

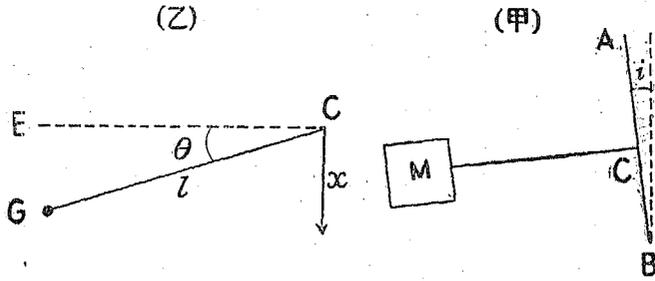
## 地震計に就て

上河善雄

地震に際して地盤の一點が實際に運動する有様は極めて複雑であるが、最一般的に考へるならこれを上下の方向及水平面内に於て互に直角なる二つの方向に分けてその各方向に於ける直線運動及び廻轉運動とすることが出来る。この六つの分運動を知ることが出来たならば地面の運動は完全に判る譯である。地震計はこれらの分運動を記録する目的で作られたものであつて、特に今日實際各地で用ひられて居るものは何れも主として上下或は水平の方向の直線運動を記録するものである。一般的に云へば、これらの地震計では直線運動のみならず、廻轉運動も同時に記録されるのであるが、此兩者を完全に分離することは理論的に不可能であること既にガリチンによつて示された通りである。併しながら震源地の附近を除いては、廻轉運動は極めて微小であつて震動の大部分は直線運動であるから、地震計の記録を地盤の直線運動のみものと考へることは實際上差支のないことであつて、今日の所ではさうして取扱つて居るのである。

地震計製作上最重要なる問題は、地震に際して動かぬ點を作ることであるが、これには物體の慣

第一圖



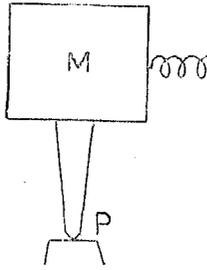
性を利用すべきであることは誰にも容易に知られることである。すべて静止して居る物體には、いつまでもその状態を持續せんとする性質がある。しかしこれに一度力が作用すると最早静止の状態を保つことは出来ぬ。而して如何なる物體も、これを地面と連絡せずして支持することは出来ないものであるから、地震の繼續して居る間常に静止して居る如き部分を作ることは不可能である。しかし器械の或る特殊の點が地動の影響を直ちに蒙らない様に作ることは必しも困難ではない。例へば質量  $m$  なる物體に、その重心  $G$  から  $X$  なる距離に  $I$  なる衝動が作用したとすれば、その影響は重心  $G$  を  $I$  の方向に  $I/m$  の速度で運動せしむること、 $G$  と  $I$  とを含む平面内で  $Ix/mk^2$  の角速度で廻轉せしむることである。こゝに  $mk^2$  は  $G$  を通り  $G$ 、 $I$  を含む平面に垂直なる軸に關する慣性能率である。而して此兩者の結果此物體は一の軸のまはり廻轉運動を始めるであらう。その軸は  $G$ 、 $I$  を含む平面に垂直であつてその平面と交はる點  $C$  は  $CG = \frac{Ix}{m^2}$  で

與へられる。さればこの軸上のすべての點は、衝動Iの作用によつて影響を受けないこととなる。故にもし衝動Iが地動であつたとすれば、この軸上の一點と地面との間の相對的運動を見れば地面の運動を知ることが出来るわけである。この原理を具體化したものは水平振子である。水平振子とは重き物體を鉛直に近い軸のまはりに廻轉せしむることの出来る様にした装置で、今日の水平動地震計の大部分はこれを用ひてある。第二圖は各地震計に用ひてある水平振子の形を圖解したもので甲はルポー・バシユウイツ等、乙は大森、ミルン、ポーシユ等、丙はガリチンの、各地震計に用ひられて居るものであり、何れもA B二點を結ぶ直線を軸として廻轉する。ウイーヘルトの地震計のみはこれと全然異なるもので、第三圖に示す如く、大なる質量を一點Pで支へたものである。無論このまゝでは不安定であるからスプリングによつて或程度までの安定度を與へてある。この器械の重錘は水平には何れの方向にも自由に運動し得るにより、一の器械で、互に垂直な二方向の水平分運動を同時に記録せしめ得る特長がある。

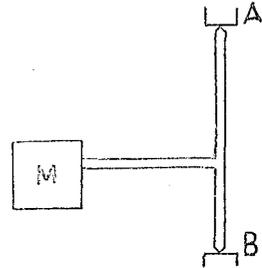
猶上下動地震計の構造は何れも同様で、棒の一端にMなる質量をつけ、これを他端P及びC Dなるスプリングで支へたものである。最初グレーの作つたものは、スプリングの着點DはP Mを結ぶ線にあつたが、ユースィングは、振動中Pに關する重力の能率とスプリングの彈力の能率とを常に等しく保つには、スプリングの着點DをP Mの下方にすべきことを發見し、今日では何れもさういふ

地震計に就て

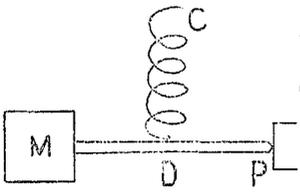
第三圖



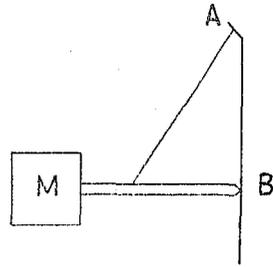
第二圖 (甲)



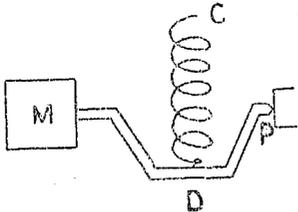
第四圖 (甲)



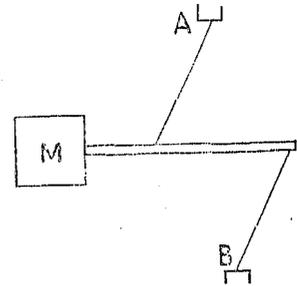
(乙)



(乙)



(丙)



四六

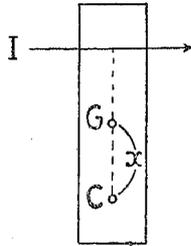
六五

風に作つたものを用ひて居る。

次に地震計の代表的ものの水平振子の理論について概略を述べることにする。但しこの理論は、他の場合に於ても全く同様に適用し得るものである。

廻轉軸 A B が正確に鉛直線と一致して居り、且すべての抵抗力がないとすれば先に述べた例の場合の如くなり理想的の地震計が得られるわけである。しかし A B を全く鉛直線と一致せしむること

第五圖



は實際に於て困難なるのみならず、假りにかくなし得たとすれば振子を一定の方向に保つことが出来ない。故に A B は常に鉛直線から小なる角 I だけ傾いて居る。かくの如き振子の重心 G は、地動なき場合には、A B と鉛直線を含む平面内にあつて静止する。かくる振子を静止の位置より少しく動かした場合の運動方程式は

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2k \frac{d\theta}{dt} + n^2\theta = 0$$

で與へられる。この式中、 $\theta$  は静止の位置より測れる角、 $k$  は抵抗の係數、 $n$  は抵抗なきときの一秒時間の振動數に  $2\pi$  を乗じたものである。この微分方程式の解は次の三つの場合がある。

$n > k$  なる場合

$$\theta = Ae^{-kt} \sin\{(n^2 - k^2)^{\frac{1}{2}}(t - \delta)\}$$

$n \sqrt{k^2 - n^2} \sin \delta$

$$\theta = A e^{i\omega t} \sinh \left\{ (k^2 - n^2)^{\frac{1}{2}} (t - \delta) \right\}$$

$n = k \sin \delta$

$$\theta = A e^{i\omega t} (t - \delta)$$

但し  $A, \delta$  は任意の常数である。

普通の水平振子に於ては抵抗力は出来得る限り軽減する様にしてあるのであつて第一の解が適用される。即ち運動は振動的であつて、その周期は

$$2\pi / \sqrt{n^2 - k^2}, \text{ 振動数 } \frac{1}{2\pi} \sqrt{n^2 - k^2}$$

但し  $n^2 = g/l$  である。

故に  $i$  の小なる程振動数は少くなり周期は従て大となる。  $n$  及  $k$  の値は實驗的に求むることが出来る。

次に廻轉軸が水平面内で静止の方向  $CE$  に垂直に  $x$  だけ變位を受けた場合を考へると、重心  $G$  の運動方程式は

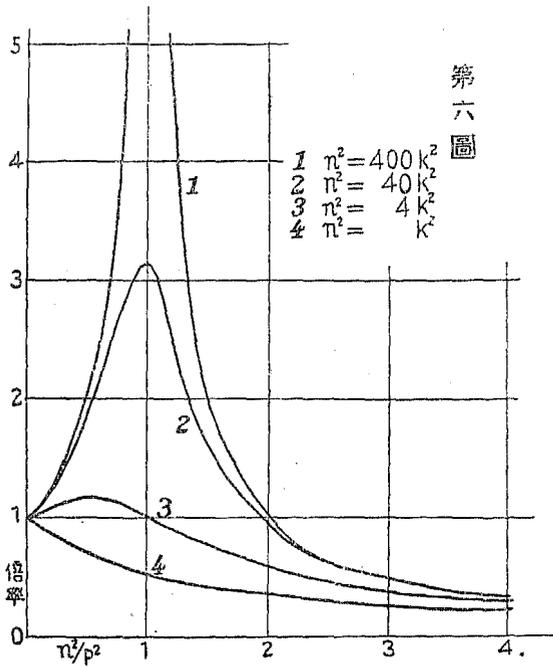
$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2k \frac{d\theta}{dt} + n^2\theta = -\frac{d^2x}{dt^2} / l$$

となる。  $x$  は一般的に云へば時間の或函數であるが、地震の場合に於てはこれを正弦函數と考へる

ことは大なる誤りではない。そこで  $x = x_0 \sin pt$  で與へられるとする。前記の方程式の解は二つの部分から成り、その一は振子の自由振動によるものでこれは時間とともに振幅を減ずる。他の一は強制振動でこの方は次の式で與へられる。

$$\theta = \frac{P^2 x_0 \sin (pt + \delta)}{1 - \{(p^2 - n^2)^2 + 4k^2 p^2\}^{\frac{1}{2}}}$$

第六圖



但し  $\delta = \arctan \frac{2kp}{p^2 - n^2}$

即ち地震計の運動の周期は地震のそれに等しいが位相がちがつて居る。記録されるものは地震計の運動である。その振幅は  $\theta$  に比例するものであるからこれを  $\theta$  とすれば倍率は

$$\frac{1}{1 - \{(1 - \frac{n^2}{p^2})^2 + 4 \frac{k^2}{p^2}\}^{\frac{1}{2}}}$$

で與へられる。勿論地震計の運動はこの外に自由振動が加はるのであるから、地動を正確に知

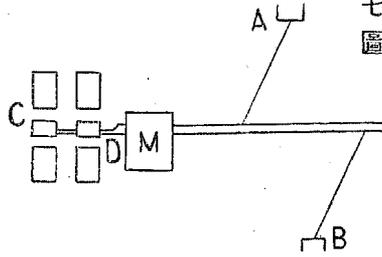
るには後者を成るべく速かに消失せしむることが大切である。こゝに於て地震計に制振器の必要なることが明かとなる。制振器を設けるといふことは左の値を大にするといふことになるのであるがこれは一方倍率の點に於て失ふことゝなるは蓋し已を得ぬことである。第六圖は振幅と  $k$   $n$   $p$  の間の關係を表したものである。

すべての地震計に於て自己振動の周期は出来る限り大なる様に工夫されて居る（大森式微動計の如きは六十秒位にまですることが出来るといふことである）これは上圖より分る如く  $k$  の或値に對しては  $k$  の 1 より少なる範圍に於て倍率は略一定であるから、 $n$  を出来るだけ小にしておけばその一定なる範圍を大ならしむる利益があるからである。しかし振動數の如何にかゝはらず、二つの周期的運動が結合するときには共振の現象を免るゝことは出来ない。されば地震計の記録に現れたものも振幅の點に於て眞の地動に比例しないことゝなる。故に眞の地動に最も近い記録は非振動的振子によつて始めて得られるのである。

二次に記録の方法のことであるが、最も簡單なる方法は振子にペンを附してこれを地面に接觸しベシ先の運動の方向に直角なる方向に一定の速さにて動く紙上に受けて振子の運動を描かしむるのであるが、この場合には、振子とその廻轉軸以外の點に於て地面と接觸することになるから、嚴密に考へるならば前記の理論はそのまゝ適用することが出来ないことゝなるわけである。しかし振子の

質量が相當に大なるときには、このペン先に於ける摩擦の影響は無視することが出来る。この場合と雖も摩擦を小ならしむる工夫の必要なことは勿論である。振子を軸以外の點にて地面と接觸せしむることを避くるには寫眞法をとらねばならぬ。例へばミルンの用ひて居る方法は、振子の端に、

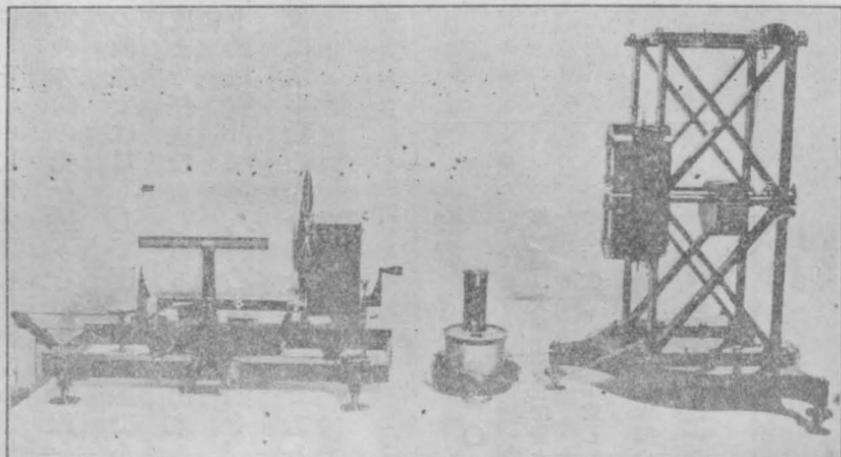
第七圖



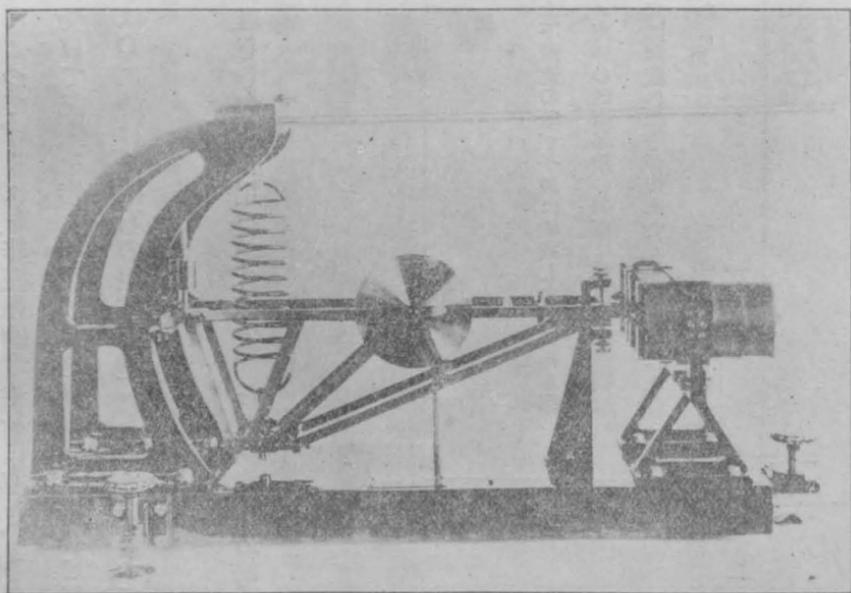
棒に平行なる細隙を有するアルミニウム板を附しその直下に器械に固著しこれと直角なる方向に細隙を設け更にその下に移動する感光紙をおき、これに上部より一定の光を送るのである。

最後に、今日に於て最も優秀なるものと考へられるガリチンの地震計について器械の主要部分の説明を試みてこの稿を終へることとする。

第八圖甲はその水平動地震計の全部である。その振子の外端には、第七圖に示す如くCなる銅板としなるコイルが取つけてあつてその各は強い馬蹄形磁石によつて挟まれて居る。振子從て銅板がかゝる磁場内に於て前後に動くときは銅板中にフーコー電流を生じその結果銅板の速度に比例する力を以てその運動を抑止する作用をする。これ即ちこの器械の制振器であつて、上下の兩磁石の距離は適當に調整し振子をして非振動的ならしめて用ひる。次に、Dなるコイルが磁場内にて動く



計震地動平水ンチリガ(甲)圖八第



計震地動下上ンチリガ(乙)圖八第

ときは、その中に角速度に比例する電流を生ずるによつて、これを非振動的電流計に導き、その鏡に一定の方向の光を送りその反射光線を感光紙に受けて記録を作る。従つて記録は他の場合と異り變位の曲線ではなくして速度の曲線である。倍率はDに於ける磁石の距離を變へることによつて、或程度まで任意ならしめることが出来る。

上下動地震計は第八圖乙に示す如く、前述の原理をそのまま用ひたもので、その記録の方法及制振装置は水平動の場合と全く同様である。

#### 第一〇 版寫眞説明

第一圖は大井川第三紀層上部凝灰岩の上下兩盤の殆ど平坦に堆積した間にある部分のみが激しく皺變を成したもので、堀ノ内驛の西南邱陵の斜面に露れ、第二圖は安房野島崎の西北長尾本郷の第三紀層砂岩に同様の構造が出来たもので、特に上盤に何等の擾亂の痕跡がないことが明瞭である。