

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI  
ANNO CCCXVII.

1920

---

SERIE QUINTA

---

RENDICONTI

---

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

---

VOLUME XXIX.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI  
PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

---

1920

Fisica terrestre. — *Sulla determinazione dell'ipocentro sismico.* Nota di EMILIO ODDONE, presentata dal Socio CARLO SOMIGLIANA.

Degli effetti ondosi, che un terremoto produce in area epicentrale, riassumiamo quella concezione che serve di base al metodo che proponiamo per la determinazione delle profondità ipocentrali.

Il flusso di forza, che si sprigiona dall'ipocentro, consta di impulsi e variazioni di pressione temporanei ed oscillatorfi. Agli impulsi che irradiano in tutti i sensi, e danno luogo alle onde longitudinali e trasversali, reagiscono le forze di flessione degli strati sovraincombenti.

Le oscillazioni degli strati hanno periodi forzati svariati; per legge acustica, alle oscillazioni vanno associate e sovrapposte le oscillazioni di più alto ordine, ma effettivamente si avverte la sola gamma rapida, che è cagione del carattere tumultuoso e pericoloso dei moti sismici in area epicentrale.

Sulle onde che irradiano, il suolo esercita una dispersione, grazie alla quale sui sismogrammi, che raccogliamo a distanza, compaiono, in lunghi spettri, le onde che all'epicentro sono pressochè sovrapposte.

Giungono prime le onde longitudinali, seconde le trasversali, terze le superficiali; queste ultime suddivise in onde lente, massimali, ecc. I tempi di arrivo di questi sistemi stanno in relazione alla loro velocità di propagazione.

Giungo all'oggetto della Nota, fermando l'attenzione sulle sole onde lente, superficiali, che, ripeto, considero come emananti esse pure dall'epicentro. La loro velocità, negli strati di spessore crescente, cresce sino al valore massimo, 3,7 km./sec., spettante allo strato di spessore massimo  $2\varepsilon$ . In quanto al loro periodo, l'osservazione ha fatto constatare che si allunga col dilagare dell'onda lungo la superficie terrestre (1). L'incremento è dovuto a che all'epicentro le onde superficiali a periodo rapido interessano strati a piccolo spessore che mascherano le altre onde concomitanti più lente, che interessano strati più spessi, tra le quali quelle onde lentissime che si riferiscono allo spessore  $2\varepsilon$  del setto sovrastante l'ipocentro. Tali vedute sono confortate dall'osservazione che l'incremento del periodo  $T$  non dura indefinitamente ma cessa intorno ai  $90^\circ$  di distanza epicentrale, e da ciò che  $T$  moltiplicato

(1) A. Cavasino, *Studio sintetico sui periodi delle onde sismiche...*, « Boll. d. soc. sism. ital. 1913 », vol. XVII.

per la costante  $\frac{V}{2}$ , metà della velocità di propagazione, vale la semilunghezza d'onda  $\frac{\lambda}{2}$ , la quale ultima, considerata come una gettata elastica dello strato oscillante, non può superare quei limiti d'ampiezza (leggasi anche lunghezza) che le sono imposti dal modulo elastico e dallo spessore massimo dello strato superiore.

La netta separazione di direzione delle componenti verticali d'azione e di reazione dà una specie di fondo al setto, crea una specie di demarcazione tra il setto ed il nucleo fittizio sottostante. Accettare un tale fondo, una tale demarcazione, significa ammettere che lo spessore  $2\varepsilon$  dello strato sia eguale alla profondità ipocentrale (<sup>1</sup>).

Lo strato, che ha per spessore la profondità ipocentrale, avrebbe così per periodo fondamentale un valore che si accosta al massimo valore del periodo  $T$  che possono assumere le onde superficiali, e per velocità 3,7 km. al secondo circa.

Tale periodo lo troviamo alla distanza di un quadrante circa e quivi l'oscillazione sarebbe paragonabile all'oscillazione fondamentale epicentrale interessante una calotta del diametro  $\frac{\lambda}{2}$  e spessa la stessa profondità ipocentrale.

Se quindi riusciremo ad esprimere lo spessore del setto oscillante in funzione del periodo depurato come sopra, avremo ottenuto la profondità ipocentrale.

Le minime dimensioni del guscio circolare in rapporto al raggio della sfera terrestre ed il suo piccolo spessore rispetto al diametro della calotta, giustificano l'estensione, a questo problema geofisico, della teoria dei setti circolari o lastre circolari vibranti. In questa teoria, dalle equazioni generali di equilibrio, con l'aiuto del principio del d'Alembert, si arriva all'equazione del moto oscillatorio delle lastre vibranti.

L'equazione di frequenza per un setto di raggio obbligato (lastra circolare incastrata) prende la forma

$$(1) \quad \frac{J_1(z)}{J_0(z)} + \frac{I_1(z)}{I_0(z)} = 0 \quad (2).$$

Le radici di quest'ultima danno tutte le vibrazioni possibili che si sovrappongono nel moto vibratorio totale. Pel tono fondamentale, secondo le

(<sup>1</sup>) Nell'acqua, dove manca la componente trasversale elastica, la reazione verticale non può essere data altro che dal fondo: e perciò l'onda, qui gravifica anziché elastica, ha un periodo che dipende essenzialmente dalle dimensioni del recipiente.

(<sup>2</sup>) Lord Rayleigh, *Theorie of sound*, vol. I, pag. 366; tavole ai §§ 206 e 221 a. Macmillan, London 1894).

tavole delle funzioni del Bessel o tavole di frequenza,  $z$  prende il valore di 3,2. Ed il periodo assume l'espressione:

$$(2) \quad T = \frac{2\pi a^2 \sqrt{3\rho(1-\mu^2)}}{(3,2)^2 \sqrt{E}} \quad (1)$$

ove  $a$  è il raggio,  $2\varepsilon$  lo spessore del setto,  $\rho$  la densità;  $\mu$  si può anche trascurare,  $E$  è il modulo di Young.

Sostituendo ad  $a$  l'equivalente  $\frac{\lambda}{4} = \frac{VT}{4}$  e ricavando lo spessore del setto troviamo una relazione della forma

$$(3) \quad 2\varepsilon = KT.$$

I periodi delle onde superficiali sono proporzionali agli spessori degli strati oscillanti. Secondo la (3), se, nell'onda dilagante, le oscillazioni rimasero confinate ad uno strato a spessore costante, rimarrebbe costante il periodo.

Nella (2) si porrà per approssimazione  $\rho = 3$  ;  $E = 2 \times 10^{12}$  ;  $V = 3,5$  km./sec. Viene

$$(3 \text{ bis}) \quad 2\varepsilon = 2,26 \times 10^4 T.$$

Per  $T$  si dovrà porre quel massimo periodo delle onde lente che non può oltre crescere per quanto cresca la distanza epicentrale, e che d'altra parte non ha ancora subito alcun sensibile decremento per affievolita registrazione. Lo si ritrova alle distanze epicentrali di 10.000 km. circa.

Il metodo presuppone che, a quella distanza epicentrale, cadaun terremoto nettamente registrato dia, alle svariate stazioni equidistanti, onde dello stesso periodo lento. Non è nell'indole di questa Nota di verificare la detta costanza dei periodi; ciò dovrà farsi in un secondo tempo, essendo evidente la necessità di controllare tutto il metodo.

Per ora accontentiamoci di vedere l'ordine di grandezza delle profondità ipocentrali, quali escono dalla (3 bis) sostituendo per  $T$  i maggiori periodi delle onde offerti dai telesismi.

Succede, con molta frequenza, che, nei sismogrammi di formidabili terremoti lontani tra 5000 e 15000 km., si abbiano lentissime onde del periodo, persino di 60 secondi. Sono state registrate in occasione per es. dei

(1) Clebsch, *Théorie de l'élasticité des corps solides*. Paris, Dunod, 1883.

A parte il valore di  $z$ , la formola (2) è pure l'espressione del periodo di oscillazione di una sbarra parallelepipedica fissa ad uno, oppure a due estremi. Ciò facciamo osservare, perchè il setto anulare, compreso tra due superfici nodali di un'onda sismica stazionaria, può considerarsi come composto di tanti elementi parallelepipedici normali alla superficie d'onda.

terremoti dell'Oceania (24 agosto 1904); del Giappone (15 giugno 1911); dell'estremo oriente (25 e 27 giugno 1904). Introducendo questo valore di  $T$ , la (3 bis) fornisce uno spessore  $2\epsilon$  di 13560 metri. Secondo noi, 13 km. sarebbe la profondità ipocentrale circa a cui capitarono quei formidabili terremoti.

In numerosi telesismi [ricordo ad es. quelli raccolti in occasione dei terremoti dell'8 giugno 1909 (Cile); del 7 giugno 1911 (Messico); del 12 luglio 1911 (Filippine); del 17 agosto 1917 (Valparaiso)] i periodi massimi si aggirano intorno ai 42 sec. Sostituito questo valore di  $T$ , la (3 bis) fornisce uno spessore di 9492 metri. Secondo noi, 9,5 km. sarebbe la profondità ipocentrale circa a cui capitarono quei terremoti.

Il terremoto di Messina diede le maggiori onde lente di 40 sec. a Zikawei in Cina. La (3 bis) dice che l'ipocentro del terremoto di Messina si trovava alla profondità di 9 km. (1).

Nei telesismi è frequentissimo il periodo di circa 18 sec. Secondo noi, esso potrebbe essere il periodo fondamentale di qualche grande stratificazione pressochè generale alla crosta terrestre. La (3 bis) le attribuisce uno spessore di 4 km., il che fa pensare al manto dei terreni terziari, nelle cui demarcazioni coi terreni secondari soventi si annidano i terremoti.

Il metodo si applica alle esplosioni artificiali per lo più superficiali e che quindi interessano setti a spessori minimi. In esse i periodi massimi sono brevissimi, e ad essi per la (3) corrispondono conformemente setti a spessori piccolissimi.

Il nuovo metodo non è ligio a speciale ipotesi intorno alla natura dei terremoti, ma è valevole per quella qualunque ipotesi che più piaccia; vale, ancorchè l'elasticità nel senso dello spessore vari. Il rapporto tra le profondità trovate (circa 10 km.) ed il diametro del setto (circa 100 km.) non è molto piccolo, ma sufficiente per l'applicazione della teoria. È tra i metodi più semplici e rapidi che si siano immaginati. Porta alla conclusione che un sismo profondo 9 km. dà onde di periodo non superiore ai 40 sec; uno profondo 13 km. dà onde lentissime del periodo di 60 sec., e così via in proporzione. Sia pur grande il grado di incertezza col quale possiamo stimare i periodi più lenti, l'errore sulla profondità ipocentrale non altera l'ordine di grandezza, che, per essere breve, ha grande importanza geofisica. Il fatto di avere dimostrato che gli ipocentri sismici stanno a profondità, che in terra ferma superano di poco le maggiori profondità marine (9 km.) non è senza significato in riguardo ai rapporti tra terremoti e morfologia terrestre.

(1) Con metodo totalmente diverso, è curioso che io giunsi alla stessa profondità ipocentrale di 9 km. (E. Oddone, *Determinazione provvisoria della profondità ipocentrale del terremoto calabro-siculo del 28 dicembre 1908.* « Rend. R. Accad. Lincei », 1909, vol. XVIII, serie 5\*).

Queste profondità ipocentrali, contenute in brevi chilometri, si accordano coi risultati ottenuti coi migliori metodi della sismologia moderna. Quasi nessun sismologo crede più alle grandi profondità ipocentrali di parecchie decine di chilometri. Quallsisiano le riserve del caso, il metodo offre un certo grado di probabilità e grande interesse. La sismologia, che coi dati di un solo sismografo è riuscita a dare le coordinate geografiche dell'epicentro, potrebbe, col mio metodo, ricavare anche da quel sismogramma la terza coordinata e cioè la profondità ipocentrale: non pertanto è evidente che i dati delle altre stazioni vanno consultati per verificare e rettificare questa terza coordinata.

**Mineralogia.** — *Pelagosite di Canalgrande nell'Iglesiente.*  
Nota dell'ing. ENRICO CLERICI, presentata dal Corrisp. F. MILLO-SEVICH.

Nel gennaio scorso, trovandomi in Iglesias, profittai di propizia occasione per visitare la località di Canalgrande, rinomata per il giacimento di trilobiti cambriane e la grotta, sommariamente descritta nella *Guida della Sardegna* del Touring Club italiano, che il mare ha traforato in una serie di strati, diversamente resistenti, fortemente raddrizzati.

Con disagio potei staccare dalla ripida parete battuta dal mare qualche piccolo campione di calcare incrostato di pelagosite il cui aspetto, un po' diverso da quello dei bellissimoi saggi, altra volta raccolti intorno al promontorio Argentario (1), mi induce a darne breve notizia.

Col nome di pelagosite, primieramente adottato dallo Stossich nel 1877 per quella dell'isola di Pelagosa (2), viene designata una produzione naturale costituita prevalentemente da carbonato di calcio deposto in successivi strati sottili, con struttura fibrosa nel senso perpendicolare a quello della stratificazione, formando gocce e spalmature alla superficie di balze rocciose sul mare a guisa di vernice bruna o nerastra con lucentezza smaltoide.

In abbondanza se ne può raccogliere intorno all'Argentario, ad esempio sul calcare scuro, attribuito al retico nella carta geologica al 100,000 edita dal R. Ufficio geologico, vicino al fanale presso Porto S. Stefano e nell'insegnatura della Cacciarella e all'isola Argentarola (3). Non è però esclusiva al

(1) Bollettino della Società Geologica Ital., vol. XXXII, 1913, pag. XXXV.

(2) Vedasi in proposito la Memoria: Squinabol S. e Ongaro G., *Sulla pelagosite* (Rivista di min. e crist. ital., vol. XXVI, 1901), che fornisce notizie storiche, analisi chimiche e discute le varie opinioni sulla natura e sulla origine del minerale.

(3) Il Santi, che ne raccolse all'Argentarola, la ritenne costituita « di carbonato di calce e di ossido nero di ferro depostovi dai flutti marini » (*Viaggio secondo per le due provincie senesi*, Pisa, 1798, pp. 163 e 170).