

24. 短週期弾性波の實驗 (其の1).

地震研究所 岸 上 冬 彦

(昭和16年4月17日及び昭和17年1月15日發表 — 昭和17年3月20日受理)

週期1秒以下の土地の脈動を東京帝國大學構内に於いて觀測した所、0.3秒前後の週期のものは季節により週期・振幅が變化し、地表の乾燥した時に週期が大きく、振幅も大きいといふ結果が得られた¹⁾。そこで週期の短い弾性波の性質を調べようとして、こゝに述べる實驗を始めた。

弾性波を起すには、ドイツに於て始められ²⁾、その後各地で種々の實驗に用ひられてゐる偏心廻轉機の方法をとつた。このドイツで行つた實驗では、4個の車輪を1個の機關によつて同じ速度で廻轉させ、その車輪の適當な位置に偏心體をつけて簡単な振動1種のみを起すやうにした。筆者の場合もこれに似たものを作つたが、其の出来る迄に1個の偏心體を廻轉させた實驗を行つたので、こゝにその結果を報告する。これと同様な實驗は井上宇胤氏³⁾が東京駒場にある地震研究所支所に於いて行はれたものがあるが、其は主に振幅について調べられ、筆者のは波の週期と、それによつて生ずる弾性波の波長を測定した。

偏心體の廻轉装置としては、簡単な鐵の杵に鐵の丸棒を廻轉出来る様に取り付け、その丸棒に偏心體として直方體の鐵片をつけ1/4馬力の直巻電動機で廻轉させた。電動機には單相交流100Vを電源とし單巻變壓器によつて電壓を調節することによつて廻轉數を變へた。偏心體は質量 $m=300$ g、偏心距離 $r=2.2$ cm のもの他 $m=150$ g、 $r=0.15$ cm 及び $m=130$ g、 $r=1.5$ cm のものを取付けた。電動機と廻轉偏心體とを1個の 57.5×30 cm の木の臺にのせ、その全體の重量は約 24 kg となつた。併し廻轉を初めれば、この臺は踊り上るので、約 55 kg の人が臺の上にとつた。

廻轉速度は毎分 1060 から 3600 廻轉まで變へ、その廻轉數は廻轉の一樣になつた時に、時計仕掛のはいつてゐる廻轉計によつて測つた。強制振動の場合として、偏心體の廻轉から直接弾性波の週期が求められると假定し、廻轉數を週期に換算すれば 0.055 秒から 0.017 秒までとなる。前に述べた井上氏の實驗結果には毎秒の廻轉數を

1) 昭和15年6月地震研究所談話會にて發表 地震 13 (940), 113.

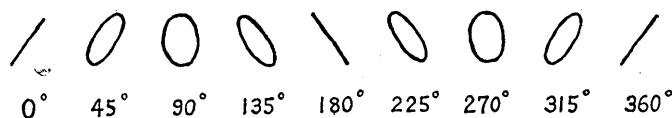
2) A. HERTWIG, G. FRÜH und H. LORENZ, *Veröff. Degebo. Berlin*, *Hft. 1*, (1933); R. KÖHLER und A. RAMSPECK, *Ditto.*, *Hft. 4* (1936); R. KÖHLER, *Zeits. f. Geophys.*, **10** (1934), 386; A. RAMSPECK, *Ditto.*, **10** (1934), 387.

3) 井上宇胤 地震研究所集報 13 (1935), 757~762.

書いてあるが、週期に直ほせば 0.3~0.5 秒となり、ドイツのは 0.05~0.15 秒の弾性波を起してゐるので、此等と較べて筆者の場合は短週期弾性波と表題に記したが、今の所弾性波として特別な波動と考へてゐるわけではない。

振動測定には波江野清藏⁴⁾の考案されたラヂオ地震計の U 型のデオフオンを使つた。錘には U 字形 MK 磁石を 2 枚の平バネで水平に保持し、更に螺旋バネで吊つてある。自己振動週期は約 0.2 秒で、電磁制振によつて無週期性になつてゐる。デオフオン 2 個を偏心體の廻轉軸の延長線上に据え、振動によつて起された電力を各デオフオンからの電線によつて陰極線オシログラフの水平軸と垂直軸とに與へる⁵⁾。電動機による地動は單振動に近いものを起す筈であるから、2 個のデオフオンが同一方向で等距離にあれば陰極線は水平。垂直兩軸の振動が同位相となつて、オシログラフの螢光板には斜の直線が見える。この場合デオフオンに故障があれば、直線とならないこともある。その時は水平軸と垂直軸との端子につないだデオフオンを取換へて見るによつて、其の性能の比較は簡單に出来るのは、この方法の 1 つの特長であらう。

デオフオンの性能を等しくした後に、1 個を其の儘とし他を次第に遠くに異動すると、2 個の間の位相差ができ螢光板上の像はリサージュの像を畫き、楕圓となり次に



第 1 圖

圓となり、更に傾きの逆の楕圓となり、その向きの直線と變はる。この形と位相との關係は第 1 圖に示す通りである。

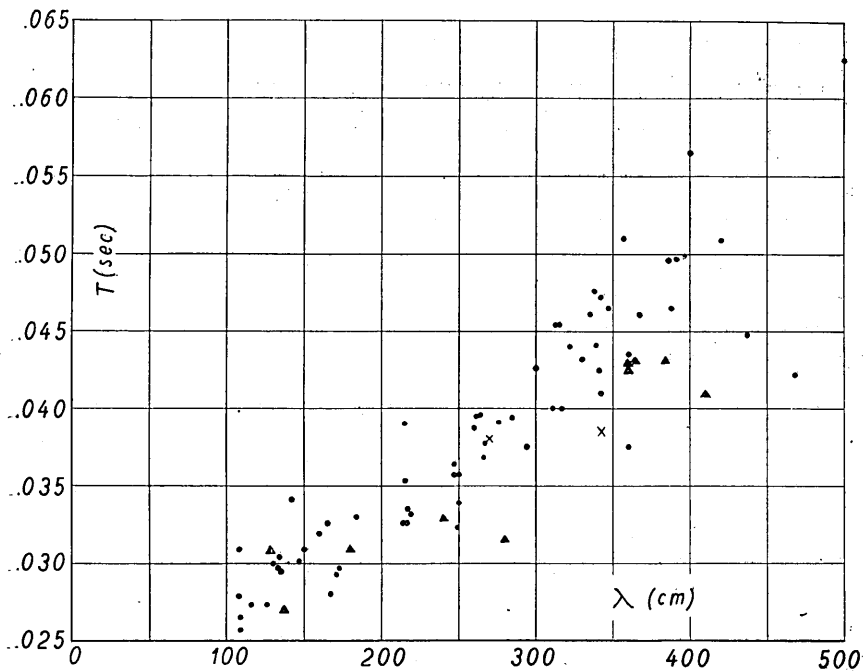
この實驗では像が向の等しい直線になる場合を求めたのである。即ち初めデオフオン 2 個をならべて置いた時は位相差が 0° で斜の直線となり、次にデオフオンの位置をかへ位相差が増すと楕圓形となり、更に變つて逆の傾斜の直線になつた時は位相差は 180° であつて、この場合デオフオンは弾性波の半波長離れてゐることを示す。更に間隔をひろげて、陰極線の像が元の傾斜の直線となれば、1 波長の距離を示すのである。偏心體の廻轉の一定の時には、像が直線になる所を求めるのは困難なことではななく、波長の測定誤差は 2~3 cm 程度であつた。

次に偏心體の廻轉速度を變へて見ると、其につれて波長が變はることがわかつた。

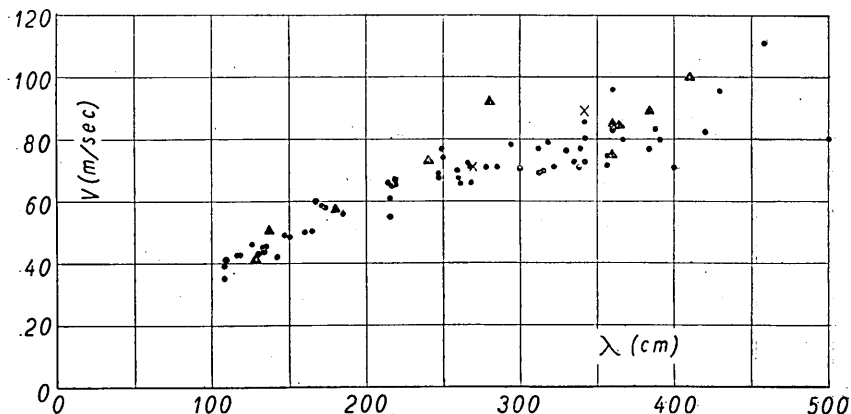
4) 波江野清藏 地震 8 (1936), 299~308. この器械を更に改良されたものである。

5) L. G. HOWELL, C. H. KEAN and R. R. THOMPSON, *Geophysics*, 5 (1940), 1~14. これには陰極線オシログラフの 1 軸を振動體に、他の 1 軸をデオフオンにつないで、その位相差を見てゐる。

その関係を調べるには 2 個の方法を使つた。或る廻轉速度に一定しておいて、1/2 波長及び 1 波長に當るデオフオンの位置を求める方法と、2 個のデオフオンを固定しておいて、電動機の廻轉の方を變へて螢光板上の像が直線状になるやうな廻轉速度を探



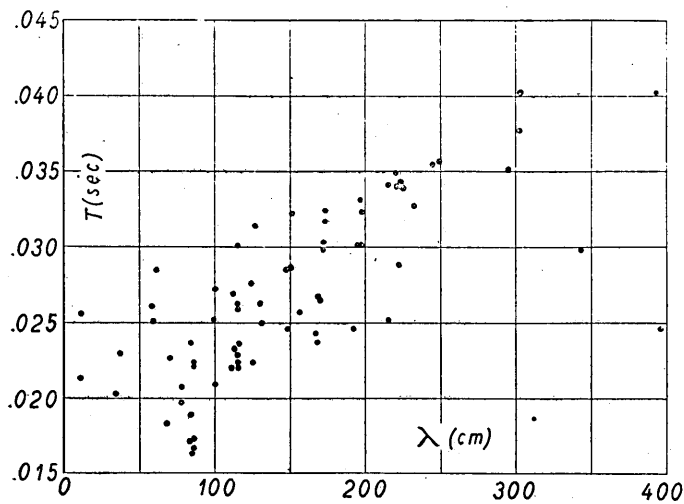
第 2 圖



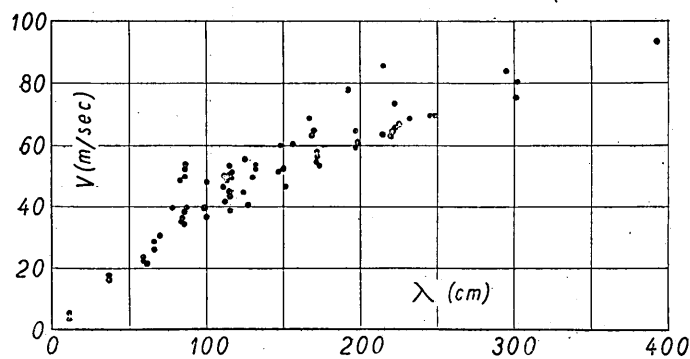
第 3 圖

す方法とがある。この實驗では初めのうちは前の方を主に用ひたが、後には廻轉を變へた方が多く、時々前の方法を使つて求めた結果を確めるやうにした。

偏心體の質量 300 g の場合の波長と週期の關係は第 2 圖に示される通りで、弾性波の分散することがわかる。週期と波長との關係から波の傳播速度を計算し、波長と速度との關係に書きかへれば第 3 圖のやうである。第 1 のデオフオンを振動體から約 2 m 離しておいたので、波長 5 m となると第 2 のデオフオンは振動體から 7 m 離れることとなつて振幅が小さくなる。この實驗ではデオフオンの中にする電力は小さく直接陰極線オシログラフにつないでもリサジューの像は見られないので、真空管 57 を使つた増幅回路を通してデオフオンの起す電壓をブラウン管に作用させてゐる。併



第 4 圖



第 5 圖

し前に述べた波長 5 m 以上になると、リサジューの像は小さくなつて見にくいので、これ以上の距離の測定結果はこゝには省いた。

週期の短い方は、電動機力が不足、いひ換へればこの電動機に對して偏心體が

大き過ぎて廻轉しないので、偏心體の質量を小さくすることによつて測定の缺けた所をみたした。その結果は第4圖及び第5圖に示した通りである。第2圖、第3圖と共に見ると、この彈性波は分散性をもつてゐることがわかる。これ等の圖を見ると、下の方へ行くに従つて傳播速度の増す場合の表面波の性質を表はしてゐるかと思はれる。但し2個のデオフオンが第4圖の場合のやうに接近した時には、デオフオン自身の大きさも問題になると思ふ。デオフオンの大きさは $12.0 \times 8.5 \times 5.0$ cm で、重量は 1300 g である。

表面波であると考え、この波形を調べやうと波を傳播方面に平行・垂直及び上下の3成分と分解し、2個のデオフオンを使つて其等の中2成分宛を組合せて陰極線オシログラフの水平、垂直の2軸を使つて調べた。即ち今迄の結果はラヂオ地震計のU型のデオフオンを用ひたのであるから上下動のみの測定である。そこで水平動のデオフオンとして、U型デオフオンの内部からの馬蹄形磁石を支へてゐる螺旋バネを取外した上、据付の位置を變へ磁石が下に向け吊さげられたやうにした。その様にすると自己振動週期 0.3 秒無週期性となつて、波形を調べるに適當になつた。但しこのデオフオンは底面に比べて丈が高くなつて揺れ動く恐があつたので土を掘つて半ば埋めて使つた。

波動の性質を調べる爲に、先づ2個のデオフオンの中1個を廻轉する偏心體に近づけて見た。その結果1個のデオフオンを振動を起す所から2m以上離せば、2個の間の同位相が測定できるが、1.5mになれば同位相は全くわからなかつた。このことは理論によつて知られてゐるやうに、振動を起す場所の近くでは複雑で、離れた所になれば波動が簡單になる爲かと考へられるが、未だ實驗を進める必要がある。

波動の進行方向の水平動と上下動とを組合せて陰極線オシログラフで見ると、この波がレイリイ波であつたらば理論で知られてゐる様に地表の1點の畫く軌道は楕圓になる筈であるが、楕圓とならず8の字の様になつた。8の字ならば、水平動の週期が上下動の週期の1/2であるが、美しい8の字にはならないで、陪振動の混つたもの様にも見えた。

水平動を波の進行方向と垂直方向とにわけて2個のデオフオンをはたらかせ、螢光板上で軌道を見ると、進行方向の大きい楕圓形となつた。これも理論上のレイリイ波やラヴ波とは異なつてゐる様である。

この種の波の性質については、調べる方法は異なるが Ramspeck と Schulze⁶⁾ も未だ何もわからないと書いてゐるが、筆者の實驗でも同様に更に研究を進めてゐる。

6) D. A. RAMSPECK und G. A. SCHULZE, *Verh. Dege'o. Berlin, Hr. 6* (1938).

尙波の傳はる媒質が變つた場合として、ヂオフオン1個を土の上にをき、他のを煉瓦又は石を敷いた上において同位相になる所を見ると、煉瓦又は石に約 30 cm はいつた所までは測定出来るが、それ以上になると波は傳はつて行かない。これは反射の爲かと思ふ。又ヂオフオン2個共敷石の上におくと、距離を次第にはなし約 5 m としても、何時も同位相を示した。これは石の中では傳播速度は大きいから、波長も長くなり、従つて 5 m 程度では位相の差が認められないものと考へられる。

偏心體の廻轉の向きについては、この實驗では殆ど全部廻轉軸の方向にヂオフオンを据えたが垂直において試験したこともある。第2圖中斜の十字で記したものがこの場合であるが、別に差異はない。

この實驗をした場所は理學部第1號館の北東角から 10 數メートル北東にある地震學教室の一部、南半分は實驗室北半分は倉庫になつてゐる建物の南側であつて、地質はロームでこの邊の地質は試錐によつて調べられてある⁷⁾。實驗場所を多少變へる爲に、この建物の北側はロームの上に多少盛土の跡があるので、同様の實驗をして見た。その結果は第2圖中に黒い三角形で記したものである。又この場合につき見方をかへれば多くの實驗をした所は木造家屋に密接し、それと砂利を敷いた道路との間の細長い土地であり、後にのべた建物の北側は比較的廣く上記の様に波の反射、屈折の影響の少いやうな所である。併し何れにせよ實驗結果は大差なかつた。

以上述べた實驗は位相を調べたものであるが、これだけでは波の性質を解釋するには不十分である。振幅も調べるやうにし、又波の起し方を變へて、物體の落下によつて生ずる波の觀測も行つてゐるから次の機會に報告する。

終に臨み、以上の研究は文部省科學研究費による所多く、又松澤教授から御援助を賜つたことを記して、感謝の意を表する次第である。

7) 山崎直方 震災豫防調査會報告 2 (1894), 147~155.

24. *Experiments with Elastic Waves in the Ground. I.*

By Fuyuhiko KISHINOUE,

Earthquake Research Institute.

Elastic waves were generated in the ground by rotating an eccentric mass driven by an electric motor, and the phase differences of the waves at two places observed with two geophones and a cathode ray oscillograph. The geophones set at the two places were connected by means of electric cables to the horizontal and vertical deflection plates of the cathode ray oscillograph. The shape of the orbit of the cathode ray then changed with the phase difference of the waves at the two places. The orbit became straight lines when the geophones were set at intervals of half a wave-length, one wave-length, and so on. The wave lengths were measured from the distance of the geophones, and the period of the waves from the number of rotations of the motor per minute. The relations between the wave-length and the period, or velocity, of the waves, are shown in the figures in the paper.

Numerous other experiments were made in order to investigate the nature of the waves, but, as in the case of D. A. Ramspeck and G. A. Schulze (see their paper (Veröff. Degebo., Berlin, Ht. 6 (1938))), scarcely any conclusive results were obtained.