
3,5	178,0 tonnellate	
4	1.000,0 tonnellate	circa 15 al giorno
4,5	5.600,0 tonnellate	
5	31.600,0 tonnellate	2-3 al giorno
5,5	178.000,0 tonnellate	
6	1,0 milione di tonnellate	120 all'anno
6,5	5,6 milioni di tonnellate	
7	31,6 milioni di tonnellate	18 all'anno
7,5	178,0 milioni di tonnellate	
8	1,0 miliardo di tonnellate	1 all'anno
8,5	5,6 miliardi di tonnellate	
9	31,6 miliardi di tonnellate	1 ogni 20 anni
10	1.000,0 miliardi di tonnellate	Mai registrata