

PUBBLICAZIONI
DELL'ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA
DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
diretto dal prof. ANTONINO LO SURDO Accademico d'Italia

N. 102

CARLO MORELLI

Carte sismiche ed applicazioni

ROMA
ANNO MCMXLIII

Estratto dal « *Bollettino della Società Sismologica Italiana* »

Vol. XL - N. 1-2 - Anno 1942

ROMA - SCUOLA TIPOGRAFICA PIO X - VIA DEGLI ETRUSCHI, 7-9 - ROMA

Riassunto. — Con brevi considerazioni viene indicata la notevole importanza che la cartografia sismica assume per la pratica attuazione delle norme preventive contro i danni conseguenti ai fenomeni sismici.

La scienza studia l'attività endogena della crosta terrestre e cerca di analizzarne gli sviluppi essenzialmente per la ricerca della conoscenza dei fenomeni, e possibilmente delle loro cause, che vi si svolgono. *Sismologia*, *vulcanologia* e *geologia tettonica* sono in questo senso strettamente dipendenti, ed i progressi dell'una giovano molto spesso alle altre. Anche la *geodesia* ed il *magnetismo terrestre* intervengono talvolta in quest'ordine di ricerche: sono tutti rami di quel campo della scienza che si occupa dello studio fisico del nostro pianeta, la *geofisica*.

I progressi da essa compiuti, specialmente negli ultimi decenni, sono stati veramente notevoli in ogni direzione; in particolare nella sismologia, che si è rinnovata nella teoria e nelle applicazioni su basi matematicamente rigorose. Istituti sismologici sono sorti in questi ultimi tempi e stanno sorgendo in tutte le nazioni civili e stazioni di primo ordine sono state create un po' dappertutto sul globo: tanto da permettere ora lo studio accurato di quasi tutti i maggiori sismi che scuotono la crosta terrestre, per cui nuovi metodi sono stati ideati ed una precisione sempre maggiore viene raggiunta.

Il fenomeno sismico viene così minutamente analizzato, ne viene individuata l'origine, la natura, la connessione con lo sviluppo orogenetico della regione che lo ha prodotto, talvolta anche l'energia sviluppata [3]. Da questo punto di vista i risultati sono davvero ragguardevoli, ed il nostro desiderio di conoscenza può ritenersi sufficientemente soddisfatto.

Ben diversamente però vanno le cose quando si tratta di considerare l'aspetto del fenomeno che più direttamente interessa l'uomo ed il suo mondo, cioè il modo con cui esso si presenta sulla superficie terrestre e gli effetti che vi produce, ed ancor più la previsione di esso:

qui il progresso è stato più difficoltoso ed i pareri in proposito sono ancora tutt'altro che concordi.

Ci proponiamo di mettere qui in evidenza i vantaggi che possono derivare in quest'ordine di ricerche dalla considerazione di opportune carte sismiche.

Per rappresentare l'intensità manifestata dai terremoti nei singoli punti della superficie terrestre, il MERCALLI ha introdotto quasi 60 anni or sono quella scala empirica ed arbitraria che porta il suo nome e che, con qualche leggera modifica, viene ancor oggi generalmente adoperata. In essa l'intensità è stata suddivisa in 10 gradi in base agli effetti prodotti sui sensi dell'uomo e sugli elementi del suo ambiente. Ciò rende possibile di determinare in certi casi, almeno in prima approssimazione, l'andamento delle isosiste sulla superficie terrestre, e di ricavarne quindi un'idea, talvolta sufficientemente approssimata, della distribuzione degli effetti su di essa.

È evidente che il metodo, basato su elementi variabili da individuo a individuo e da regione a regione, è puramente relativo e che le indicazioni che se ne deducono possono essere soltanto di ordine *qualitativo*, e non *quantitativo* se non con una approssimazione generalmente molto piccola. Esso però può anche dare, come dianzi si è detto, buoni risultati quando ci si limiti al suo carattere puramente indicativo: per esempio quando si tratti di delimitare l'area macrosismica di un terremoto, o di tracciarne le isosiste, o di mettere in evidenza le influenze locali sulla distribuzione degli effetti.

Risultati migliori si possono ottenere soltanto da dati strumentali. Sismografi ed accelerometri vengono a tal fine usati, ed i dati sono, almeno teoricamente, rigorosi: ma il vantaggio viene diminuito dal fatto che troppo pochi sono i punti per cui essi possono dare indicazioni. Finora anzi il loro numero è talmente esiguo che solo raramente e per zone particolari avviene che essi siano compresi nell'area macrosismica, e quindi praticamente è difficile che se ne possa tener conto.

È però allo studio ed in via di applicazione per molte regioni della terra il ricoprimento delle zone particolarmente attive con un'opportuna rete accelerometrica (4). Così riuscirà possibile

(4) In Italia ad iniziativa dell'Ist. Naz. di Geofisica sono già sorte molte stazioni della nuova rete sismica nazionale, ed alcune delle preesistenti sono state rinnovate e potenziate [4].

conoscere sia il massimo spostamento che la massima accelerazione di alcuni punti della superficie scossa, e quindi dedurre almeno per essi [5] il reale movimento della superficie terrestre.

Questi punti costituiranno naturalmente il fondamento per ogni ricerca macrosismica quantitativa del fenomeno; ma non sarà mai possibile giudicare *soltanto* da essi sugli effetti di una scossa di data intensità origine. Infatti, su questi influiscono notevolmente non solo le caratteristiche locali del sottosuolo, ma anche le condizioni particolari in cui si trovano e con cui vengono sollecitate dal movimento le costruzioni esistenti sulla zona.

Sarà quindi necessario:

1° far procedere parallelamente lo studio degli effetti che determinati movimenti hanno sui vari tipi di costruzioni. Notevoli progressi si stanno compiendo in questa direzione dal *Sieberg* e dai suoi collaboratori [11];

2° integrare opportunamente i dati strumentali di cui sopra con dati macrosismici accurati ⁽¹⁾.

Per la scelta delle località dove impiantare le stazioni predette è opportuno uno studio preventivo delle regioni in esame per riconoscerne le zone di maggiore importanza sismica e regolare in conformità la distribuzione delle stazioni. Esso viene di gran lunga facilitato quando sia possibile disporre di buone carte sismiche.

S'intende per *carta sismica* una carta della regione in cui vengono opportunamente rappresentati i *caratteri distintivi* della sua sismicità.

Per *sismicità* di una regione intendiamo [6] l'attitudine da essa manifestata ad andare soggetta a movimenti sismici, considerati nei loro effetti.

Consideriamo *caratteri distintivi della sismicità*:

- l'intensità,*
- la frequenza,*
- la profondità ipocentrale,*
- la natura delle scosse.*

Di essi, i primi due, che possiamo chiamare *fondamentali*, sono quelli che generalmente sono stati finora considerati nello studio della sismicità di una regione. Essi si prestano, opportunamente considerati, a rilevarne in modo soddisfacente l'abito

(1) Almeno per le scosse più intense, questi si possono avere con una certa attendibilità.

sismico; la maggior parte delle carte sismiche sono costruite con questi elementi.

Chiameremo ancora:

carte *macrosismiche* quelle nella cui costruzione intervengono essenzialmente dati macrosismici:

carte *microsismiche* quelle costruite soltanto con dati strumentali.

Le prime sono le più diffuse, perchè è solo in tempi recenti che i dati macrosismici si sono fatti rigorosi e che l'organizzazione è diventata tale da permettere studi accurati dei principali terremoti; le seconde però sono più precise e più importanti in sismologia.

Ai fini pratici invece sono le prime che più hanno importanza, quando si vogliono considerare i terremoti in rapporto all'umanità. Infatti in questo senso (e solo in questo senso) interessa più sapere quali sono stati gli effetti delle singole scosse in una regione e la sua storia sismica, che non quali erano per esempio le coordinate dei singoli centri e le loro profondità.

Quindi, *in questo senso* hanno meno importanza tutte le carte microsismiche di cui è corredato l'esteso recente lavoro di Gutenberg e Richter [3], in cui i principali ipocentri degli ultimi decenni vengono rappresentati per tutta la superficie terrestre, che non le minuziose carte macrosismiche pure ricoprenti tutto il globo contenute nel classico lavoro del Sieberg [10], in cui, a seconda dei massimi effetti di cui si ha notizia, per ogni regione vengono distinte le zone distrutte da quelle danneggiate e da quelle in cui le scosse sono state avvertite senza danni.

Queste carte hanno l'unico inconveniente di trascurare del tutto il fattore *frequenza*, che come abbiamo detto è pure fondamentale per riconoscere l'abito sismico di una regione. Maggiormente quindi questo viene messo in evidenza dalle carte macrosimiche del Baratta [2], che attraverso continui perfezionamenti è arrivato alla costruzione di una carta sismica d'Italia (1934) in cui i due fattori — intensità e frequenza — sono fusi in uno solo mediante un'opportuna scala di equivalenza. Questa carta ben si presta a dare a colpo d'occhio una chiara visione delle zone maggiormente attive, sì che nel complesso la rappresentazione che ne consegue è qualitativamente evidente.

Per raggiungere nei limiti delle possibilità attuali anche col metodo macrosismico un'indicazione *quantitativa* della sismicità

di una regione, e considerando che i due fattori fondamentali sono troppo diversi ed indipendenti per poter essere fusi in uno solo, abbiamo introdotto [7] un nuovo metodo di rappresentazione cartografica della sismicità in cui essi vengono rappresentati contemporaneamente, ma separati.

Con ciò dalla carta risultano ancora distinti i massimi effetti di cui si è dimostrato capace ogni punto della regione, ma in più si ha anche una visione chiara e quantitativa della sua vivacità, di cui vedremo subito l'importanza.

Intanto, notiamo che una simile carta rappresenta e compendia la storia dei terremoti di una regione. Essa, va quindi intesa in due sensi:

in senso assoluto, per le zone tranquille: se in una zona non si sono manifestati in epoca storica movimenti sismici, dato che questi sono un indice dell'attività orogenetica in atto, possiamo ritenere che la zona si sia stabilizzata e non presenti quindi alcun pericolo sismico;

in senso relativo, per le zone instabili, dove il significato che si deve dare alla rappresentazione è puramente *statistico*: se, per esempio, in un punto non ci sono mai state distruzioni sismiche, ma al massimo lievi danni, non è detto che anche per il futuro esse non si debbano presentare, ma è *meno probabile* che si presentino in quel punto nel confronto con altri che già spesso ne abbiano subite.

Se ne conclude che le carte macrosismiche possono acquistare notevole importanza, e che le loro applicazioni possono essere molto utili:

1. - Per l'edilizia sismica.

Essa si è molto sviluppata con studi sia teorici che sperimentali, specialmente in questi ultimi anni, tanto da potersi ritenere pienamente preparata per risolvere il complesso problema. Raramente però viene applicata, anche nelle zone di maggiore pericolo sismico, quantunque siano purtroppo spesso le condizioni particolarmente infelici delle costruzioni ad aumentare di gran lunga il numero delle vittime: fondamenta deboli, materiale scadente, mura indebolite da troppe aperture, tetti troppo pe-

santi, edifici troppo alti, e simili, sono i fattori molto spesso predominanti nelle cause delle distruzioni ⁽¹⁾.

Le ragioni della mancata applicazione delle regole antisismiche vanno ricercate sia nell'impavidità umana, che generalmente è portata a non pensare al male finchè non ne soffre, sia nelle maggiori spese necessarie, come anche nella mancanza di elementi positivi su cui basarsi. Per le regioni recentemente devastate l'esperienza diretta offre le indicazioni per provvedere ai rimedi; ma per le altre è indispensabile l'esistenza e la consultazione di una buona carta sismica.

Se questa difatti rappresenta separatamente l'intensità [10] [7], il semplice esame della carta dirà qual'è la massima intensità di cui ogni zona si è dimostrata capace; e le costruzioni in quella zona dovranno essere almeno tali da resistere a questa massima intensità. Se invece si ha una carta basata sul metodo dell'equivalenza [2], non è più possibile averne una graduazione dei massimi effetti, e quindi per tutte le zone indicate come instabili si dovranno adottare nelle costruzioni le previdenze massime ⁽²⁾.

A questo fine quindi una carta sismica riesce molto utile in quanto indica il *pericolo sismico* di una regione, e possibilmente anche il grado di esso: ciò si ottiene rappresentando pure la frequenza [6], perchè allora si ha anche un indice della maggiore o minore probabilità del ripetersi del fenomeno.

In base a queste indicazioni converrà quindi attenersi rigorosamente nelle zone instabili alle norme di edilizia sismica ed ai seguenti criteri:

a) apportare ogni qualvolta se ne presenti l'opportunità alle costruzioni già esistenti tutte quelle modifiche atte ad aumentarne la resistenza sismica, conservarle in buono stato ed impedire modificazioni che debilitino l'edificio;

⁽¹⁾ Delle quasi 100.000 vittime del terremoto messinese del 1908 molte avrebbero potuto essere risparmiate se le costruzioni si fossero trovate in migliori condizioni (BARATTA).

Un esempio purtroppo caratteristico si è avuto in occasione della catastrofe sismica del 10 novembre 1940 in Rumenia: essa cagionò 800 vittime, di cui 400 a Bucarest; ma di queste ben 380 trovarono la morte nel crollo di un moderno grattacielo (il Carlton).

⁽²⁾ Conviene però osservare che le norme di edilizia sismica devono essere adattate di volta in volta alle mutevoli condizioni con cui si presentano le caratteristiche delle costruzioni e soprattutto del sottosuolo.

b) non riattare alla meglio (come spesso avviene) le costruzioni che hanno già subito vari danni, per non aumentare le probabilità di crolli alla prossima scossa; ma demolirle completamente.

Solo così la probabilità di impedire il crollo degli edifici sarà massima. E ove questo riuscisse, oltre a salvare le vite umane dal pericolo sismico *diretto*, verrebbe anche quasi del tutto eliminato quello *indiretto* di conseguenti incendi, fughe di gas, epidemie, ecc., spesso causa di maggiori vittime che non il terremoto stesso (4).

2. - Per una soluzione almeno probabilistica e relativa del problema della previsione dei terremoti.

Per varie vie si è cercato di affrontare questo problema di capitale importanza. Non è ora il caso di rifarne la storia e di discuterne i vari tentativi [1] [12]: a noi basta qui la conclusione che fino ad oggi nulla di positivo se n'è potuto dedurre praticamente. Vogliamo perciò vedere, se in mancanza di una soluzione sicura si possa almeno trovare qualche indicazione relativa che dica qualcosa in proposito.

A tal fine, osserviamo che la nuova rappresentazione cartografica della sismicità [7] può offrire qualche indicazione almeno probabilistica del ripetersi del fenomeno, con la considerazione separata della *frequenza*.

Per maggior chiarezza, ci spieghiamo con un esempio: se in due diverse zone vengono ricordate negli ultimi 50 anni una scossa disastrosa nella prima e 20 disastrose nell'altra, possiamo affermare che nel successivo cinquantennio la probabilità che una scossa disastrosa si ripresenti è 20 volte maggiore nella seconda zona che non nella prima (2).

Con la considerazione della frequenza, per esempio delle scosse disastrose, abbiamo così per ogni zona un indice di probabilità relativa per il ripetersi di tali scosse, che possiamo con-

(1) Si cita come esempio il terremoto di Tokio del 1° settembre 1923: 653.000 case andarono distrutte e 200.000 furono le vittime umane, di cui ben l'80 % dovuto all'incendio conseguente al terremoto.

(2) Si noti bene che questo va inteso in senso probabilistico: non vuol quindi dire cioè che nel secondo cinquantennio si avranno necessariamente le scosse in quel rapporto.

siderare anche quale *grado relativo del pericolo sismico* di quella regione. Occorre naturalmente che il *periodo* di tempo considerato per la sua deduzione sia lo stesso per tutte le zone in esame ed il più ampio possibile.

3. - Per l'assicurazione sismica.

Un'applicazione in questo senso consegue come corollario diretto da quanto abbiamo ora esposto. Difatti, è noto che per l'impianto di una forma assicurativa sono necessari dati e tabelle probabilistiche *quantitative* che permettono di stabilire il così detto *premio di assicurazione*. Nel caso, in esame, basterà conoscere per ogni singola zona la frequenza delle scosse che hanno prodotto danni; e questa risulta immediatamente dalle carte sismiche costruite col nuovo metodo proposto.

L'assicurazione sismica presenta, specialmente in Italia dove le regioni instabili sono molte e notevoli purtroppo i danni cui vanno soggette, una grande importanza sociale nazionale. Tratteremo perciò a parte più ampiamente il problema [8].

* * *

In conclusione, da quanto abbiamo esposto risulta che, mentre le carte microsismiche hanno un interesse preponderantemente scientifico, quelle macrosismiche sono di notevole importanza anche per i problemi che grandemente interessano l'umanità. I tre punti che abbiamo sopra discusso mirano tutti allo scopo di prevenire e diminuire gli effetti così spesso disastrosi del fenomeno sismico, che fra i fenomeni naturali è uno dei più interessanti, ma anche uno dei più terribili per l'umanità (¹).

I vantaggi derivanti dalla loro applicazione ricompenseranno largamente gli sforzi necessari per la loro attuazione. La visione di ciò sarà la migliore ricompensa anche per chi si sobbarcherà

(¹) Basta pensare a ciò che esso costa all'umanità ogni anno (in media: 300.000 vittime e 10 miliardi di danni).

Altre conseguenze di fenomeni naturali — *inondazioni, carestie* — mietono pure un gran numero di vite umane, ma esso è sempre di gran lunga minore; inoltre, sono più rare, e ad esse il progresso della civiltà e della collaborazione fra gli uomini può più facilmente rimediare. Ben pochi sono invece finora i ripari che l'uomo ha saputo trovare alle catastrofi sismiche.

la fatica, in verità non esigua, della costruzione delle carte sismiche necessarie allo scopo. I rapidi progressi in atto della sismologia renderanno sempre più precisi e più rispondenti allo scopo anche i metodi di rappresentazione.

BIBLIOGRAFIA

- [1] AGAMENNONE G., *Serions-nous en voie de prévoir les tremblements de terre?* (« Mat. pour l'étude des calamités, » 1930, pg. 260).
- [2] BARATTA M., *I terremoti in Italia* (Pubbl. della Commiss. Ital. per lo studio delle grandi calamità, vol. VI, 1936).
- [3] GUTENBERG B. e RICHTER C. F., *Seismicity of the Earth* (« Geol. Soc. of Am., Spec. Papers, » n. 34, 1941).
- [4] LO SURDO A., *La registrazione e lo studio dei fenomeni sismici nell'Ist. Naz. di Geofisica del C. N. R.* (« La Ricerca Scientifica », XI, n. 10, ott. 1940).
- [5] MARTIN H., *Zur Frage Schwingweg-, Geschwindigkeits- oder Beschleunigungsmesser* (« Zeit. f. Geoph. », J. 15., H. 5/6, 1939).
- [6] MORELLI C., *Sulla rappresentazione cartografica della sismicità* (« Boll. Soc. Sism. Ital. », vol. XXXIX, 1942).
- [7] MORELLI C., *La carta sismica d'Albania* (Pubblicazioni della R. Accademia d'Italia a cura della Comm. Ital. di studio per i problemi del soccorso, alle popolazioni, Firenze 1942).
- [8] MORELLI C., *Nuovi fondamenti di assicurazione sismica* (Bollettino della Commissione Ital. di Studio per i problemi del soccorso, R. Accademia d'Italia, vol. III, 1943).
- [9] SIEBERG A., *Gebäudeschäden und deren Verhütung* (« Handb. d. Geoph. », Bd. IV, pg. 567-579, Berlin 1932).
- [10] SIEBERG A., *Erdbebengeographie* (Ibidem, Bd. IV, Abs. VI).
- [11] SIEBERG A., *Neuere Untersuchungen der Reichsanstalt für Erdbebenforschung über bautechnische Erdbebensicherung* (« Zeit. f. Geoph. », XVII, J. 1941, H. 3/4).
- [12] WOOD H. e GUTENBERG B., *Earthquake prediction* (« Science », 1935, T. 82, pg. 219).