

TERREMOTI

Il movimento delle placche genera **forze** ai margini delle stesse.

↳ deformano le rocce della crosta. Le modalità sono descritte dai concetti di:

- 1) **sforzo**: forza che deforma la roccia per unità di superficie;
- 2) **deformazione**: misura dell'effetto prodotto dallo sforzo (espressa come % di *distorsione*);
- 3) **punto di rottura**: valore critico che, se superato quando le rocce sono sottoposte a sforzo, provoca la divisione delle rocce stesse.

Un **terremoto** avviene quando le rocce che sono sottoposte a sforzo si rompono improvvisamente lungo una faglia (frattura della crosta terrestre).

↳ i blocchi di roccia sui suoi due lati, scivolano improvvisamente l'uno rispetto all'altro rilasciando energia sotto forma di **onde sismiche**.

↳ scuotimento del terreno

↳ quando essa scorre, lo sforzo si riduce e scende sotto il punto di rottura della roccia. Dopo il terremoto lo sforzo ricomincia a crescere, portando con il tempo ad un altro forte terremoto.

▶ Le faglie coinvolte in questo ripetuto ciclo di terremoti, sono le **faglie attive**, localizzate ai **margini** delle placche.

Il terremoto prodotto dalla faglia di San Andreas ha devastato San Francisco nel 1906. Nel 1910, il geologo Henry Reid (che aveva studiato tale frattura) dell'Università Hopkins, avanzò la teoria del rimbalzo elastico (i blocchi tornano al loro stato iniziale, non deformato). Parte dell'energia elastica viene irradiata in onde sismiche (che possono causare violenti scuotimenti a molti chilometri di distanza dalla faglia).

Rigetto: entità dello spostamento.

Picco di velocità: velocità massima dello scivolamento in qualunque punto sulla faglia.

Tempo di ritorno: tempo fra le due rotture. Dovrebbe essere una *costante*.

importante: la maggior parte delle faglie attive non si conforma a questa semplice teoria.

▶ Lo sforzo su di una faglia potrebbe cambiare a causa di terremoti generati da faglie nelle vicinanze; oppure il punto di rottura delle rocce stesse della faglia può cambiare.

Queste irregolarità sono una delle ragioni per cui i terremoti sono così difficili da prevedere.

Ipocentro: punto in cui lo scivolamento ha inizio.

Epicentro: punto geografico sulla superficie della Terra direttamente al di sopra dell'ipocentro.

Terremoti che avvengono nella crosta: la profondità dell'ipocentro è tra i 2 e i 20 km. Sono rari i terremoti al di sotto dei 20 km perché la crosta, sotto le alte temperature e pressioni che si trovano a tali profondità, si deforma come un materiale duttile e non può rompersi.

Nelle zone di subduzione: zone dove litosfera oceanica sprofonda nel mantello, i terremoti possono innescarsi anche a grandi profondità, fino a 700 km.

La grandezza di un terremoto è messa in relazione con l'**area totale della superficie di faglia attivata**. Nella maggior parte dei terremoti, le dimensioni della rottura sono molto piccole, minori della profondità dell'ipocentro, così che la faglia non arriva in superficie.

Nei grandi terremoti distruttivi, invece, le rotture in superficie sono comuni; la lunghezza della zona di faglia nei grandi terremoti, può arrivare fino a 1000 km.

La maggior parte dell'**energia** immagazzinata, viene convertita:

-in calore d'attrito lungo la zona di faglia;

oppure

-dissipata nella fratturazione delle rocce;

-una parte è rilasciata sotto forma di **onde sismiche**

↳ onde meccaniche che si allontanano dalla zona di rottura (in modo simile alle onde del sasso in acqua).

L'ipocentro di un terremoto genera le prime onde sismiche, ma le parti della faglia che scivolano continuano a generare onde finché la rottura non si arresta.

Repliche: terremoti innescati da terremoti più grandi (terremoti principali)

↳ i loro ipocentri sono distribuiti sul piano della faglia che ha prodotto la scossa principale;

↳ avvengono quando lo sforzo supera il punto di rottura;

↳ la loro frequenza diminuisce nel tempo;

↳ il loro numero e le loro dimensioni dipendono dalla **magnitudo** della scossa principale.
misura della forza del terremoto

Scossa preliminare: piccolo terremoto che avviene poco prima di una scossa principale nelle vicinanze del suo ipocentro. I sismologi hanno pensato di sfruttarle per predire i grandi terremoti ma solo in rari casi questo metodo ha qualche successo.

Ricorda che: i terremoti possono innescare **tsunami** (esempio tsunami che investì Honshu, in Giappone, nel marzo 2011).

Sismografo: strumento che registra le onde sismiche generate da un terremoto

Come funziona? Una massa ad alta densità (esempio: un pezzo d'acciaio) è collegata alla Terra in maniera poco rigida, così che la superficie possa vibrare su e giù e da un lato all'altro, quasi senza provocare movimenti nella massa.

► Isospensione della massa ad una molla attaccata ad un telaio rigidamente collegato al terreno. Quando le onde sismiche muovono la superficie su e giù, la massa tende a rimanere stazionaria a causa dell'inerzia. (un oggetto a riposo tende a rimanere a riposo). Tale registrazione è chiamata *sismogramma*.

Le onde sismiche viaggiano dall'ipocentro del terremoto attraverso la Terra e arrivano al sismografo in 3 gruppi distinti:

1) **onde P**: dette anche "onde prime", sono appunto le prime ad arrivare al sismografo.

Queste, sono nelle rocce analoghe al suono dell'aria, con l'unica differenza che le onde P viaggiano nella Terra a circa 6 km/s (20 volte più velocemente del suono).

Sono **onde di compressione** che viaggiano attraverso solidi, liquidi e gas come una successione di compressioni ed espansioni; infatti, spingono o tirano particelle di materia nella direzione del loro movimento;

2) **onde S**: dette anche "onde seconde". Viaggiano all'interno delle rocce ad una velocità che è poco più di metà di quella delle onde P. Le onde S vengono anche chiamate "**onde di taglio**" perchè fanno spostare la materia ad angolo retto rispetto alla loro direzione di movimento. Queste onde non possono passare in liquidi e gas.

Perché questo?

→ le velocità alle quali viaggiano le onde P ed S sono proporzionali alla **resistenza** al loro movimento. **I gas e i liquidi non oppongono nessuna resistenza a sforzi di taglio.**

1 & 2 viaggiano **all'interno** della Terra.

3) **onde superficiali**: viaggiano sulla superficie della Terra e sono le onde più lente (velocità leggermente minore di quella delle onde S). Questo tipo di onde è solitamente quello più distruttivo in grandi terremoti poco profondi, soprattutto in *bacini sedimentari*.

L'intervallo di tempo tra l'arrivo delle onde P e quello delle onde S, dipende dalla distanza che le onde hanno percorso provenendo dall'ipocentro (*più lungo è l'intervallo, maggiore è la distanza che hanno percorso*).

L'arrivo delle onde, non è registrato solo da sismografi, ma anche da orologi (determinano quando arrivano le onde sismiche).

Dromocrone: **curve spazio-tempo** che mostrano **quanto** impiegano le onde sismiche di ciascun tipo a percorrere una certa **distanza**, oltre a determinare quanto tempo hanno impiegato le onde ad arrivare a ogni stazione.

Determinando la distanza dell'ipocentro da 3/+ stazioni sismografiche, si può localizzare anche la posizione dell'epicentro. Inoltre, si può anche stabilire il *tempo-origine* del terremoto.

Oggi si usano computer: epicentro, profondità dell'ipocentro e momento d'inizio terremoto.

MISURAZIONE TERREMOTO

Magnitudo: dimensione.

1) **magnitudo Richter**: era un sismologo. Studiò astronomia → astronomi usano una scala logaritmica per determinare la magnitudine stellare. Adattò questa idea ai terremoti.

► Prende come misura della magnitudo, il **logaritmo del maggior movimento del suolo**, chiamato *ampiezza di picco*. Definì così una scala di magnitudo.

importante: l'ampiezza di picco di movimento del terreno differisce di un fattore 10 (di 10 in 10 ho l'unità).

ESEMPIO: Il movimento del terreno di un terremoto di magnitudo 3, quindi, è 10 volte quello di un terremoto di magnitudo 2. Allo stesso modo un terremoto di magnitudo 6 produce un movimento del terreno che è 100 (10x10) volte maggiore di quello di un terremoto di magnitudo 4.

→ L'energia rilasciata sotto forma di onde sismiche, cresce ancora di più al crescere della magnitudo di un terremoto (magnitudo è direttamente proporzionale all'energia rilasciata), cioè di un fattore circa **32** per ogni unità di magnitudo Richter. Quindi un terremoto di magnitudo 7 rilascia 32x32, cioè circa 1000 volte l'energia di un terremoto di magnitudo 5. (32 per unità).

Le onde sismiche si indeboliscono man mano che si allontanano dall'ipocentro, dunque Richter ideò un grafico che permette ai sismologi nelle differenti località di arrivare rapidamente ad un valore di magnitudo quasi uguale per un medesimo terremoto, a prescindere dalla loro distanza della loro strumentazione dall'ipocentro.

Prima che Richter inventò la sua scala, i sismologi e gli esperti svilupparono delle **scale di intensità** per stimare l'intensità della scossa di un terremoto, partendo direttamente dagli

effetti distruttivi. Quella ancora oggi in uso è chiamata **scala Mercalli modificata**: assegna un valore in numeri romani da I a XII, all'intensità delle scosse in uno specifico luogo.

2) **magnitudo di momento**: sismologi preferiscono misurare l'entità di un terremoto collegandosi in maniera più diretta con le proprietà fisiche della faglia che lo ha provocato con il suo movimento. Il **momento sismico** (di un terremoto) è un numero proporzionale al prodotto tra **l'area della parte di superficie di faglia che si è attivata** e lo **scivolamento medio della faglia**. Ne corrisponde una magnitudo di momento che aumenta di circa una unità ogni incremento di 10 volte dell'area della superficie di faglia che si è attivata.

3) **magnitudo e frequenza**: i grandi terremoti avvengono con minore frequenza di quelli piccoli. Secondo statistiche uno di magnitudo 8 ogni anno, uno di magnitudo maggiore a 9 ogni 10 anni. Sismologi invece dicono che quelli grandi avvengono con una frequenza di una volta per secolo.

4) **intensità del terremoto**: la magnitudo non descrive di per sé la pericolosità di un terremoto. (lo scuotimento che causa la distruzione, solitamente si affievolisce con la distanza dalla zona di rottura di una faglia).

L'orientamento della superficie della faglia e la direzione dello scivolamento lungo di essa, influenzano le caratteristiche dello scuotimento del terreno.

Questi fattori (orientamento e direzione), definiscono il **meccanismo focale** di un terremoto. ci dice se il movimento è stato quello di una faglia diretta,^d inversa o trascorrente

↳ di questo ci viene anche specificato se destrorso o sinistrorso.

Un sismografo sensibile ai movimenti verticali può registrare:

- una spinta di **allontanamento** dall'ipocentro: movimento che ne causa uno verso l'alto al sismografo;
- una **trazione** verso l'ipocentro: causa un movimento verso il basso al sismografo.

I **GPS** possono registrare i movimenti delle placche litosferiche, la loro deformazione e lo scivolamento.

Terremoti silenziosi: lento scivolamento di breve durata. Il movimento graduale non innesca onde sismiche distruttive.

La **carta della sismicità**, mostra la posizione degli epicentri dei terremoti registrati in tutto il mondo a partire dal 1976. Caratteristica più evidente: fasce di terremoti che segnano i più importanti margini tra placche.

⇒ I terremoti **poco profondi** corrono lungo margini di placca divergenti; mentre le placche si allontanano fra di loro durante l'espansione dei fondali oceanici, in profondità sono all'opera forze tensionali.

⇒ I **più forti** terremoti avvengono lungo i margini delle placche convergenti. Tali grandi terremoti avvengono per compressione orizzontale lungo enormi sovrascorrimenti, che si attivano nelle fasce lungo le quali una placca va in subduzione al di sotto di un'altra. Quasi tutti i terremoti che hanno origine al di sotto dei 100 km di profondità sono causati da faglie in placche oceaniche che stanno scendendo in zone di subduzione.

Il **terremoto** procede come una reazione a catena, nella quale gli effetti primari del terremoto innescano effetti secondari, che includono frane e tsunami, come anche processi distruttivi in ambito degli spazi costruiti, come crolli di edifici e incendi.

- 1) **pericoli primari**: fenditure del terreno, subsidenza e sollevamenti permanenti del terreno, vibrazione (può scuotere le strutture così fortemente da farle collassare);
- 2) **pericoli secondari**: frane e altre forme di instabilità del terreno che provocano movimenti in massa dei materiali più superficiali. Sono compresi gli **incendi**. In alcuni casi, l'instabilità del terreno può causare più danni della scossa stessa.

Tsunami: un forte terremoto che avviene sotto l'oceano, può generare un'onda marina distruttiva, talvolta indicata come *onda di marea*. Il termine più corretto è **maremoto**. Può verificarsi in associazione non solo ad attività sismica ma anche vulcanica. Gli tsunami sono decisamente i più letali e distruttivi pericoli associati ai più forti terremoti al mondo. Quando si attiva un grande sovrascorrimento, esso può spingere verso l'alto un ampio settore del fondo marino facendolo sollevare bruscamente anche di **10 m**, costringendo la grande massa di acqua oceanica sovrastante a spostarsi. La propagazione avviene secondo onde concentriche che viaggiano attraverso l'oceano a velocità che possono raggiungere gli **800 km/h**.

Dato che le onde di uno tsunami viaggiano 10 volte più lentamente delle onde sismiche, c'è abbastanza tempo, dopo che è avvenuto un forte terremoto sottomarino, talvolta varie ore, per avvertire il disastro imminente le popolazioni che si trovano su coste lontane.

Pericolosità sismica e rischio sismico

descrive la frequenza e l'intensità della scossa sismica e la deformazione del terreno che ci si può aspettare nel lungo termine in un dato luogo. Espressa attraverso una *carta della pericolosità sismica*.

↳ descrive il danno che ci si può aspettare nel lungo termine di una data regione. Misurato in termini di *perdita media annua di denaro*. Dipende anche dall'**esposizione** al danno sismico (entità della popolazione, densità edifici) e dalla sua **vulnerabilità** (propensione delle sue strutture edificate a subire danni).

Non si può fare molto per quanto riguarda la pericolosità sismica (perché non siamo in grado di impedire/controllare i terremoti), ma la società può ridurre il rischio sismico. Esistono politiche che limitano l'uso del suolo nelle zone di alta pericolosità. Costruire edifici su una faglia attiva è poco saggio.

Ricorda che: i geologi possono predire quali faglie, nel lungo periodo, hanno maggiore probabilità di produrre dei terremoti; ma specificare quando è estremamente difficile. Il tempo di ritorno può essere calcolato in base alla velocità media di movimento della placca e alla dimensione dello scivolamento atteso. Qualche previsione **a breve termine** (con l'accuratezza di giorni o addirittura di ore) ha avuto successo.

Un'informazione che può essere di aiuto è quella che riguarda il fatto che i terremoti tendono a raggrupparsi insieme, sia spazialmente che temporalmente. Le faglie sono raramente isolate: sono invece connesse tra loro in una rete complessa.