

Pubblicazioni
dell'Istituto Nazionale di Geofisica del Consiglio Nazionale delle Ricerche
diretto dal prof. Antonino Lo Surdo

N. 15

FRANCESCO PERONACI

**Limite di sensibilità umana alle
accelerazioni sismiche orizzontali**

ROMA

ANNO MCMXXXIX - XVII

Riassunto: La ricerca qui esposta ha lo scopo di determinare la soglia di sensibilità umana alle accelerazioni sismiche orizzontali. Essa è stata eseguita mediante una piattaforma oscillante particolarmente studiata per eliminare il più possibile le cause di errore.

Le scale sismiche si dividono essenzialmente in due tipi: scale in cui le scosse vengono empiricamente classificate in diversi gradi in base agli effetti prodotti sulle popolazioni e sugli edifici delle regioni colpite, e scale assolute in cui, pur mantenendo una corrispondenza tra i valori dei singoli gradi e gli effetti prodotti, l'intensità del terremoto viene stabilita in base all'accelerazione massima del movimento sismico.

La prima divisione netta che si pone per classificare l'intensità di una scossa è quella che si fa tra le scosse sentite dall'uomo e le non sentite in modo che nella maggior parte delle scale assolute esiste un grado che esprime in cm/sec^2 la minima accelerazione percepibile. Sorge quindi il problema di determinare in unità C.G.S. il valore di tale «soglia» di sensibilità.

Alcuni sismologi hanno studiato l'argomento seguendo diverse vie; accennerò brevemente ai risultati ottenuti.

Nel 1904 Cancani, confrontando le registrazioni di sismografi a breve periodo e quindi di tipo accelerometrico che si trovavano posti nelle regioni colpite da terremoti con le notizie ottenute dagli abitanti delle medesime, stimò come valore della soglia 0,25 gal; mentre Omori (1900) aveva consigliato in base alle registrazioni ottenute a Tukuba il valore di 1,7 gal. Nel 1915 Mac Adie, sempre con lo stesso metodo dedusse un gal come limite di percezione nella sua scala assoluta. Nel 1929 Suyehiro mediante una piattaforma oscillante, e limitando il campo di indagine tra 1,49 e 2,34 secondi dedusse per differenti periodi di oscillazione dei valori compresi tra 0,89 e 1,71 gal. L'esperienza fu ripresa da Ishimoto (1932) che con un analogo dispositivo sperimentale tracciò una curva di sensibilità in funzione della frequenza delle scosse e pose come limite di percezione 0,5 gal ottenuti con un periodo di 0,3 secondi. Nel 1931 e 1935 Meister e Reiher, sempre allo scopo di determinare una scala sismica, rifece l'esperienza su più soggetti posti in diverso modo rispetto alla direzione del moto ottenendo dei valori lievemente superiori a quelli di Ishimoto.

Le piattaforme oscillanti adoperate nelle precedenti esperienze consistevano in un piano di legno sospeso mediante cavi flessibili. Pensando che questo sistema potesse portare a risultati inesatti ho seguito una serie di osservazioni con un dispositivo sperimentale analogo e nel corso di esse ho

potuto constatare l'esistenza di alcune cause di errore tra cui le principali erano:

a) il sistema poteva oscillare in direzioni diverse da quella voluta, nascevano quindi delle accelerazioni perturbanti;

b) i movimenti propri inevitabili dovuti al soggetto su cui si eseguiva l'esperienza influivano in maniera sensibile sull'andamento del moto oscillatorio rendendone incerta la registrazione dell'ampiezza;

c) la piattaforma con l'osservatore costituiva un sistema dotato di periodo proprio, si aveva quindi un moto pendolare con oscillazioni forzate che, data la rilevante massa del sistema oscillante, introduceva inevitabilmente degli armonici.

Lo scopo delle mie esperienze è quindi di determinare con un dispositivo sperimentale studiato in modo da eliminare le suaccennate cause di errore, il valore della « soglia » per quelle frequenze che maggiormente si riscontrano negli epicentri, tracciando una curva di sensibilità alle accelerazioni per i diversi periodi del moto oscillatorio.

DISPOSITIVO SPERIMENTALE. — La piattaforma oscillante adoperata (che è stata costruita interamente nell'officina dell'Istituto nazionale di geofisica) consta di un piano di legno delle dimensioni di 120 X 90 cm che, invece di essere sostenuto con cavi è munito di ruote montate sui mozzi mediante cuscinetti a sfere. Le ruote hanno un notevole diametro (65 cm) in modo da ridurre l'angolo di rotazione di esse a valori molto piccoli onde rendere regolare il movimento specialmente nel campo dei lunghi periodi. Le vibrazioni trasmesse dal motore attraverso il pavimento e il sistema di trasmissione, sono filtrate dalla piattaforma stessa che è perciò composta di due piani di legno tra i quali è incollato uno strato di sughero fortemente compresso.

Il moto oscillatorio è ottenuto mediante un motore elettrico a corrente continua che aziona un eccentrico che permette di variare con continuità l'ampiezza del moto agendo su una vite micrometrica. Il motore, collegato con un volano di grande momento d'inerzia, ha una velocità di rotazione variabile da 300 a 1500 giri al minuto; questa viene ridotta applicando opportunamente tra l'albero motore e l'eccentrico una serie di puleggie. I valori che possono essere assunti dal rapporto di riduzione sono compresi tra 50 e 150; in tal modo è possibile far girare sempre il motore a pieno regime (anche per i lunghi periodi di oscillazione) onde ottenere un andamento uniforme: allo stesso scopo il motore elettrico è azionato da una batteria di accumulatori.

L'accelerazione massima del moto oscillatorio viene calcolata con la nota

formula $\ddot{x} = \frac{4 \pi^2 a}{T^2}$ è necessario quindi registrare l'ampiezza a e il periodo T . La registrazione è fatta su un foglio di carta affumicata mediante un sistema di leve che amplifica l'ampiezza del moto da 10 a 50 volte; sulla stessa carta mediante un elettromagnete viene registrato il tempo.

Durante l'esperienza ho controllato più volte il valore dell'accelerazione massima mediante un nuovo tipo di accelerometri progettati dal prof. Lo Surdo e tarati con un metodo basato sull'accelerazione di gravità.

Nella figura 2 sono riportate alcune registrazioni ottenute durante le esperienze.

RISULTATI. — Le esperienze venivano eseguite nel modo seguente: il soggetto era seduto su di uno sgabello posto sulla piattaforma, volto nel senso del moto, con le spalle dalla parte del motore in modo da non vedere la penna del registratore. Stabilita l'ampiezza dell'oscillazione si diminuiva gradatamente il periodo del moto oscillatorio fino a che il soggetto avvertiva la presenza di una accelerazione.

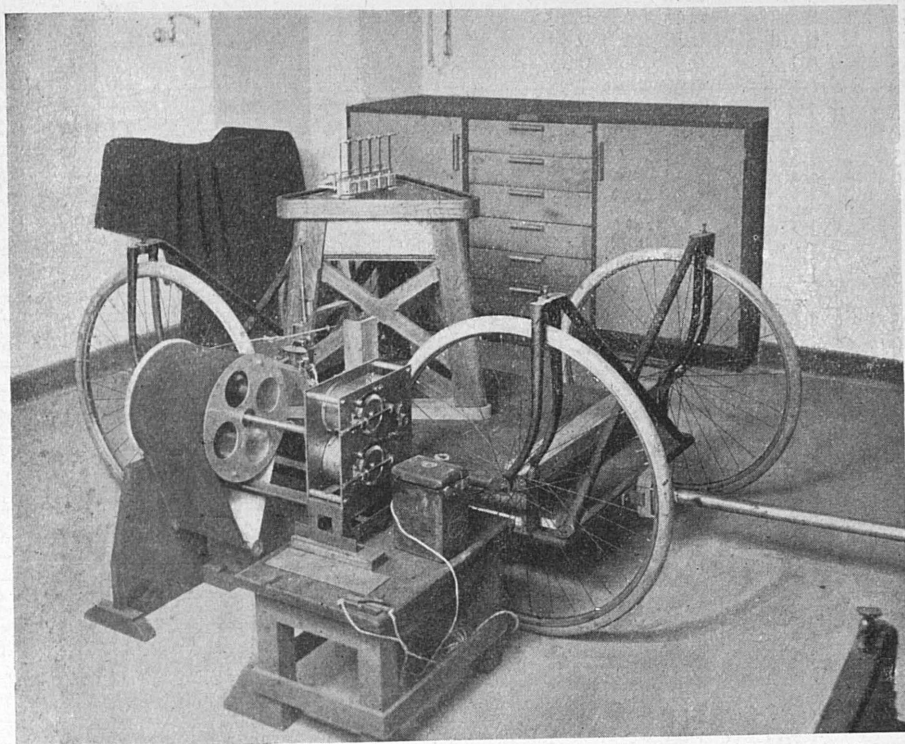


Fig. 1

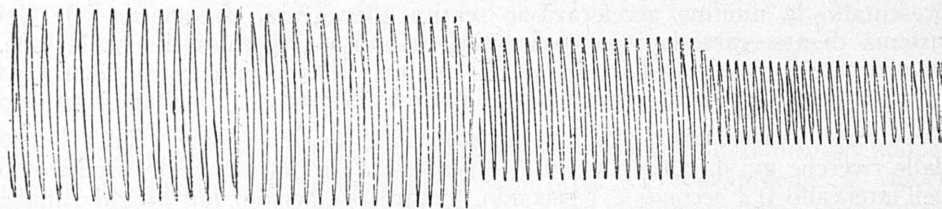


Fig. 2. - Riproduzioni fotografiche di registrazioni ottenute durante le esperienze; lo scorrimento del registratore era di 12 cm. al minuto primo, il rapporto di amplificazione delle leve di 1 a 50

Otto soggetti si sono prestati all'esperienza e i valori ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Accelerazioni sentite dai diversi soggetti

T. sec.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
0.25	0.44	0.56	0.72	0.60	0.70	0.67	1	0.70
0.3	0.40	0.45	0.68	0.50	0.73	0.52	0.84	0.58
0.4	0.45	0.37	0.54	0.53	0.91	0.48	0.72	0.47
0.45	0.50	0.37	—	0.56	1	0.45	0.75	0.49
0.50	—	0.40	0.63	0.57	1.2	0.53	0.82	0.48
0.55	0.58	0.45	0.89	0.66	1.3	0.66	0.88	—
0.60	0.70	0.50	0.80	0.68	1.5	0.75	1	0.54
0.65	0.75	0.57	0.95	0.80	1.7	0.76	—	0.63
0.70	0.81	0.63	1.05	—	1.9	0.78	1.07	0.70
0.75	1	0.71	—	0.99	1.95	0.80	—	—
0.80	1.20	0.81	1.22	—	2.20	0.85	1.10	0.77
0.85	1.39	0.93	1.25	1.14	—	0.86	—	—
0.90	1.59	1.05	1.40	1.20	2.60	0.90	1.10	0.86
0.95	1.63	1.15	—	1.29	—	—	—	—
1	1.71	1.25	1.48	1.34	2.20	0.90	1.09	0.98
1.1	1.62	1.44	1.54	—	2.18	0.92	1.12	—
1.15	1.6	1.48	—	1.43	2.27	0.98	—	—
1.2	—	1.56	1.55	—	2.30	0.98	1.07	—
1.25	1.64	1.8	1.69	—	2.39	0.98	—	—
1.30	—	1.78	1.70	1.48	2.35	—	1.09	1.36
1.35	1.69	1.70	1.68	1.50	2.36	0.97	—	—
1.40	—	—	—	1.43	2.36	—	1.13	—
1.45	1.68	1.78	1.71	1.62	2.38	0.99	—	1.48
1.5	—	1.77	1.67	1.49	2.34	1	—	—
1.55	1.70	1.82	1.70	—	2.41	1.02	1.08	—
1.7	1.66	1.75	1.74	—	2.40	—	—	—
1.9	1.65	1.72	1.75	—	—	—	—	—
2	1.70	1.80	1.70	1.49	2.43	1.03	1.10	1.57
2.2	1.85	—	—	1.50	2.50	1.05	—	—
2.3	1.63	1.79	1.85	—	2.50	1.09	—	—
2.5	1.80	1.90	—	—	2.40	1.02	—	1.59
2.7	2	—	1.81	—	—	—	—	—
2.9	1.64	1.79	1.70	—	—	1.06	—	1.57
3	1.70	1.90	—	—	—	—	—	—
3.2	1.63	—	1.71	—	—	—	—	—
3.4	2	1.95	1.72	—	—	—	—	—
3.5	1.70	1.89	—	—	—	—	—	—

Ogni valore è il risultato di una serie di esperienze scartando qualche dato che si allontanava troppo dal valore medio. Le curve di figura 3 rappresentano la minima accelerazione sentita alle diverse frequenze ⁽¹⁾. Nel sistema di assi cartesiani sono riportati in ascisse i periodi di oscillazione, in ordinate i valori dell'accelerazione minima sentita in corrispondenza di un dato periodo. Dalla loro analisi si possono desumere i risultati seguenti:

a) il valore della minima accelerazione sentita (come risulta anche dalle ricerche già da altri compiute) dipende dal periodo del moto oscillatorio nell'intervallo 0,2 secondi e 1 secondo, mentre per periodi più lunghi rimane praticamente costante;

b) esiste un minimo nella curva delle accelerazioni e la posizione di tale minimo, rispetto all'asse dei tempi, varia da individuo a individuo rimanendo però sempre compreso fra 0,27 e 0,45 secondi;

⁽¹⁾ La curva 5 della fig. 3 è stata tracciata sottoponendo all'esperienza un soggetto che non si trovava in condizioni fisiche normali, come si è potuto poi constatare.

c) i valori dell'accelerazione in tale minimo variano da un soggetto all'altro nell'intervallo 0,40 gal e 0,70.

Dalle curve di fig. 3 è possibile ricavare una curva che rappresenti l'andamento medio dell'accelerazione minima sentita ai diversi periodi del moto

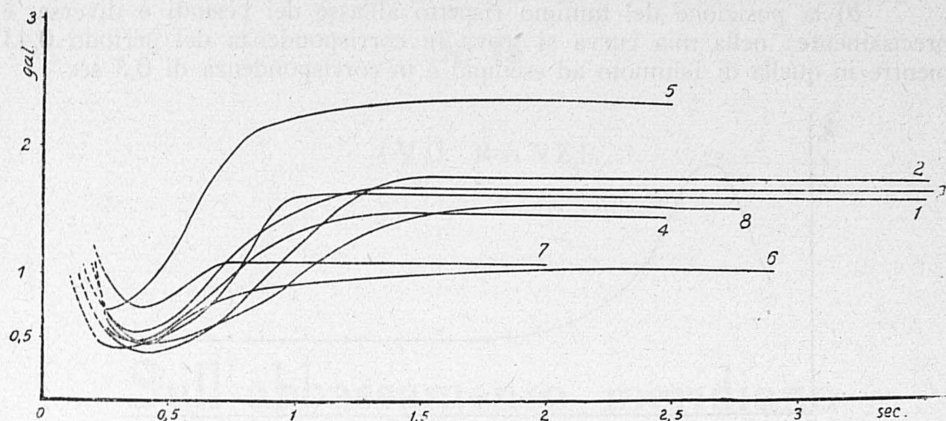


Fig. 3

oscillatorio, la curva presenta un minimo di corrispondenza di 0,43 secondi in cui l'accelerazione corrispondente assume un valore di 0,5 gal (fig. 4).

Analogamente a quanto si fa per il coefficiente di percettibilità dell'occhio alle radiazioni luminose ho tracciato una curva di sensibilità umana

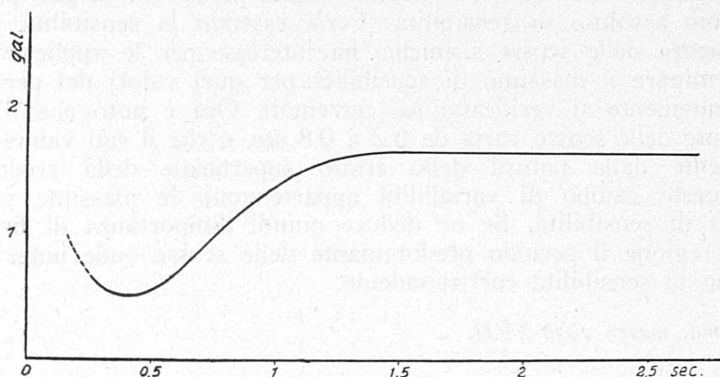


Fig. 4

alle accelerazioni prodotte da un moto oscillatorio (fig. 5). Il metodo adoperato è il seguente: scelta un'ordinata arbitraria e corrispondente al valore minimo dell'accelerazione (0,5 gal per 0,43 sec.) gli altri punti della curva si ottengono dalla relazione.

$$y = \frac{0.5 a}{\ddot{x}}$$

dove y è l'ordinata incognita per un determinato periodo, \ddot{x} è la minima accelerazione sentita corrispondente.

