

地震波分解器及其記錄

所員末廣恭二

*A Seismic Vibration Analyser and the Records
obtained therewith.*By **Kyoji SUYEHIRO.**

The Earthquake Research Institute

A seismic vibration analyser has been devised by the author with the purposes in view; firstly, to detect, if any, the prevalent periods of earthquakes in a district, and secondly, to study the nature of earthquake vibrations. The analyser consists of a series of thirteen compound pendulums having different natural periods arranged side by side, the shortest period being 0.22 and the longest 1.81 sec.; they are to work under the principle of selective resonance similar to the reed frequency-meter. The distance between the centre of gravity and the point of suspension of the pendulums is made as small as possible in order that under any seismic motion, unless the period nearly agrees, the pendulums may move keeping pace with the motion of the frame carrying them. Moreover, each pendulum is provided with a damper to wipe out the free oscillation which is apt to make a record illusory.

The damping is so adjusted as far as possible that every style records the co-periodic vibration with a definite multiplication, when the amplitude of the synchronous oscillation attains its terminal value.

In January, 1926, one apparatus was constructed and set at a Laboratory of the Tokyo Imperial University to record E-W component of earthquake motions. Since then, the records of six earthquakes of the "weak" category have been obtained, some of them being shown in the annexed Figures. In these Figures the numbers on the top show the natural periods of the pendulums in second and the wavy curves their records. With only one exception of the earthquake on April 27th, 1926, which occurred underneath the Tokyo Bay (Fig. 3), the records of all earthquakes so far recorded have a common feature, irrespective of their focal distances (Fig. 1 shows the record of an earthquake took place on April 2nd, 1926 and Fig. 2 that on April 18th, 1926. The former is of a distant origin and the latter of a very near origin).

The nature of the earthquakes revealed by the records may be summarized as follows:—

1. All records excepting that shown in Fig. 3 show clearly the persistence of

the motion having the period 0.3 sec. and this motion seems to be of harmonic type. From Fig. 5 which shows the statistical distribution of the different periods of microtremors at Hongo (the name of the district where the University is situated) it will be seen that the frequency of occurrence of this period far surpasses the others. Therefore, it is very probable that this is one of the natural periods of the said district.

2. Beside this, more or less conspicuous appearance of the period of 1.4 sec. or so in all records seems to show the existence of another natural period of the district. Excepting these two, the other waves seem to be merely an assemblage of pulses.

3. The waves of 0.3 sec. in period have a remarkable nature in that they always appear intermittently during the course of an earthquake (Figs. 1 and 2). It seems to suggest that at the focus of an earthquake the failure of the crust does not generally occur all at once, but proceeds sluggishly from one point to another.

4. With regard to the record of the unusual character (Fig. 3), it shows that the motion is composed of trains of harmonic motions of different periods. Curiously enough in this case the waves having the period of 0.3 sec. appeared in a single short train; probably in this time the failure of the crust might have occurred at a time. It may be inferred therefrom that if the break-down occurs all at once, it may send out harmonic waves.

Lastly, it may be added that the apparatus records the tremors caused by the other sources, for instance by a passing heavy truck (Fig. 4), quite differently; so that the observed prominence of a certain definite period over the others is undoubtedly not due to the instrumental incompleteness, but unveils what really occurs.

或る一定の土地に於ける地震動の性質を研究する事は獨り耐震構造學上必要であるのみならず、地震學夫れ自身に對しても興味ある事柄である、今迄も此の方面の研究が閑却されて居つた譯ではないが夫れは唯普通の地震計の自記した記録に依て、週期とか波形とかを調べたに過ぎなかつたのである。假令へば某地では某週期の波が特に著しく顯はるゝ習僻があると云ふ様な事が屢々言はるゝが、夫れは非常に錯綜した波形の山と山との間を週期と見做しての事であるから、疑を挟む餘地がないでもない、尙其上波形は調和型である様に最初から認定してかゝつて居るのであるが、遠地地震に於てはいざ知らず、近地地震に於て震動が調和運動の連続であると断定してしまうのは少しく早計に失しはせぬかと思はれる。

著者は之等の問題を在來の地震記録による方法ではなく、他の仕方で研究する目的を以て、地震波分解器なるものを試作した、此の器械の原理は所謂 Reed

frequency-meter と全然同一であつて、selective resonance により地震波を分解せしむるのである、若し地震動の内に調和運動の連続せるものがあれば、之れと選擇共鳴をなして其週期を示す様に装置してあるのである、素より此の如き器械の性質上地震波が調和運動型でありとするも、同一な性質の波数が單に一つか二つに過ぎぬと云ふ様な場合には、之れを示す事は不可能である、之れは此器械の缺點である。此種の機械を Milne 博士が試作せられたらしいが多分構造の不完全な爲めであつたらう、何等の効果を擧げずに終つて居る。⁽¹⁾

Frequency-meter の reed に相當する振動子として此器械に於ては左圖の様な Compound pendulum が用ひてある、此の如き振子が 13 個並列せられてあつて

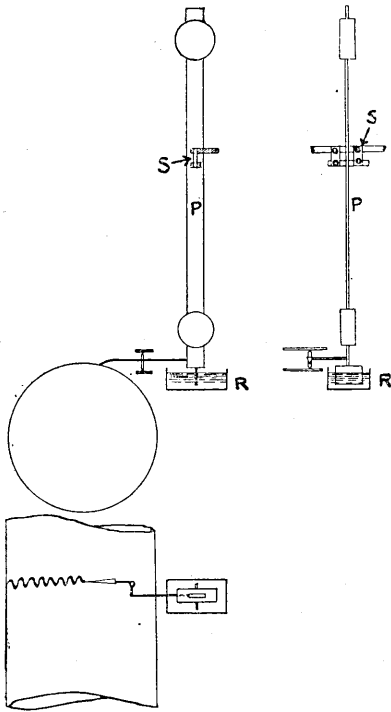
之等の自然週期(秒)は次の如くにしてある

0.22, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80

0.89, 1.00, 1.20, 1.39, 1.62, 1.81

一秒以上が粗く約 0.2 秒飛びになつて居るに關らず、一秒以下が細く 0.1 秒飛びになつて居るのは、本來の目的が構造學上の研究にあつて、地震學主體の研究は著者に取つては副であるからである、云ふ迄もなく建築構造に對しては、1 秒以上の週期を有する地震動は餘り顧慮する必要はない。

扱此の十三個の振子は其構造に於ては略相等しく、挿圖に示す様に棒の上下兩端に錘りが取附てある複振子(P)であつて、Point of suspension には knife-edge は用ひずして、其の代りに鋼のリボン(S)が用ひてある、之れは振子が地震の際飛び出すのを防ぐ爲めである。



而して此懸垂點と振子の重心とは出来る限り相近けてある、之れは地震動と共鳴せぬ限りは、振子が器械全體と行動を共にして、相對的動搖をなさしめぬ爲めである、若し懸垂點と重心とが距つて居るときは、振子は自己週期より短き週期を有する地震動に對しては普通の地震計の振子の様な働をなして地震を記録す

(1) Milne, Earthquakes (1886) 26 頁

ることとなる、之れは此の器械の目的に對し好ましからざることである。尙此等の振子は自己振動を制限せぬときは、振子が衝動を受けて動いたとき、恰も共鳴振動でも起した様に規則正しき動搖を記録して、觀測者を過らしむる結果となるから、可なり強く振動を damp する様に damper (R) が設けてある、圖に示す通り振子の下端に取付けてある小さな板が水を容れてある器に浸つてゐる、之れが damper の役目をするのである、水を使用してゐる譯は其粘性も密度も溫度に對する變化が比較的少いからである、而して最初此の器械が出来上つた時、横振動をなす試験臺の上に載せて振動を與へ、何れの振子も夫れが共鳴振動をなす時の振幅の terminal value が 1 mm 内外の實動に對し約 27 倍(其の内 3.5 倍は link 擴大率である) の擴大率を以て記録せられる様に damper の調節をした、かくすると自由振動の振幅が逐次に約 0.55 位に遞減する様になる、尤も本器に於ては振子の形が全然相似形に造つてないのと多少固形磨擦がある爲め、此遞減比は振子により多少其價を異にしてゐる、尙一言附加へて置きたいことは前記の倍率と此遞減率とは計算上相當せぬが、夫れは試験臺上に於て calibration をしたときは、油煙を塗らぬガラス板の上でやり、遞減率は實際の smoked drum の上で計つたからである。

此分解器は昨年八月に一先づ完成したが、初めての試作品のこととて不完全の點が多くあつて、地震に遇ふ度毎に多少改良を要する點を發見して手直しをして來たと云ふ様な次第であつて、まづ一通り使用が出来る様になつたのは、本年の二月からである、そして弱震程度以上のものでなければ記録をせぬから、今日迄に得た記録は僅に六枚にしか過ぎない、其の内の三枚を本編末の附圖に示してある。圖に於て記録の上端に記入してある數字は、記録をした振子の自然週期である尙線が二本になつてゐる所があるのは、他の記録針が地震記録の前又は後に筒の上を通過した爲であつて記録には何等の關係もない。

第一圖は大正十五年四月二日に八丈島の西方に起つた地震の記録、第二圖は同年四月十八日に玉川流域に起つたもの、第三圖は四月二十七日に東京灣内で起つたものの記録である、今迄得た記録に因れば何れの地震も其震央の遠近にかゝらず第一圖及第二圖に示す様な記録を與へ、第三圖に示す様な性質のものは唯一回丈で全く例外である、今先記の一般性を帶びて居る記録から判斷して、次の様な推論をなしても大過ない様に思はれる。

(1) 何れの地震に於ても 0.3 秒の週期が著明に顯はれてゐて、しかも之れが調和運動らしく見へるから、之れは本郷臺の自然週期の一つではないかと思はれる、併し此考に對し疑を挟む餘地がないでもない、夫れは第一には此週期が器械を安置してある石臺の動搖の週期ではないかと考へられることである。之れを調べる爲め、其石臺と周圍の地面との microtremor を、石本氏の Microvibrograph で同時觀測をやつて見たが、石臺は略ぼ地面と同様の微動をして居て、0.3 秒などいふ自己週期を持つて居る形跡はないことが分つた、第二には 0.3 秒の週期を持つて居る振子が殊に敏感になつて居るのではないかと疑はれることである、併し地震以外の原因による震動、假令へば荷物自動車の通過の爲めに起る震動では、第四圖に示す通り全く 0.3 秒のものは顯れて居ないで却て他の週期のものが地震の場合とは全く状態を異にして顯れて居る、此事實により 0.3 秒のものが顯著に顯れるのは器械の間違から起るのではないことが分るのみならず、尙其上器械が相當忠實に震動を分解して記録をすることを察することが出來ると考へられる。

尙此 0.3 秒の週期を有する震動の真相を確むる爲めに、嘗て震災豫防調査會の會合の席で供覽せし、駒込の microtremeter の記録の内て曇天無風のとき取りしもの、中より、電車其他の妨害を受けて居らぬ部分、約半分間を撰で其間に於ける震動の週期の分布曲線（但し 0.075 秒以下のものは捨てた）を作て見たが、之れは第五圖に示す通りであつて、0.3 秒内外のもの、起る頻度が丸て段違ひに多いことが分る、此事實は 0.3 秒の週期が本郷臺の自然週期であることを裏書きして居る様に思はれる。

若し此結論が過つて居らぬものであるならば、元來二階又三階建位の石工建築は多くは 0.3 秒内外の自己震動週期を持つて居る様であるから、之等に對しては可なり重大なる事柄で輕視してはならぬと考へられる。

(2) 上記の 0.3 秒の週期のもの、外、1.39 秒の週期を有する振子と 1.62 秒とのものが、何れの地震に於ても可なり著しき振動を示して居るから、本郷臺は此附近の週期を有する自然振動をも持つて居るかも知れぬ、併し之れは 0.3 秒のもの、如くには著明に顯れぬから、今少し研究をした後でなければ斷言することを憚る。

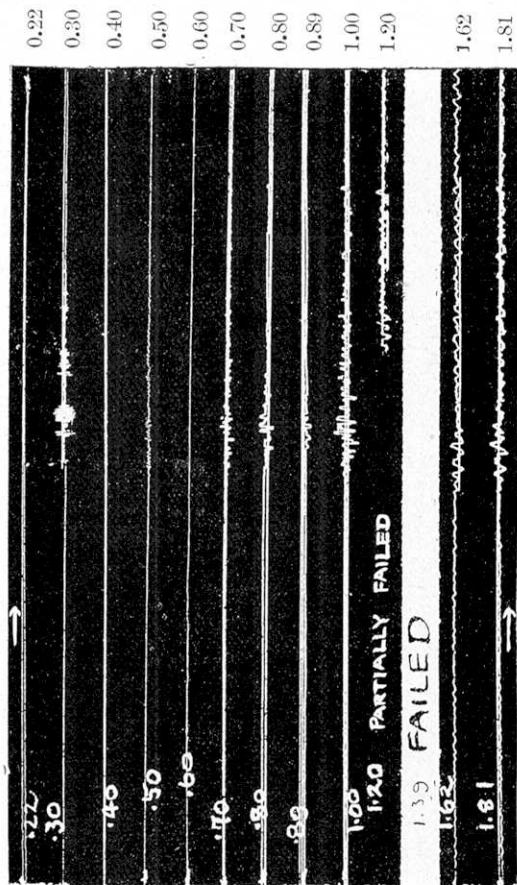
(3) 0.3 秒が極めて著明に、1.39-1.62 秒のものが稍不明瞭に調和運動であることを示す外、其他の週期のものは唯衝動の連続である様に見える、故に建築構

造の耐震性を研究するには今迄やり來つた様に地震動が單一弦運動の連続である様に考へた丈では正鵠を得てゐない、著者は今後此の考へて研究を進めて見たいと思つて居る。

(4) 0.3 秒の週期の振動の記録されたるものは一般に間歇的に群をなして顯れてゐる、之れは反射の爲めに生じたと考へられぬこともないが、第三圖に示す様な一群だけのものも在り得るのであるから、反射と考ふるより蓋ろ、地殻の破壊は通常一時に起るに非ずして、一個所に破壊が起れば、夫れに連れて次から次へと跳躍的に破壊が進行して行き一つの破壊毎に新しき地震波が送り出されて、其度び毎に土地の自然振動が誘起せらるゝのであると解釋した方が妥當ではあるまいか、かく考へることは工業材料の破壊試験などで得たる吾々の經驗によく一致する、若し地殻がこんな壊れ方をするものとしたなら、志田博士の發見による感震區域内に於ける初動の引き又は押しの方向の排置により、地殻の壊れ方を察知する巧妙なる方法は、壊れ方が如何様に始まつたかを見出すこと丈に止めて置いて、地震の全経過を判斷することに應用してはいけない様に考へられる。

(5) 第三圖に示すものは其性質に於て全く他と類を異にして居る、即此地震は可なり立派な調和運動の浪から成立つて居つた様に觀察せられる、而して 0.3 秒の週期のものは唯一群しか顯れて居らぬから此地震に限て地殻の破壊が唯一回だけしか起らなかつたと考へ得られる、左すれば破壊が連続的ならずして一氣に起る時は調和運動をなす波を送出するものではないかと考へられる、併し之れも只一回丈の觀測に過ぎぬから、斷言する事は敢てしない。

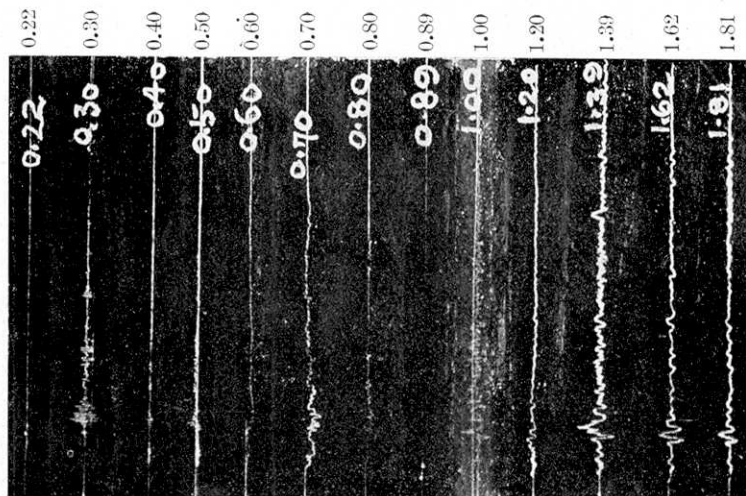
此器械は全く新しき試である上に、觀測を始めてからまだ間もないから觀測材料が不充分である、隨て上記の推論も餘りに憶測に過ぎはせぬかと自分乍ら危ぶまれぬでもない、尙器械を完全のものとして且つ豊富なる材料を得たる後、更に此問題につき論ずる積りである。



(1 mm. of original = 1.43 sec.)

(Enlarged 2.2 times.)

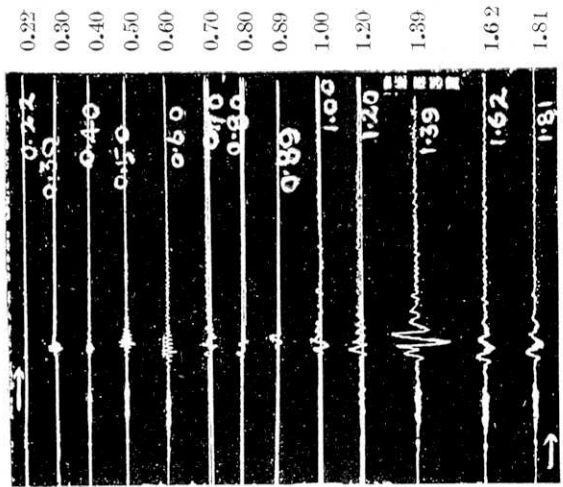
FIG. 1



(1 mm. of original = 2.14 sec.)

(Enlarged 2.2 times.)

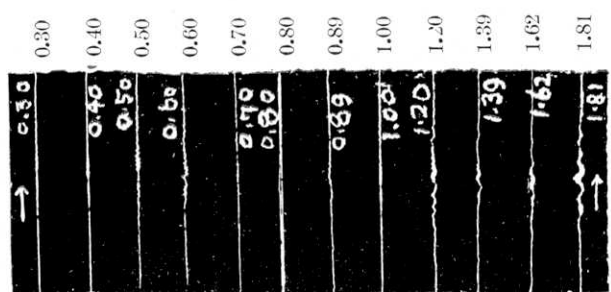
FIG. 2



(1 mm. of original = 1.79 sec.)

(Enlarged 2.2 times.)

FIG. 3



(1 mm. of original = 1.72 sec)

Tremor caused by a motor truck.

(Enlarged 2.2 times.)

FIG. 4

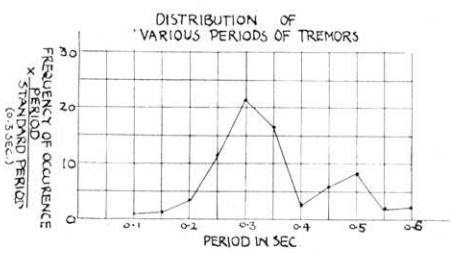


FIG. 5