

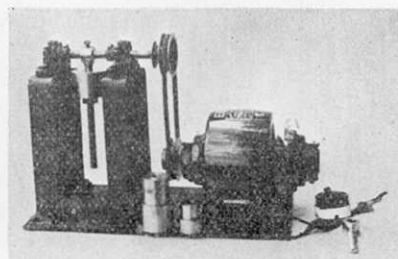
## 61. 偏心物體の廻轉に依つて起された地表面の波に就いて

地震研究所 井上 宇 嵐

(昭和10年9月17日發表—昭和10年9月20日受理)

1. 近年獨逸に於て土質調査委員會<sup>1)</sup>が主となつて電氣モートルに依つてエキセントリック・マツスを廻轉せしめた場合に生ずる地表面の波動に就いて研究し、種々有益な結果を得て居る。但し此の場合に觀測される波は主としてレーレー波であるらしいとの事であつて未だ如何なる波であるか確然たる決定は見ない。此れに類した事は既に本研究所に於て寺田寅彦教授、坪井忠二博士<sup>2)</sup>に依つて模型實驗がなされてゐる。其の際には寒天を媒質とし其の中に埋めた眞鍮の棒を電氣モートルに取附けたエキセントリック・ホイールで動かして振動を生ぜしめ、表面波が生ずる事、寒天を切つて崖を作ると、其の縁で波が反射して、定常波が出来る事、堀を掘つて波長の數分の一の幅や深さの堀によつても、對岸の振幅を著しく減少させる事が出来る事等を觀測されて居る。著者は本研究所駒場支所の周圍の地中を傳はる彈性波の速度特に表面波の速度を決定する目的の爲に、此等に類した實驗を行つたのである。

2. 當支所の庭にエキセントリック・マツスを電氣モートルに依つて廻轉せしめる装置を据附け、此のエキセントリック・マツスを種々取換へて、種々の振動數の振動を得る様にした。此の装置は第1圖に示す如きものであつて、一つの鐵板上に取附け其の鐵板を深さ1.3mに達する6本の杭に固定した長さ1m幅40cmの四角に組んだ角材の上下からボルトで締め附けた三組の細長い鐵板にボルトで固定した。此の實驗に使用した電氣モートルは8分の1馬力のものであり、エキセントリック・マツスは次の表に示す如き程度のものであつた爲に以上の如き装置にて、エキセントリック・マツスと地面との結合は充分であつた。

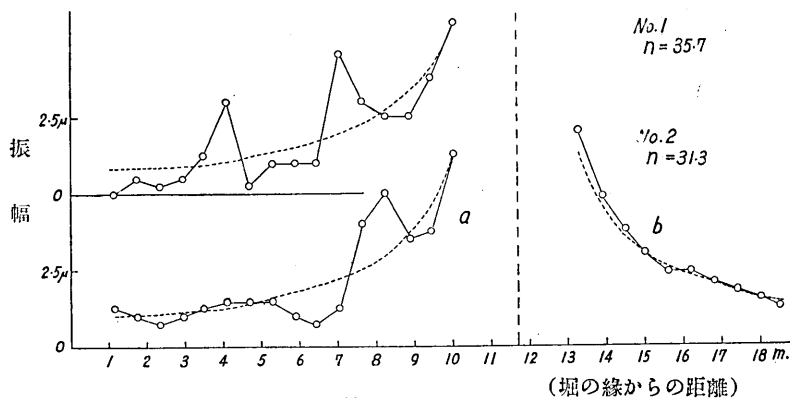


第 1 圖

1) R. KÖHLER, *ZS. f. Geophys.*, (1934), 386; A. RAMSPECK, *ZS. f. Geophys.*, (1934), 387.  
2) T. TERADA and C. TSUBOI, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 3 (1927), 55.

実験番號	マ ッ ス	偏心距離	回 轉 數	遠 心 力
No. 1	228 gr	3.0 cm	35.7	$3.48 \times 10^3$ dyne
" 2	194	6.4	31.3	4.82 "
" 3	497	4.2	27.8	6.40 "
" 4	706	4.3	25.3	7.67 "
" 5	584	5.4	23.3	6.76 "
" 6	1006	4.5	21.8	8.47 "
" 7	1093	5.0	20.2	8.80 "

此のエキセントリック・マツスの廻轉に依つて生じた地表面の振動を、地中に埋めた數十個の小さいコンクリートの臺上を次々と一臺の地震計を移動せしめて観測した。此の庭の西に接して南北に長さ 27 m、深さ 2.7 m、上部の幅 3.5 m の堀があるが、此の堀と振動源との間の地表面の振動を主として測定した。エキセントリック・マツスの振動面は堀に直角であり、測定した地動も堀に直角な水平成分、即ち振動源に對してラジアルの水平成分のみである。使用した地震計は逆立振子型の水平動地震計で、重錘の重さ約 1.3 kg、週期 0.3 秒、倍率 200 倍のもので、制振器は無い。電気モートルの廻轉を始めると、暫くして回轉が一樣になるに従つて地震計に記録される振幅も一定になつて来るが、其の様に一定になつた所の振幅を測定した。

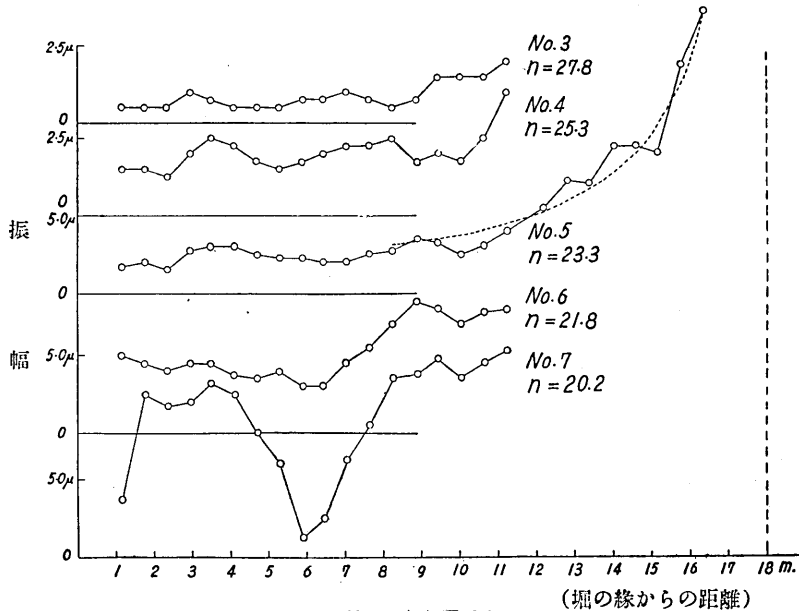


第 2 圖

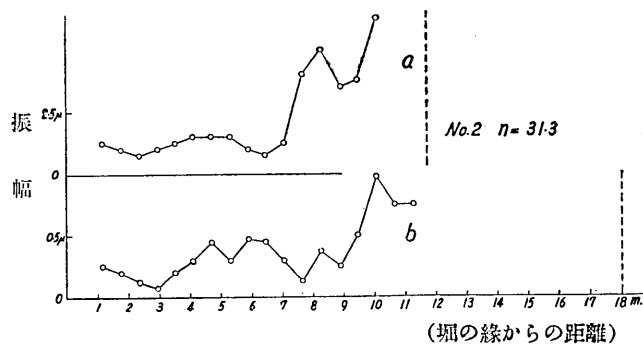
3. 先ず、堀の無い方の側の振動を測定して見た所第2圖中の No. 2 の b に示す如き結果を得た。同圖中の點線は地面の振動の振幅が振動源よりの距離に反比例するものとして計算したものであるが、圖に依つて明かなる如く實際の振動の振幅は振動源よりの距離に反比例して減少して居る。此の事は波の減衰の事もあるが、先ず振動源よりの振動の勢力が平面的に擴がつて行く事を示すものと思はれる。

次に振動源の回轉數を種々に變へた場合の振動源と堀との間の地表面の振動の振幅

を測定した。夫等の結果の夫々一例を第2圖，第3圖，第4圖に圖示してある。圖中に振動源の位置を波線で示してある。



第 3 圖



第 4 圖

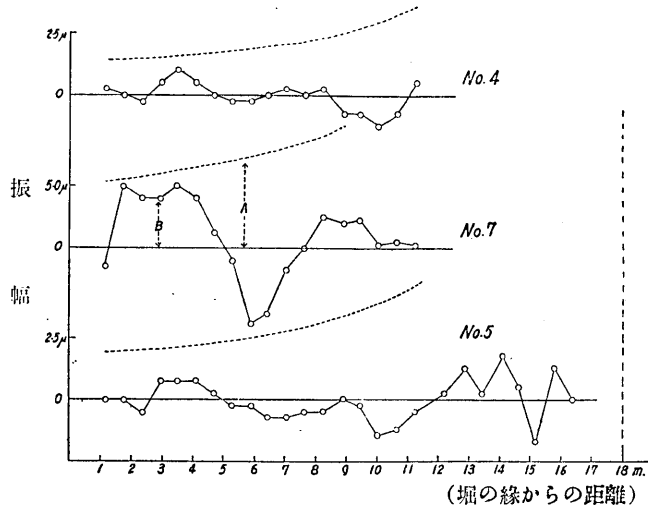
振動源の回轉數が比較的小なる間は，地表面の振動の振幅が大であつたので，堀の縁と振動源との距離は場所のゆるす限り遠くした。此の距離は約 18 m であつた。此れに反し，振動源の回轉數が比較的大なる場合は小さい地動しか得られなかつた爲に堀と振動源との距離を約 11.7 m に縮少した。此等の圖中の點線は地動の振幅が，振動源よりの距離に反比例して減少するものとして，計算した値であるが，圖に依つて見られる如く，観測された地動は略々振動源よりの距離に反比例して減少して居る。此の上に堀からの反射に依つて生じた定常波が重なつて居るのが見られる，

振動源からの振動の振幅を  $A$ 、堀からの反射波の振幅を  $B$  とすると、観測された地動のマキシマムの所、即ち定常波の腹の所では、其の振幅は  $(A+B)$  となり、地動のミニマムの所、即ち定常波の節の所では、振幅は  $(A-B)$  なる値となる筈である。此の  $A$  も  $B$  も共に場所の函数である。但し、これは一種類の波が、地表面附近のみを傳はるものとしての議論であつて、實際には、振動源からは、立體波も出れば、表面波も出るし、尙地中で相當複雑な波の反射、屈折の現象も起つて居るのであるから以上の事は極く大體の議論である。

さて、振動源からの波動  $A$  は上述の如く、振動源からの距離に反比例して居るから、實際の観測値からこれを計算に依つて、引き去ると後に波動性の曲線が残る。此の曲線のエンベロツプ

が堀からの反射波の振幅を示す筈である。其の數例を第5圖に示してある。

さて、堀の縁に於ける  $B/A$  の値は、堀の反射能に關するものであるが、これは波動の振動數に依つて、異なるらしく、大體  $0.4$  から  $1.0$  の間の値を取つて居る様である。



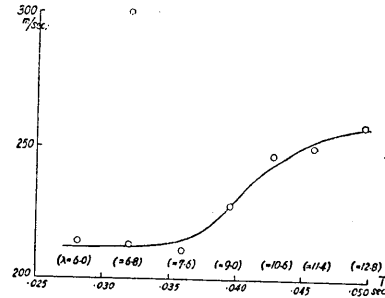
第 5 圖

堀の中の振動、堀の反対側（此の部は場所が僅かしかない）の振動に就いては、未だ充分なる観測を行つては居ないが、一例を示すと、振動數が中位の振動の場合に、堀の此方側では  $3\mu$  程の振幅があつたのに對し、反対側では、 $1\mu$  の振幅であり、堀の内部では、地下  $0.9\text{ m}$  と  $1.8\text{ m}$  の段の所では、約  $0.25\mu$ 、地下  $2.7\text{ m}$  の堀の底に於ては、約  $0.12\mu$  の振幅であつた。

さて、振動源からの波動と、堀からの反射波動とで定常波が生じて居るとすると、此の定常波の波長は、振動源からの波動の波長の半分に當る筈であるから、此の定常波の波長を測定して、振動源よりの波の波長を算出する事が出来る。振動源よりの波動の波長と、其の振動數とから求めた波の速度を第6圖に示してある。尙振動源よりの距離に従つて、波動の振動數の變化する事はまづ認められなかつた。又第4圖に示

す如く、實驗 No. 2 の場合には、振動源と堀との距離が 11.7 m であつた a の場合と、其の距離が 18 m であつた b の場合とでは、定常波の波長が異なつた結果を示し、同一の振動數の波動で異なる早さのものがある事を示して居る。

さて第 6 圖に依ると、波の速度は、波の週期に關係して居り、其の分散曲線の大勢は、妹澤教授<sup>3)</sup>の研究せられた層のある場合のレーレー波の早さの分散曲線の中の、



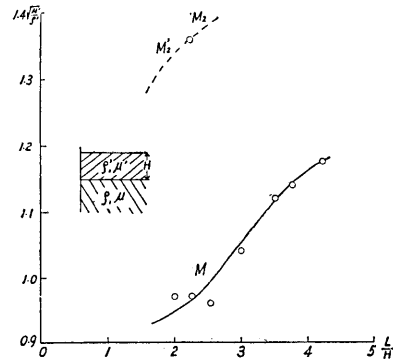
第 6 圖

表面層の剛性率が下層の剛性率の半分の場合に大略該當して居る様である。

當支所の地層は、地表から 1 m 程は軟い表土であり、其の下に厚さ約 3 m のローム層がある。振動源を固定した杭は、此のローム層迄達して居り、且軟い表土中の波の速度は、重錘落下試験等から大體 100 m 毎秒程度であるらしいので、此處に觀測された波は主として、ローム層中を傳はるものと思はれる。

そこで、此の波動はレーレー波であるとし、層の厚さはローム層の 3 m を採用し、波の週期の極めて短かい場合の波の速度として、200 m 毎秒を採つて波の速度の分散曲線を書き直して見たのが第 7 圖である。

圖に依つて見られる如く、表面層の剛性率が、下層の剛性率の半分の場合のレーレー波の速度分散曲線 M が得られたが、尙上記の實驗 No. 2 の場合の振動源が堀に近い場合は、此の速度分散曲線に屬して居るが、振動源が堀から遠い場合は、妹澤教授の  $M_2$  波の部に相當して居る様である。此れは如何なる理由に依つたのであるか、今の所全く不明であるが、 $M_2$  波は M 波に

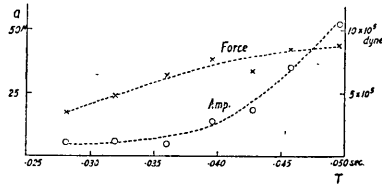


第 7 圖

比較すると地表面の水平成分は、可成り小さいものとなる筈であるが、實際此處に觀測された  $M_2$  波と思はれる波は、波動の振幅が振動源よりの距離に反比例して減少する事を考に入れて比較すると、M 波の場合の 4 割の大きさしか無い事も偶然の一致とは考へられぬ事である。尙参考の爲に、各實驗の際のエキセントリック・マツスの回轉による遠心力と、振動源から 1.7 m の所で觀測されるであらうと思はれる地動の

3) K. SEZAWA and K. KANAI, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 13 (1935), 471.

振幅を計算したものとを、比較の爲圖示すると第8圖の如きものを得た。即ち振動源の回轉數の小さいもの程、比較的地動が大きくなる事が見られる。然しもつと回轉數の小さい所、即ち振動の週期の大きい場合迄も實驗を行つたならば、或る週期の所で地動がマキシマムに成るのではないかと考へてゐる。



第 8 圖

4. 以上の結果を、簡単に述べると、エキセントリック・マツスを電氣モートルで廻轉せしめる振動源と堀との間の地表面の地動の水平成分を觀測して見た所、波動の波長の數分の一の深さと幅を持つ堀であるにも拘はらず、堀からの反射波に依つて定常波が生じて居る事が觀測された。此の定常波の波長から波動の速度を測定すると地表附近の剛性波の速度は約 220 m 毎秒程度、下層を傳はる波の速度は約 300 m 毎秒程度である事を知つた。尙此の場合の表面層は、厚さ約 3 m 程度のローム層であると思はれる。

### 61. *Some Experiments on the Waves generated by the Rotation of Some Eccentric Masses.*

By Win INOUE,

Earthquake Research Institute.

The waves were generated in the ground by the rotation of an eccentric mass driven by an electric motor. The frequency of the rotation of this electric motor was changed within some range by changing the eccentric mass. The waves were projected to the canal digged in the ground. The amplitudes of the horizontal component of the vibrations of the surface of the ground and the base of the canal were observed by transporting a horizontal seismometer from one place to another.

The author observed the standing waves existed by the reflections of the waves from the canal, in spite of lesser dimensions of the depth and the breadth of the canal several times than the dimensions of the wave lengths. Moreover, it seems to the author that the observed waves are the surface waves of Rayleigh type.