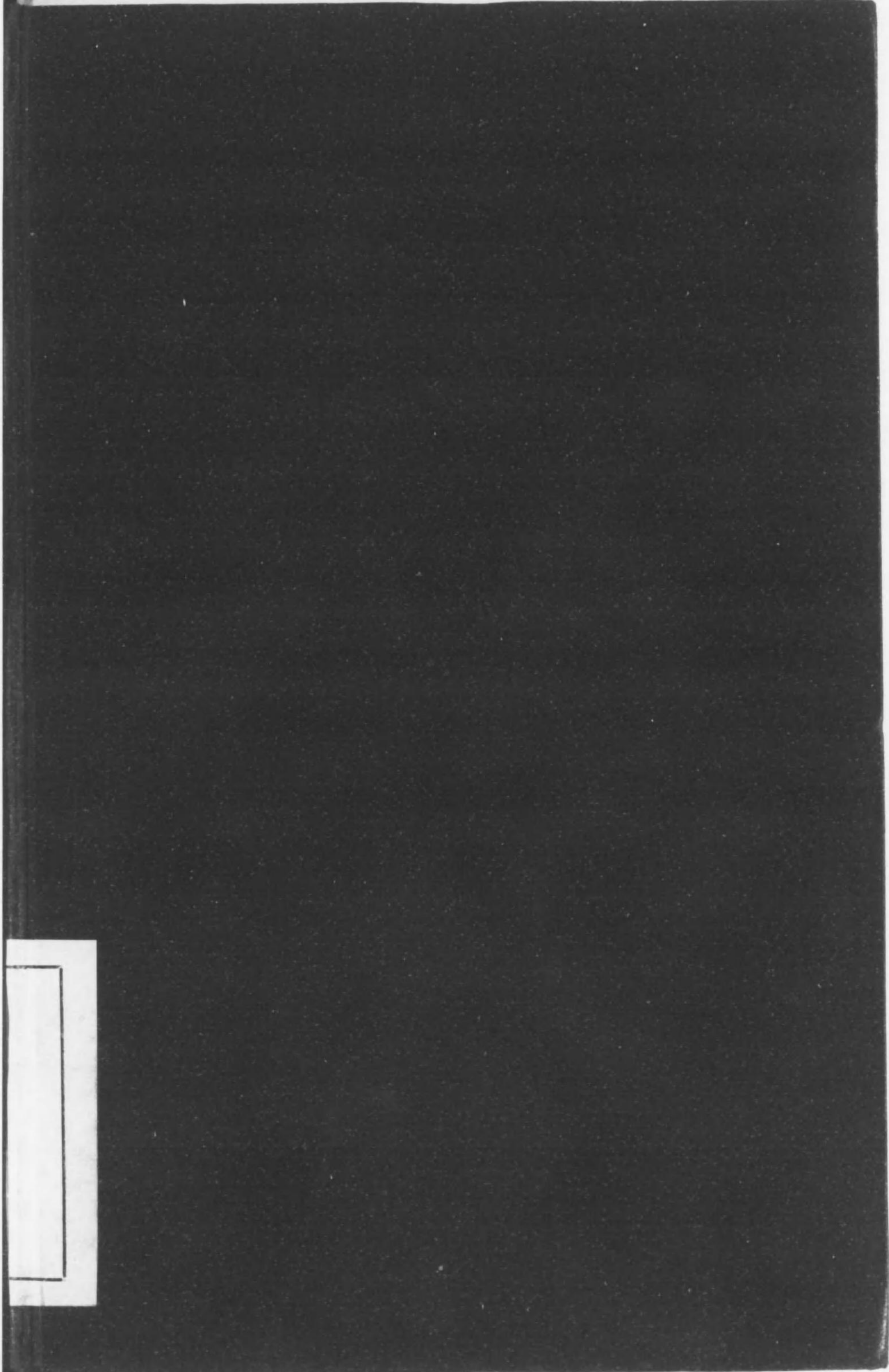




始



251
100

76

地 震 觀 測 法



中 央 氣 象 臺

昭 和 11 年 6 月 刊 行



35/1001

## 再 版 序

一般に地震驗測の方法は大正十二年の關東大震災を期として躍進的の進歩を成した。我が測候部に於ても使用する地震計とその取扱ひの方法は、之を大震以前に較べると實に非常な進歩をしてゐる。然るに一般に驗震の手引きともなる可き地震觀測法に於ては、大正四年の刊行の儘であるから、今日之を見れば全く時代に沿はないものとなつてゐる。依つて先頃之を書き改め再刊しようとする企が起つた。夫には全篇を前後兩篇に分け、前篇に於ては主として器械による驗測の方法を説き、後篇に於ては震域踏査の心得等を述べることにし、前篇の草案の作製は本多弘吉氏、後篇の起稿は和達清夫氏之を擔當された。臺内に一委員會を設け前記兩氏の外に、築地宜雄、藤原咲平、關口鯉吉、三浦榮五郎、倉石六郎、鷺坂清信、石川高見、川瀬二郎、廣野卓藏、森田稔、竹花峯夫、櫻庭信一、杵島磨、益田國母の諸氏を委員として、小職も之に加はり、前記の草案を逐條討議し漸く稿本を得ることが出来た。依つて今之を刊行して、實地驗震に従事せらるゝ人士の劉覽に供すること

ゝした。篇中の挿畫の原稿の調製には岡順次、加藤倫助、鈴木新八郎の三氏を煩はした。茲に改刻の由來を記るして序とする。

昭和十一年四月

中央氣象臺長 岡 田 武 松

## 地震観測法目次

### 再版序

### 前 編

第1章	地震計室	1
第2章	測器と原簿	2
第3章	地震動と地震計	3
第4章	地震計の常數	5
第5章	地震記象の驗測	11
	記象紙	11
	地震記象	12
	相の檢出	13
	時刻の計算	18
	振幅及週期の驗測	18
	驗測の例	20
	報告	25
第6章	人身感覺に依る観測	25
第7章	地震計の据附	26
	地震計の据附	26
	方位の決定	27
第8章	強震計	29
第9章	簡單微動計	34
第10章	地動計及微動計	37
	地動計	37
	微動計	40

第11章	ウィーヘルト式水平動地震計	41
第12章	ウィーヘルト式上下動地震計	48
第13章	電接時計及無線報時	54
	電接時計	54
	無線報時	56
第14章	参考器械	57

### 前編附録 地震計の理論

1	地震計としての単振子	60
2	實體振子	61
3	制振作用	63
4	地震動に依る制振振子の運動	64
5	摩擦	67
6	水平動地震計及上下動地震計	70
	水平振子	70
	倒立振子	71
	上下動地震計	72

### 後 編

第1章	大地震勃發に對する處置	74
	附録1 津浪を伴ふ地震の特性	78
	2 津浪の來襲の仕方	83
第2章	火山噴火に對する處置	83
	附録 火山觀測所	86
第3章	地震、津浪、噴火の野外調査	87

## 地震觀測法前編

### 第1章 地震計室



地震計室を建築するには先づその敷地を嚴撰する必要がある。低濕地、埋立地等の様な地盤の軟弱な所は成る可く避け、出来るだけ地質の堅固な所を撰ばねばならない。汽車や電車の軌道、貨物自動車や荷馬車の通る道路、或は工場等の様に地盤に人為的の動搖を生ずる所からは極力遠ざかるを要し、波浪に因る動搖の甚しい海岸も勿論避けねばならぬ。之等動搖の影響は普通1軒か2軒距れば先づ避けることが出来るが、地質地形等の相違に依り影響する範圍に廣狹があるから一概には言ひ難い。此の問題に就ては振動計を用ひて豫め地盤の動搖の有無を實測して、地震計室を設けるに適するや否やを充分調査するが宜しい。

地震計室は特に耐震耐火的の構造にして、室内は濕氣が少く、温度の變化が極めて小なるを要する。従つて明り採りの窓は北側に設け、二重窓とし窓掛けを設ける。尤も必要に應じて室内の換氣が出来る様に、開閉の出来る換氣装置を設けて置く。廣い廳舎内に地震計室を撰定する時は地下室があれば其の中央部に、地下室が無ければ一階の中央部又は北側に設ける。室の出入口の戸は出入に際して室内の空氣が擾亂されない様に引戸にする。地震計室を獨立に建築する時は地震計室に直接

外氣が通じない様に、出入口には別に小室を設け其處を通つて出入する様にする。

地震計臺を造るには地下深く掘り下げ其の上にコンクリートで堅牢に築造する。掘下げる深さは其處の地質に依り適當に決める。地盤が濕潤で柔軟な所では長く太い松丸太を打ち込み充分地盤を固めて其の上にコンクリートで造る。臺は床とは絶縁し且つ床上數寸の高さとする。床と臺との隙間には布で綿を包んだものをつめて床下の濕氣や風の侵入するのを防ぐ。空氣の擾亂の影響や塵埃を防ぐ爲に臺に覆を設けるのが宜しい。覆の天井は硝子張りでは強震の時破損して記象紙や地震計を損する處があるから、紙又は厚いセロファンをはる方がよい。

地震計室に隣接して直接出入出来る燻煙室及び仕上げ室を設ける。燻煙室では石油ランプを使用し、仕上げ室では引火し易いアルコールやワニス等を使用するから決して兩室共通にしてはいけない。燻煙室には大きな通風塔と換氣装置(ベンチレーター)を設け、油煙が屋上から放出される様にする。燻煙室にはコンクリート造り又は金屬張りの燻煙臺を設ける。

## 第2章 測器と原簿

地震觀測を爲すに方り先づ最も精査を要するのは地震計の良否である。又地震觀測の成績は各所のものを互に比較出來て始めて其の眞價を發揮する。故に中央氣象臺では地震計を檢定し其の性能を調査して檢定證を與へることになつてゐる。

地震觀測を爲すには必ず中央氣象臺の檢定を経た地震計を使用はねばならぬ。

地方測候所で使用する主な地震計には簡單微動計、強震計、地動計、ウィーヘルト式水平動地震計及び同式上下動地震計等がある。

其の他に精密電接時計及び無線受信装置等を要し、又原簿類としては地震觀測原簿、無線時報受信簿等を備へる。

## 第3章 地震動と地震計

地震計に依る地震觀測は先づ地震動を精細に檢測するを目的とする。地震動は一般に並進運動と廻轉運動とに分解が出来る。併し震源のすぐ近くを除いては廻轉運動は並進運動に比べて非常に小さいから之を無視して、一般に並進運動だけに着目する。並進運動は南北動、東西動及び上下動の三成分に分けて觀測する。地震に因る土地の變位は、其の靜止の状態の時の位置を基として測り、三つの分變位は北東及び上に向くのを夫々正符號で表はす。

地震計は通常地震動を南北動、東西動及び上下動の三成分に分けて記録する。水平動を記録する地震計を水平動地震計、上下動を記録するものを上下動地震計と云ふ。地震計は一般に基本部分、制振装置及び記録装置の三つの主要部分から成り立つてゐる。

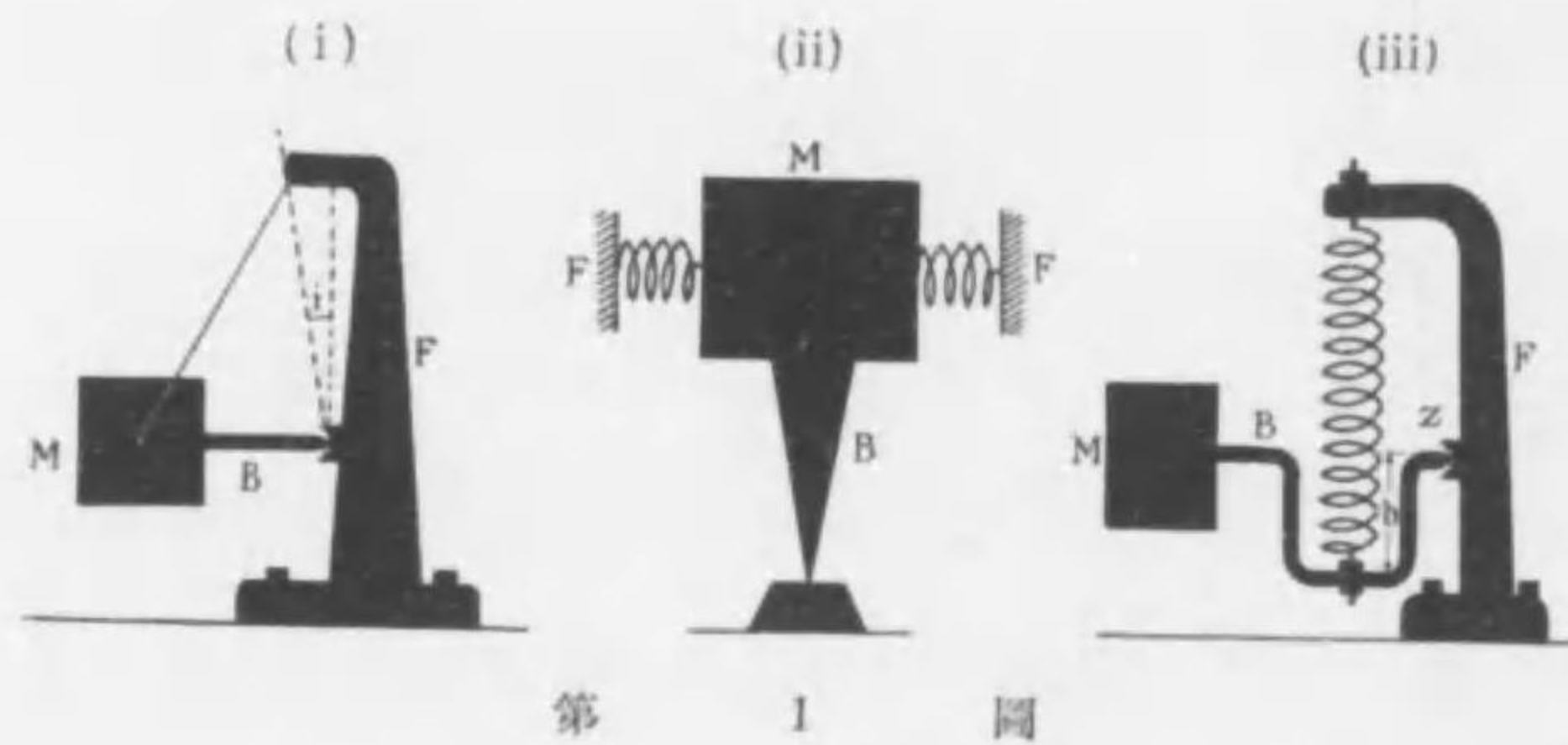
基本部分は地震計臺に固定された地震計枠、即ち臺座、支柱等と地震動に應じて枠に對して振動する振動部分とより成る。

振動部分には重錘と之を支へる重錘支杆及び重錘の運動を記録する爲めの描針等がある。

〔水平動地震計は水平振子又は倒立振子を用ゐる。水平振子とは其の廻轉軸が鉛直に近い一種の實體振子で、振子は略々水平面内に振動する。振子の質量を $M$ 、廻轉軸のまはりの慣性率を $K$ 、廻轉軸と振子の重心との距離を $r_0$ 、重力の加速度を $g$ 、廻轉軸の鉛直からの傾角を $i$ とすると、其の固有振動の週期 $T_0$ は

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g \sin i}}, \quad l = \frac{K}{Mr_0}$$

で表はされる。従つて傾角 $i$ を小さくすると週期は長くなる。倒立振子は重錘支杆の先端を支點として重錘を倒立させたもので、其の儘では極めて不安定であるが弱いバネで支えられて僅かに安定の釣合を保つてゐる。従つてバネを弱くすると振動の固有週期は長くなる。第1圖(i)及び(ii)は之等水平動地震計の構造の概略を示すものである。



上下動地震計は第1圖(iii)に示す様に重錘支杆の一點をスプリングで吊り、振動部分が水平の位置で釣合ひ、 $Z$ を廻轉軸と

して上下に振動出来る様にしたものである。此の際支杆の懸垂點を廻轉軸と振動部分の重心を結ぶ線より下方にしてゐるのは振動の固有週期を長くする爲である。

地震計の振動部分が何等の制肘無く振動を続け得る場合には、地震に際して固有振動が持続したり、共振れが起つたりして地震動を忠實に記録することが出来ないから、之を防ぐ爲に制振装置を用ゐる。之は重錘の運動の速度に比例して其の運動に抵抗を與へるもので、空氣或は液體の粘性又は磁場内を銅板やアルミニウム板が運動する時に働く電磁的の抵抗力を應用する。

地震計枠に対する重錘の運動は通常之を擴大して時計仕掛で一様な速度で廻轉してゐる燻煙紙上に記録させる。

## 第4章 地震計の常數

地震記象から地震動を驗測するには、地震計の性能及び状態を十分に知らねばならぬ。之等を數量的に表したものが即ち地震計の常數である。重錘の質量、振動の固有週期、倍率、摩擦係數及び制振度等がそれである。地震計の常數は使用中種々變化するものであるから、毎日地震計の各部分の點檢に留意し、不良な點を發見した時は直ちに修理調節を行ひ、又少くとも毎月一回は各種の常數を正確に求めて置く。尙強い地震に依り屢々地震計の状態に變化を生ずることがあるから、其の都度常數を求め直す必要がある。

重錘の質量： $M$ (kg).



**固有週期**;  $T_0$  (sec). 制振作用が働かない様にして振動部分を自由に振動させた時に、夫が一振動を完了するに要する時間である。制振作用が働いて居る儘振動させた時の週期  $T'$  より固有週期  $T_0$  を求めるには次式に依る。

$$T_0 = T' / \sqrt{1 + 0.53720(\log_{10} v)^2}$$

但し  $v$  は後述の制振度である。

**倍率**;  $V$ . 振動部分の衝撃の中心の移動が描針の先端で何倍に擴大されるかを示す数を倍率と云ひ、重錘の重心の移動に對する上述の擴大率を幾何倍率と云ふ。地震計に於ては普通振動部分の質量が重錘の重心に集つてゐると考へられるから、近似的に衝撃の中心と重心とは略々一致し、倍率と幾何倍率とは同一の値となる。地面が極めて急激に  $x$  だけ變位すると、其時には重錘の衝撃の中心は地震計枠に對しては地面の移動とは反對の向きに  $x$  だけ變位するから描針の先端は  $Vx$  だけ變位する。即ち斯様な場合には地動が記象紙上で直接  $V$  倍に擴大された譯である。

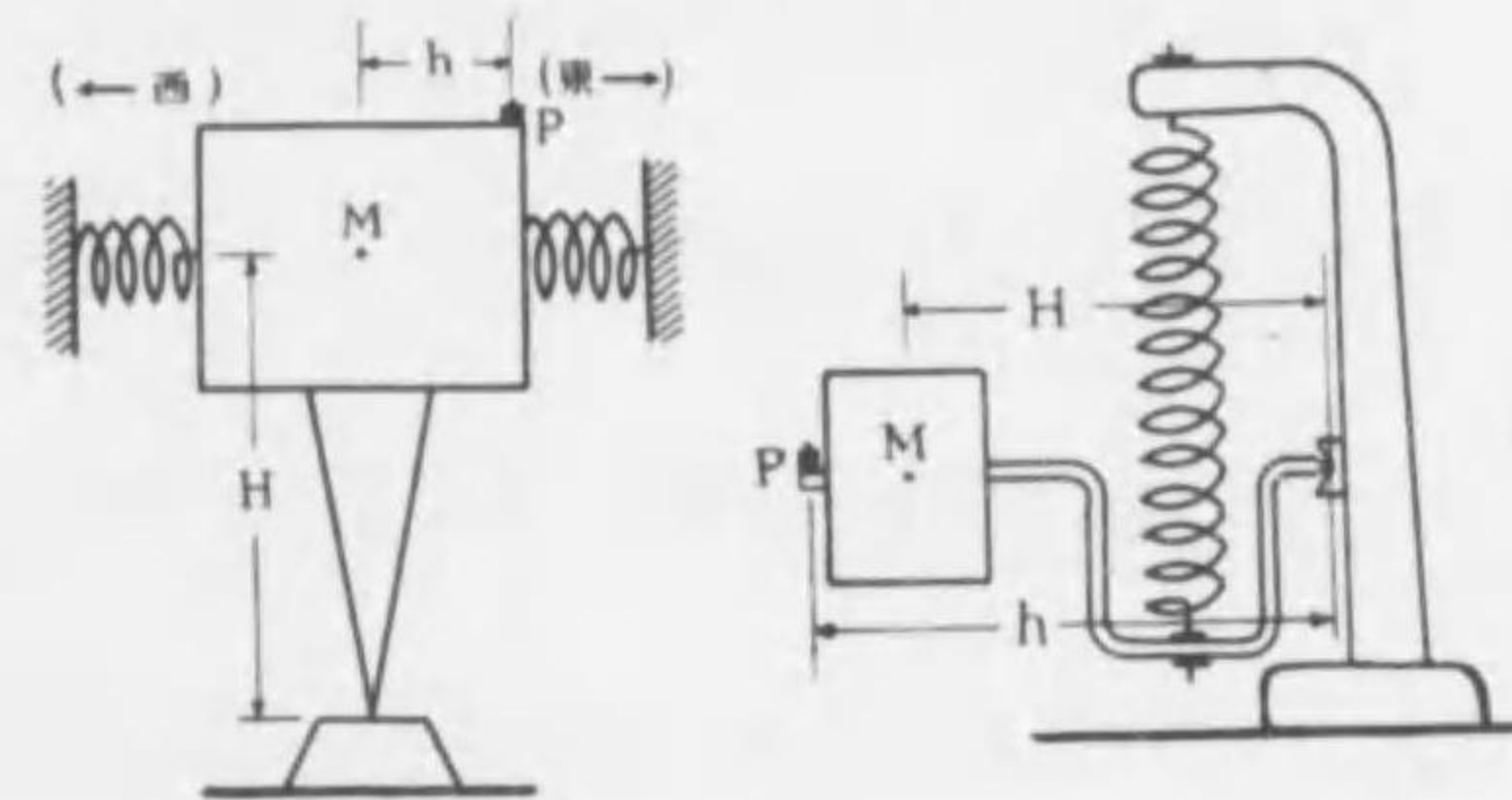
地震計の倍率を實際上求めるには振動部分に或る偶力を作用せしめて、その爲に生ずるフレの大いさ即ち描針先端の示す静止位置の移動量に依つて測る。

倒立振子式地震計や上下動地震計では、重錘又は重錘支杆上に質量  $p$  の小さな分銅を載せて描針が 1cm か 2cm 位のフレを起す様にする。この際制振作用を働かせて置く方が都合がよい。重錘の重心から廻轉軸迄の距離を  $H$ 、描針のフレを  $a$ 、第2圖に示す如く振動部分に與へる偶力が  $pgh$  となる様な距離を

$h$  とすれば、倍率  $V$  は

$$V = \frac{4\pi^2 a M H}{p g h T_0^2}$$

第2圖

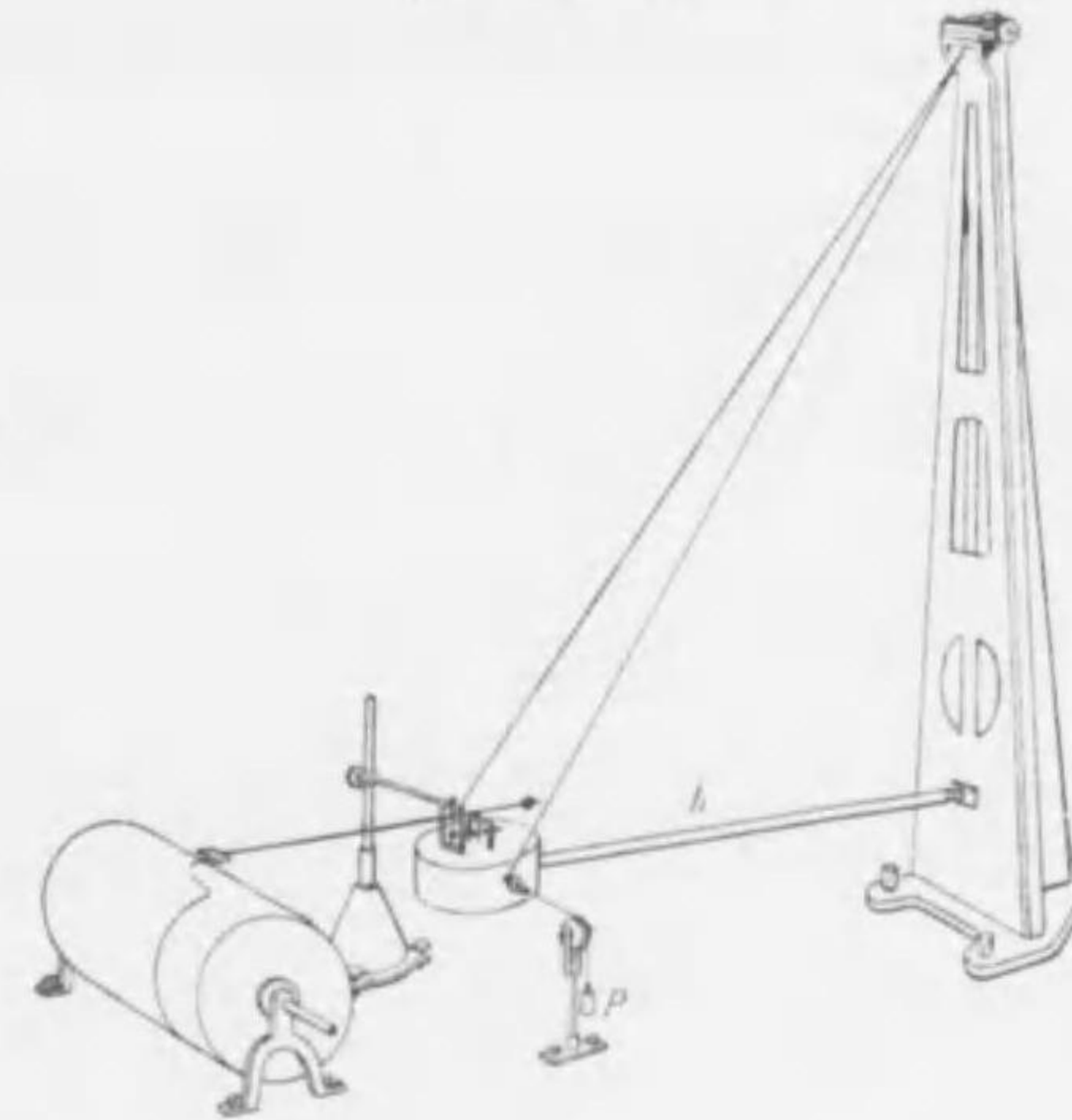


の式より計算される。倒立振子型地震計では分銅を重錘の中心に對して對稱的位置に置き換へて實測を行ひ、

兩回のフレの平均を以て  $a$  とする。

又水平振子型地震計に於ては、第3圖に示す如く滑車を用ゐて分銅による偶力  $pgh$  を振動部分に與へる様にすれば同じく

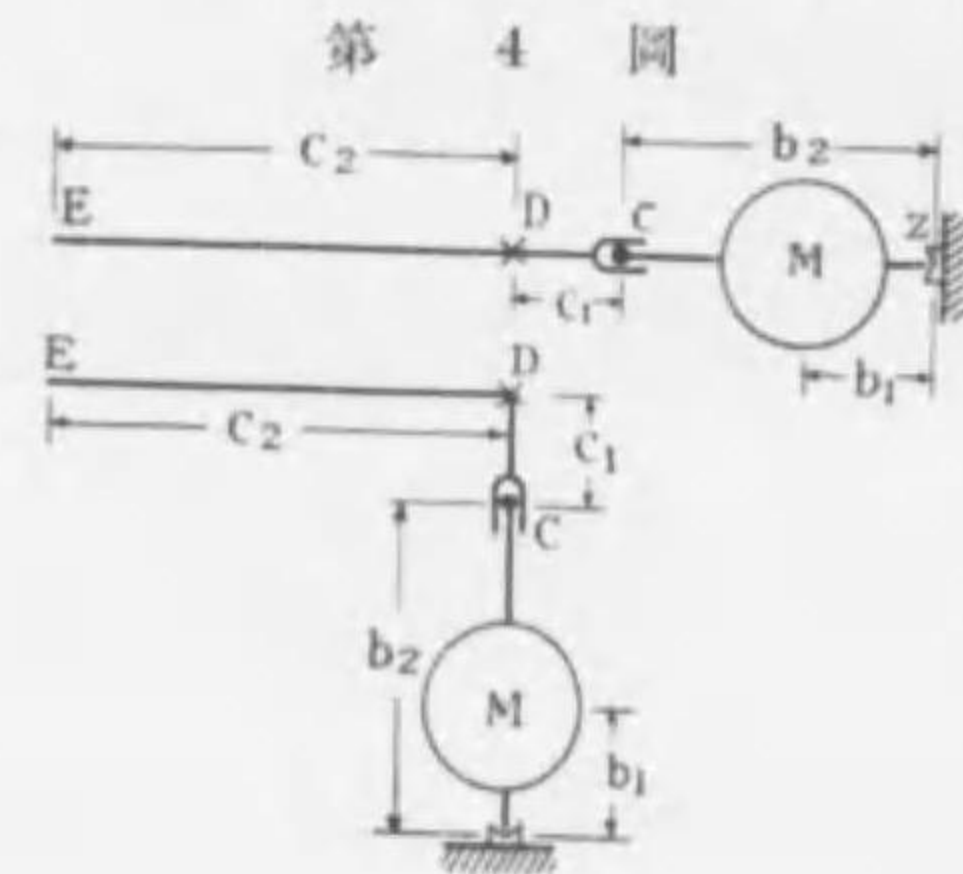
第3圖



前式に依つて倍率が求められる。但しこの場合は分銅に依る力の作用線が重錘の重心を過ぎる様にするると便利である。勿論滑車に依る摩擦が影響しない様に留意するを要し、従つて質量の異なる分銅二

三に就いて試み、摩擦の影響を検する必要がある。

上記の倍率の測定法が実際上行ひ難い場合には、通常地震計に於ては倍率に代へるに幾何倍率を以てしても大過がない。即ち廻轉軸から重錘迄の距離  $h_0$ 、及び描針先端迄の距離  $j$  (途中に擴大槓杆がある時は其れを考慮に入れたもの) を求め、幾何倍率  $j/h_0$  を以て倍率とする。實際上強震計、簡單微動計、地動計等では此の方法で倍率を求めるのが簡單である。

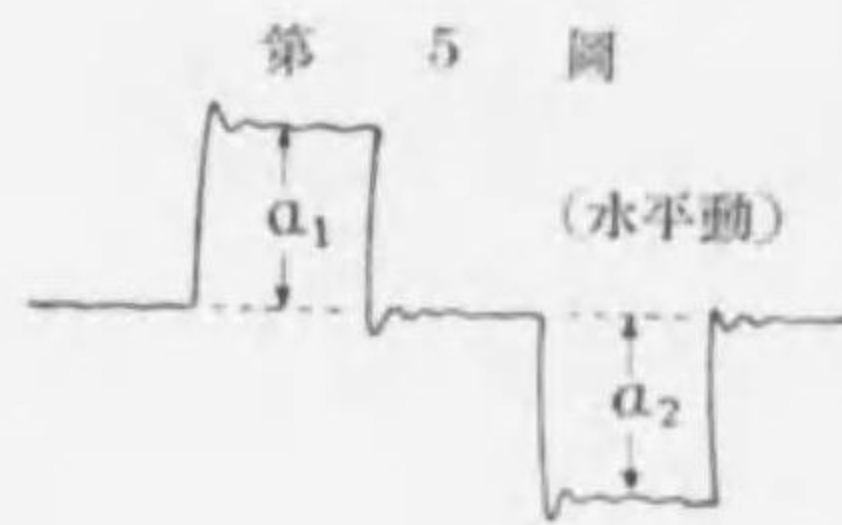


第4圖

倍率の計算 (例1) 水平振り

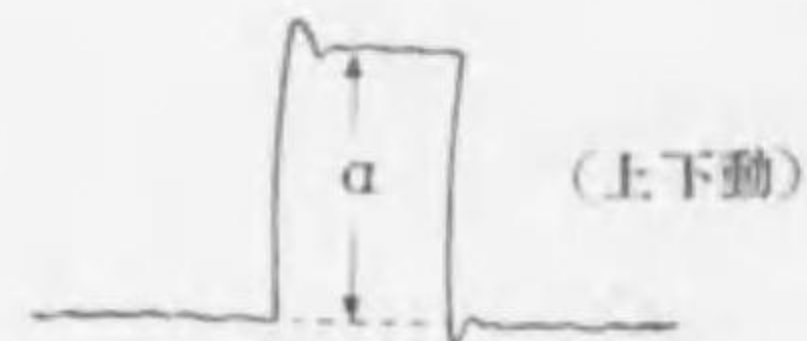
式地震計 第4圖でMを重錘、 $\sigma$ を廻轉軸とする。重錘の變位はC點では  $\frac{b_2}{b_1}$  倍に擴大される。CDEをD點を廻轉軸とする槓杆とすると、C點の變位は描針の先端Eでは  $\frac{c_2}{c_1}$  倍に擴大される。従つて

重錘の變位はE點では  $\frac{b_2}{b_1} \times \frac{c_2}{c_1}$  倍に擴大される事となり、結局倍率  $V$  は  $V = \frac{b_2 c_2}{b_1 c_1}$  で與へられる。



第5圖

(水平動)



(上下動)

$M; 200\text{kg} (2 \times 10^6 \text{gr}), H; 98\text{cm}, g; 980\text{cm/sec}^2,$

$\pi; 3.14, h; 15.0\text{cm}, p; 20.0\text{gr}, T_0; 5.0\text{sec},$

$a_1; 7.2\text{mm}, a_2; 7.4\text{mm}, a = \frac{a_1 + a_2}{2} = 7.3\text{mm} = 0.73\text{cm}$

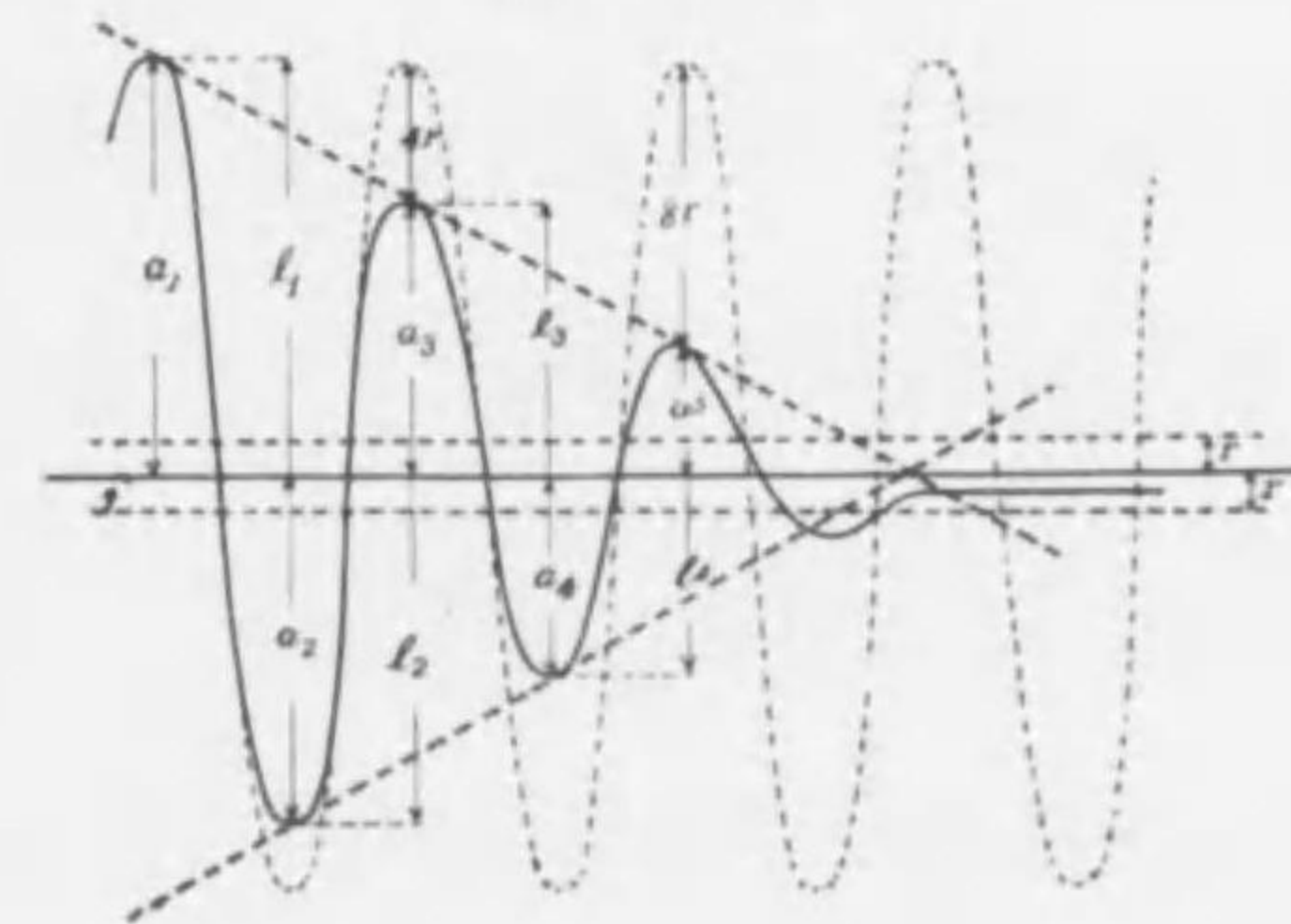
とすると上に與へた式から  $V=77$  となる。

(例3) ウィーヘルト式上下動地震計 例へば

$M; 80\text{kg} (8 \times 10^4 \text{gr}), H; 60\text{cm}, h; 76\text{cm},$

$p; 5.0\text{gr}, T_0; 4.5\text{sec}, a; 28.8\text{mm} = 2.88\text{cm}$

第6圖



とすると  $V=72$  と

求められる。

摩擦係數  $r/T_0^2 \text{mm/sec}^2$ .

制振器の作用が働かない様にして置いて、振動部分を自由に振動させると摩擦の影響で振幅は次第に減少し描針は第6圖に示す様な記象を描く。静止線から振動の山又は谷の頂點迄の距離を順に  $a_1, a_2, a_3$  とすると

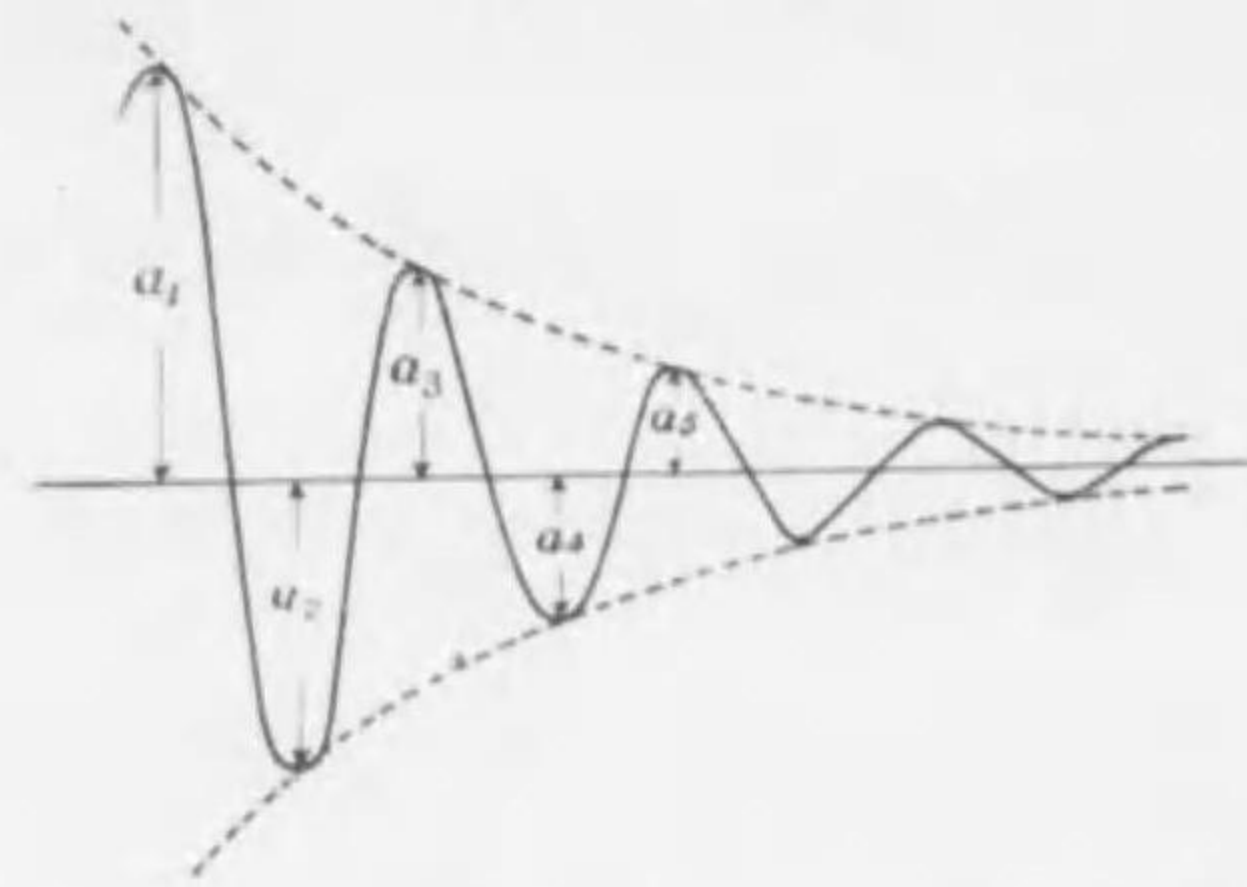
$$a_1 = a_2 + 2r, a_2 = a_3 + 2r, a_3 = a_4 + 2r \dots \dots \dots$$

又は  $l_1 = a_1 + a_2, l_2 = a_2 + a_3, l_3 = a_3 + a_4$  とすれば

$$l_1 = l_2 + 4r, l_2 = l_3 + 4r, l_3 = l_4 + 4r \dots \dots \dots$$

なる近似的關係がある。之から  $r = \frac{a_1 - a_2}{2} = \frac{l_1 - l_2}{4}$  又は  $r = \frac{a_1 - a_3}{4}$  等として求められる  $r$  を摩擦値と云ひ、mmを單位として表はす。但し實際には制振器の作用は全然働かない様にしても振動部分に空氣の粘性或は機械内に生ずる抵抗力等が働いて尙幾分の殘留制振作用を呈するから、實際は第7圖の様な記象を畫き、

第7圖



此の爲に上式は嚴密には行はれないので、 $a_1, a_2, a_3$ 等の中の何れを探るかに依つて $r$ も異つた値に求められる。此の時には全振幅が2cm前後の幾つかの振動を

探つて其平均を求めるか、又は残留制振作用を考慮に入れた式

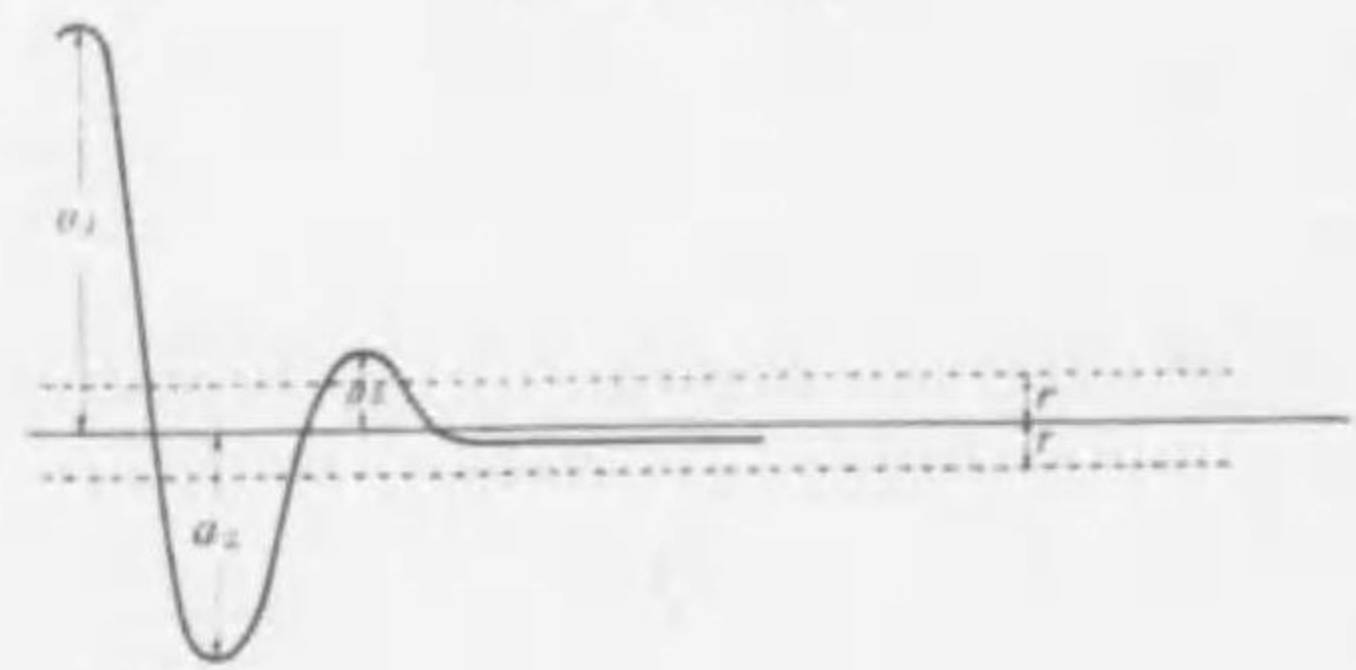
$$r = \frac{1}{2} \frac{l_2^2 - l_1 l_3}{l_1 - l_3}$$

から $r$ を計算する。斯様にして求められた $r$ を固有週期の自乗で割つたもの即ち $r/T_0^2$  mm/sec<sup>2</sup>は摩擦係数と呼ばれ、摩擦の程度を表はす重要な量である。摩擦が大きいと地震計に取つては致命的の缺陷となるから、常に各部分の清潔や調整に留意し、特に描針の先端が煙紙上に軽く且つ滑かに觸れる様にして、極力摩擦係数を小さくする様に努めねばならぬ。

(例)  $l_1=26.0\text{mm}, l_2=21.7\text{mm}, l_3=17.8\text{mm}$ とすると上式から $r=0.49$  mmとなる。

又  $T_0=5.0\text{sec.}$ とすると  $\frac{r}{T_0^2}=0.02$  mm/sec<sup>2</sup>

第8圖



制振度 $v$ 、制振作用の強さの程度を示す量である。制振器を働かせたまゝ振動させた時の記象(第8圖)に於て

$$v = \frac{a_1 - r}{a_2 + r} = \frac{a_2 - r}{a_3 + r} = \dots\dots\dots$$

$$\text{又は } v = \frac{l_1 - 2r}{l_2 + 2r} = \frac{l_2 - 2r}{l_3 + 2r} = \dots\dots\dots$$

で與へられる $v$ を制振度と名付ける。制振度は普通4乃至8位が適當である。

(例)  $l_1=38.2\text{mm}, l_2=7.5\text{mm}, r=0.5\text{mm}$ とすると、上式に依り $v=4.4$

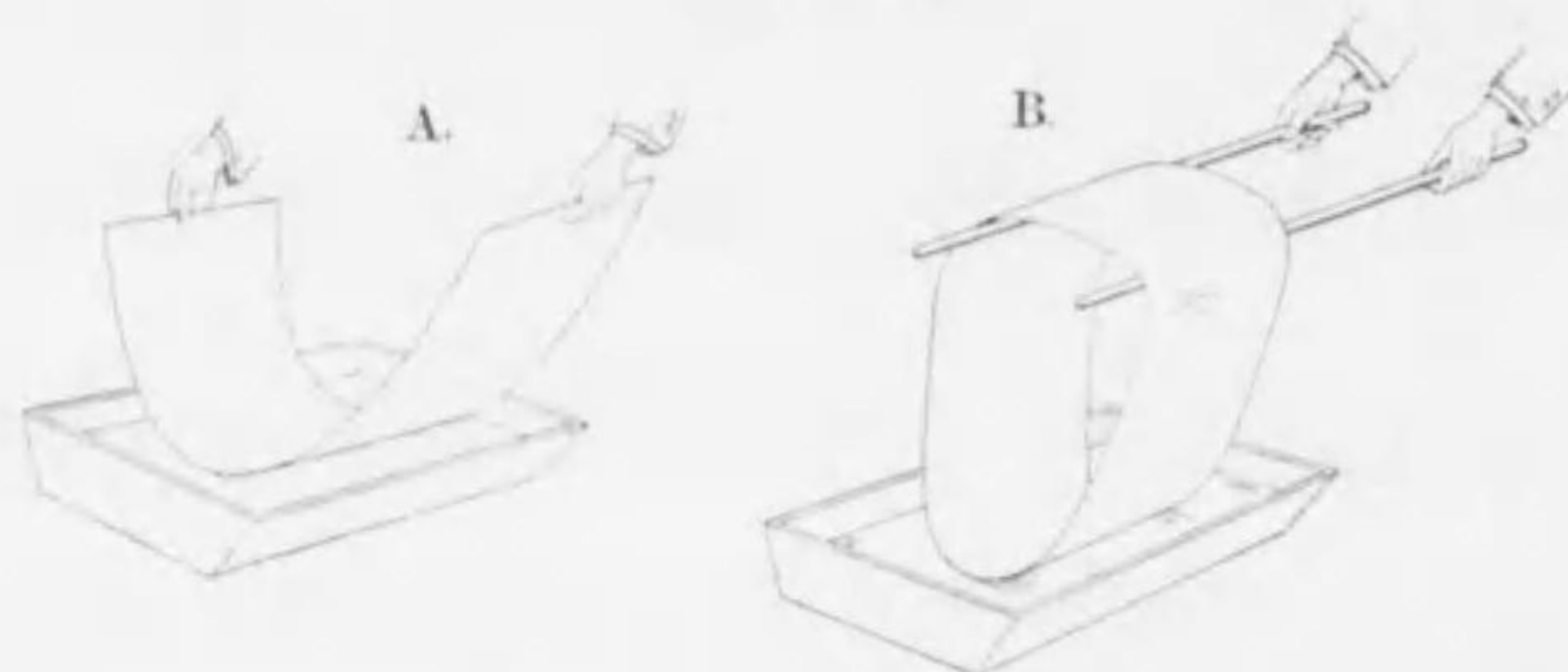
### 第5章 地震記象の驗測

**記象紙** 地震計では通例記録圓筒即ちドラムに捲附けた煙紙上に描針の先端を軽く觸れしめて其の運動を記録する。用紙は出来るだけ滑かで併も吸濕性でないものを選び、之を良質の石油の油煙で一様な濃さに燻す。此時石油ランプの焰が餘り大き過ぎ又は紙に近づけ過ぎると紙が焦げたり、煙煙の粒子が粗くなつたり、濃過ぎたりして記録に際して描針と紙面との間の摩擦が大きくなるから注意しなければならぬ。

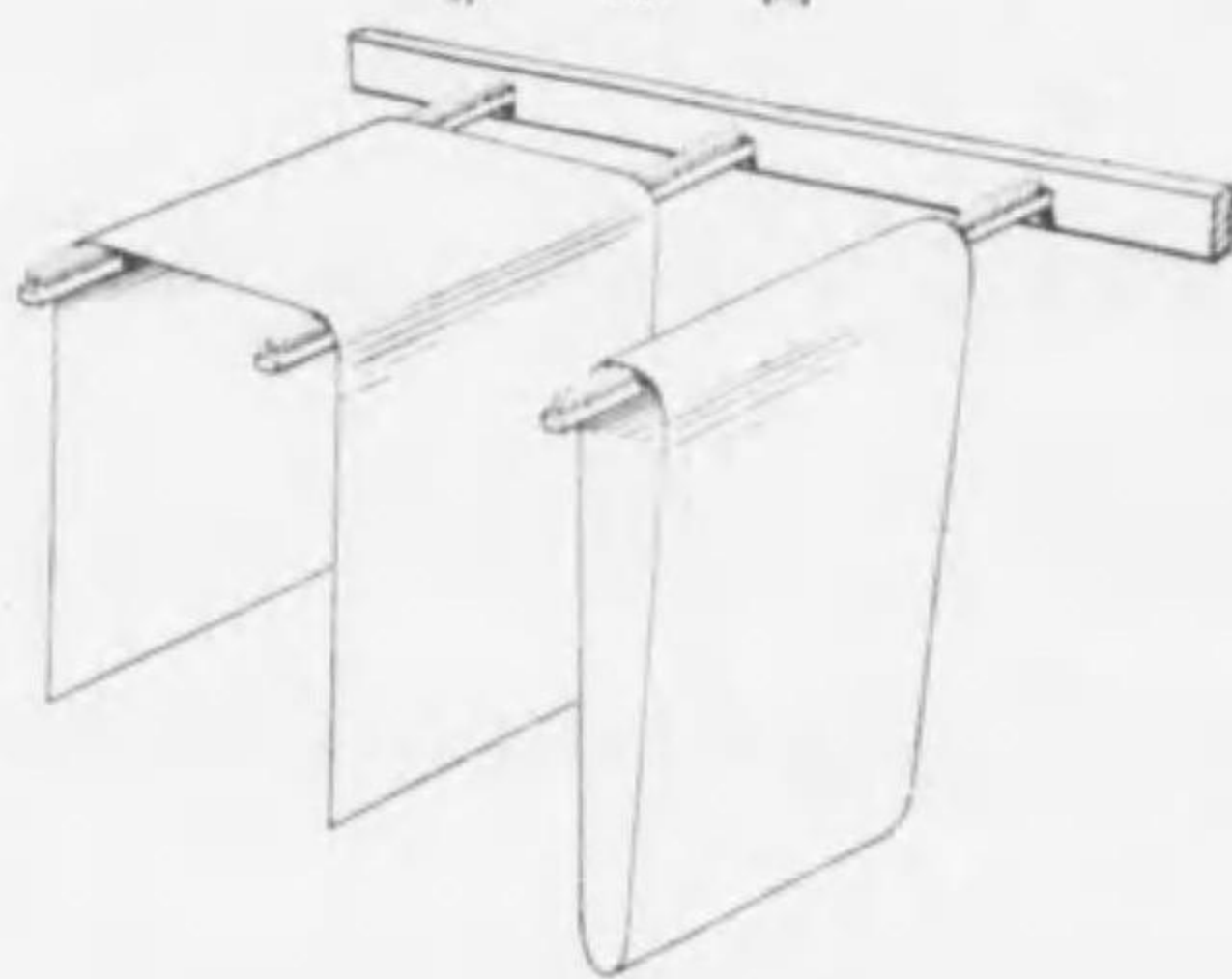
地震計に記象紙をつける時と取外す時は、夫々直ちに記象紙上に其の年月日及び時刻を刻時時計の示す分の桁迄正確に記す。又地震計名及び南北動、東西動或は上下動の中の何れの成分であるかを記して置くが宜しい。

取外すと直ぐにワニスで記象を固定する。ウィーヘルト式地震計では第9圖Bに示す様に記象紙の表面をワニスの中に浸し棒で紙を廻轉しながらワニスを一様にかける。ドラムに捲附けた記象紙は驗測に差支へのない所から切り開き兩端を手で持つてAの様にしてかける。之を乾燥させるには第10圖の

第9圖



第10圖



様な刷毛の附いた棒に掛けて置けば紙が他に粘着する事がなくて便利である。又乾燥に火氣を使ふのは引火の危険があるから出来るだけ避けたい。併し急を要する場合とか梅雨時

等で萬已むを得ず火氣を使ふ時は充分注意しなければならぬ。

地震記象紙は地震を記録してあると否とに關らず整理の上保存して置かなければならぬ。但し數種の地震計を有する場合には、何れの地震計にも地震の記象が無い時は精度の低い地震計の記象紙は適宜取捨しても宜しい。

**地震記象** 地震記象は地震の規模の大小、震央の遠近、震源の深淺、地震波の経路、震源に於ける發震機構と震源に對する觀測所の位置との關係及び觀測所附近の地盤の構造等に依つて種々異なる形狀を呈する。又地震計の性能が違へば地震記象に

も著しい相違を生ずる。其の故に地震記象の驗測を行ふに方つては之等多くの要素に充分注意しなければならない。地震記象の驗測には

- i. 記象から地震波の各種の相を検出し、
- ii. 各相の起つた時刻、
- iii. 振動の振幅及び週期、

等を求め、其他特に注目される事を記す。

**相の檢出** 震源に起つた擾亂は其處から地球内部をP波(縦波)とS波(横波)の二種類の彈性實體波として傳はり、又地表面に沿ふては彈性表面波として四方に傳播する。P波やS波は地表面や地下の不連続面で反射や屈折をするとその際夫々同時にP波やS波を生ずる。従つて地表面上の任意の地點には種々の異なる波動が次々に到着し、其の一部は重複するから地震記象は一般に複雑なものとなる。

之等地震波動の相の主要なものは次の記號で表はされる。

P; 震源からP波として射出され、其儘直接地表に到達したもの。

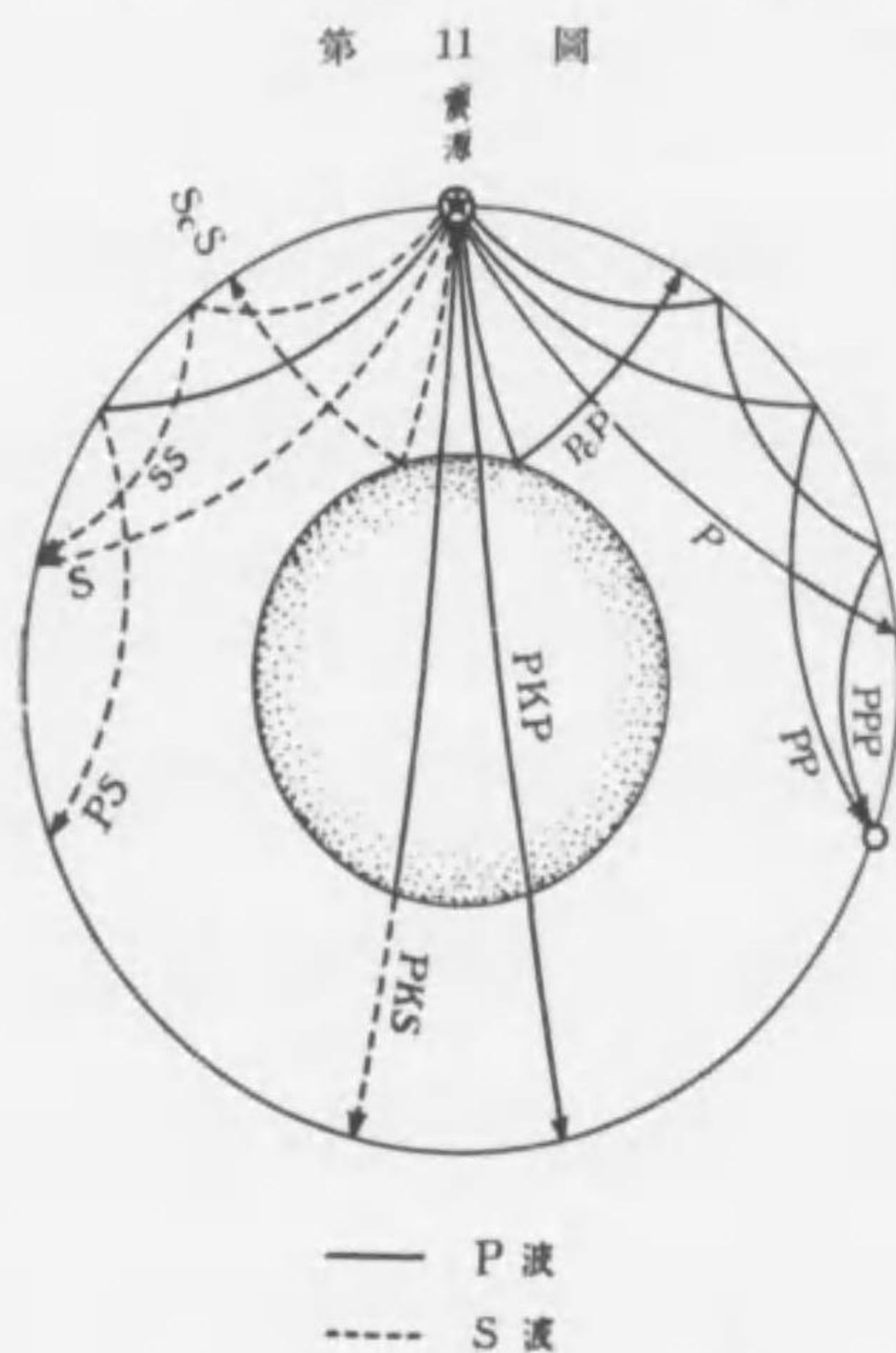
S; 震源からS波として射出され、其儘直接地表に到達したもの。

PP (或はPR<sub>1</sub>), PPP (或はPR<sub>2</sub>); P波が地表で夫々一度又は二度反射し、矢張りP波として地表に到達したもの。

PS; P波が地表で反射されて、其處からはS波として來たもの。

同様にSS (或はSR<sub>1</sub>), SSS (或はSR<sub>2</sub>)……; SP, PPS……等が定義される。

震源が深い時には、震央より可なり離れた所では二種類の反射波が到達する。例へばP波に就て云へば、震源から水平に射出されたP波震波線が地表に達する点より震央に近い点で反射されたものと、遠い点で反射されたものとの二種類の反射波が考へられる。前者をpP、後者をPPと呼ぶ(第12圖参照)。同様にpS, PS, sS, pPP, sSS



第 11 圖

等が定義される。

SeS; 震源から出たS波が地球の内核の表面で反射し、再びS波として地表に到達したもので、eは内核の表面を意味する。PeP, PeS, SeP等も同様に考へられる。

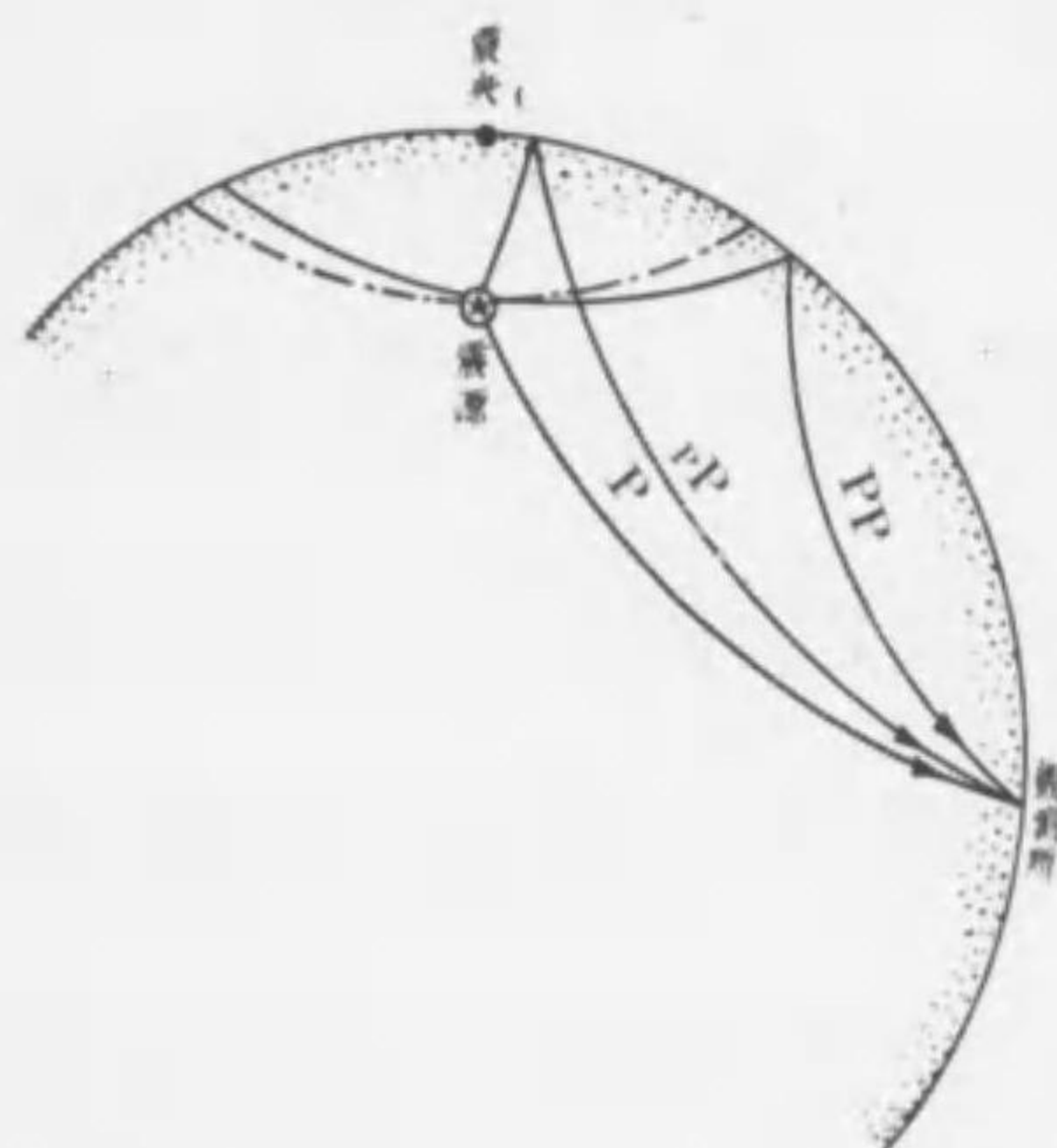
P' (PKP); P波が内核の内部にP波として屈折して入り、更に内核からP波として屈折して

(1) 地球の内核の表面は地下2900kmの深さにありと考へられてゐる。

(2) PKPは又PePePとも表はす。又PKSはPePeSとも記され、P波が内核の内部にP波として屈折して入り更に内核からS波として屈折して出て地表に達したものを示す。

又P'波が震源と反対側の地表で反射して再び内核を通過して地表に到達したもの即ちP'P'が観測されることがある。

第 12 圖



出て地表に達したものを示す。PKS, SKS等に就ても同様である。

Q; 表面波の始まりの部分で比較的短い週期で始まつたもの。

L; 表面波の始まりの部分で比較的長い週期で始まつたもの。

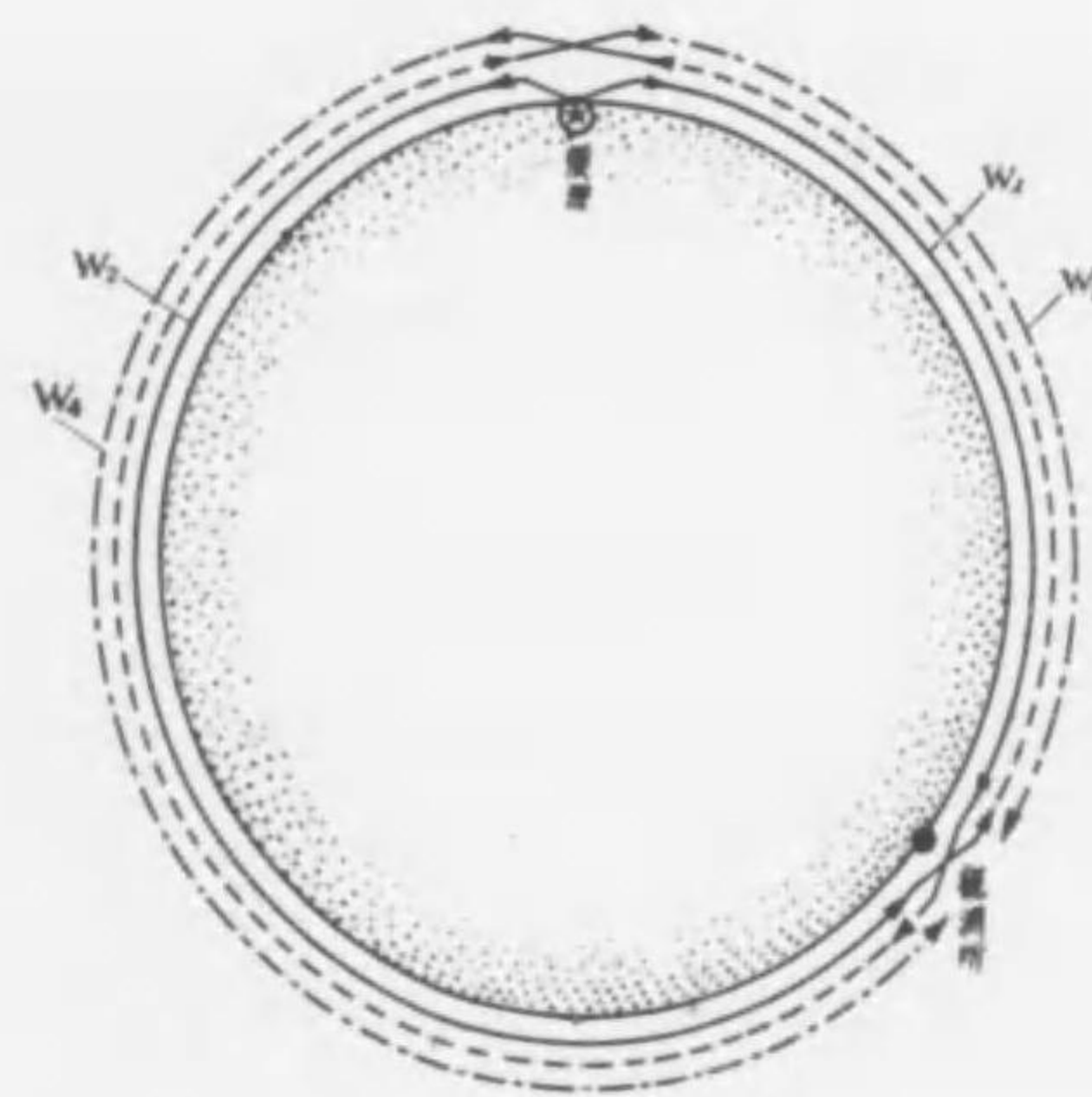
M; 振幅の最大な波動。

C; 震動が終りに近づき比較的規則正しく振動する所謂終期微動の始まりと考へられる所。

F; 震動が終了したと考へられる所。

W<sub>2</sub>; 震央から地表面の優弧に沿ふて來た表面波を云ふ。之

第 13 圖

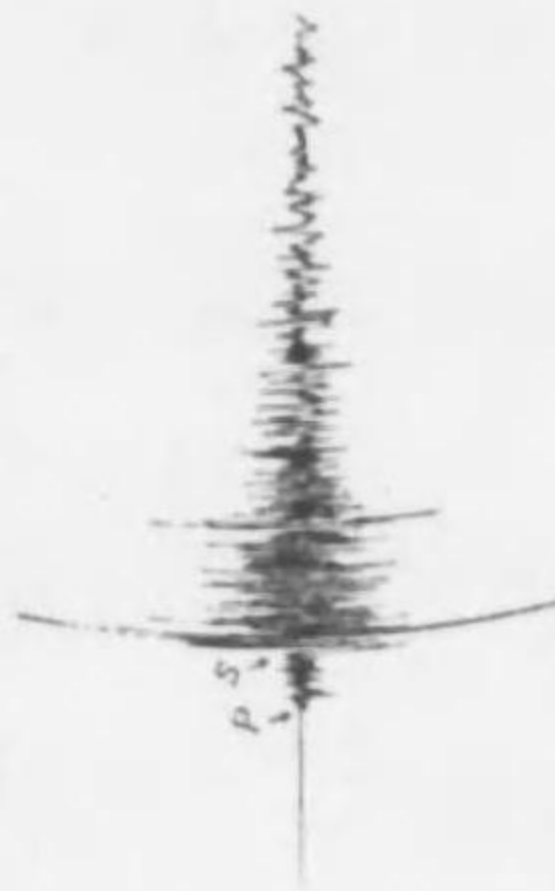


に對して震央から劣弧に沿ふて到達した表面波をW<sub>1</sub>と云ふ事がある。W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub>が更に地球を一廻りして來たものを夫々W<sub>3</sub>, W<sub>4</sub>と呼ぶ。

或る相の出現の仕方が特に明瞭な時はr相の始まり方が餘り明瞭でない時はeなる記號

第14圖 (其の1)

昭和9年6月15日  
栃木縣南部の地震(横濱)



昭和8年10月1日 滋賀縣姉川下  
流域の地震(京都)



昭和9年6月27日  
鹿島灘の地震(東京)



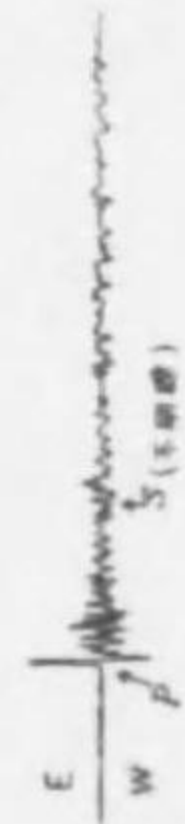
昭和10年4月15日  
飛騨の深発地震(京都)



昭和3年5月5日  
鹿島灘の地震(柿岡)



昭和10年4月15日  
飛騨の深発地震(豊岡)



昭和10年5月31日 日本海中部の深発地震(豊岡)



昭和7年11月13日 日本海北部の深発地震(潮岬)



(括弧内は観測所の地名)

第14圖 (其の2)



昭和8年3月3日 三陸沖強震の餘震(東京)



昭和9年1月15日 印度の地震(臺北)

を用ゐ、例へば  $iP, eS$  の様に表はす。觀測した相が何れの相に相當するか疑問の時には疑問符號  $?$  を附け、何れの相か判らなければ單に  $i$  とか  $e$  とかで兎に角其處に或る相の出現の認められる事を示す。一箇所の觀測だけでは何の相に屬するか判然しない事もあるから、相の判斷に當つては無理に判定をしてはいけない。第11,12,13圖には主要な相の記號に對する地震波の経路を示し、第14圖には種々の地震記象を掲げ参考に供する。

**時刻の計算** 地震記象上に現れた相の時刻の測定は特に正確を要し、出來得る限りは秒の端數迄讀取る。時刻は中央標準時(臺灣と關東州では西部標準時)に依る。それには毎日無線報時を聽取し地震計の刻時用時計の補正值を求めて置く。時計の針が眞の時刻より進んで居れば其差に負號を、遅れて居れば正號を付けたものを以て補正值とする。又實際記象紙上に刻時するのは時計の針が何處を指す時であるかと云ふ事に常に注意しなければならない。

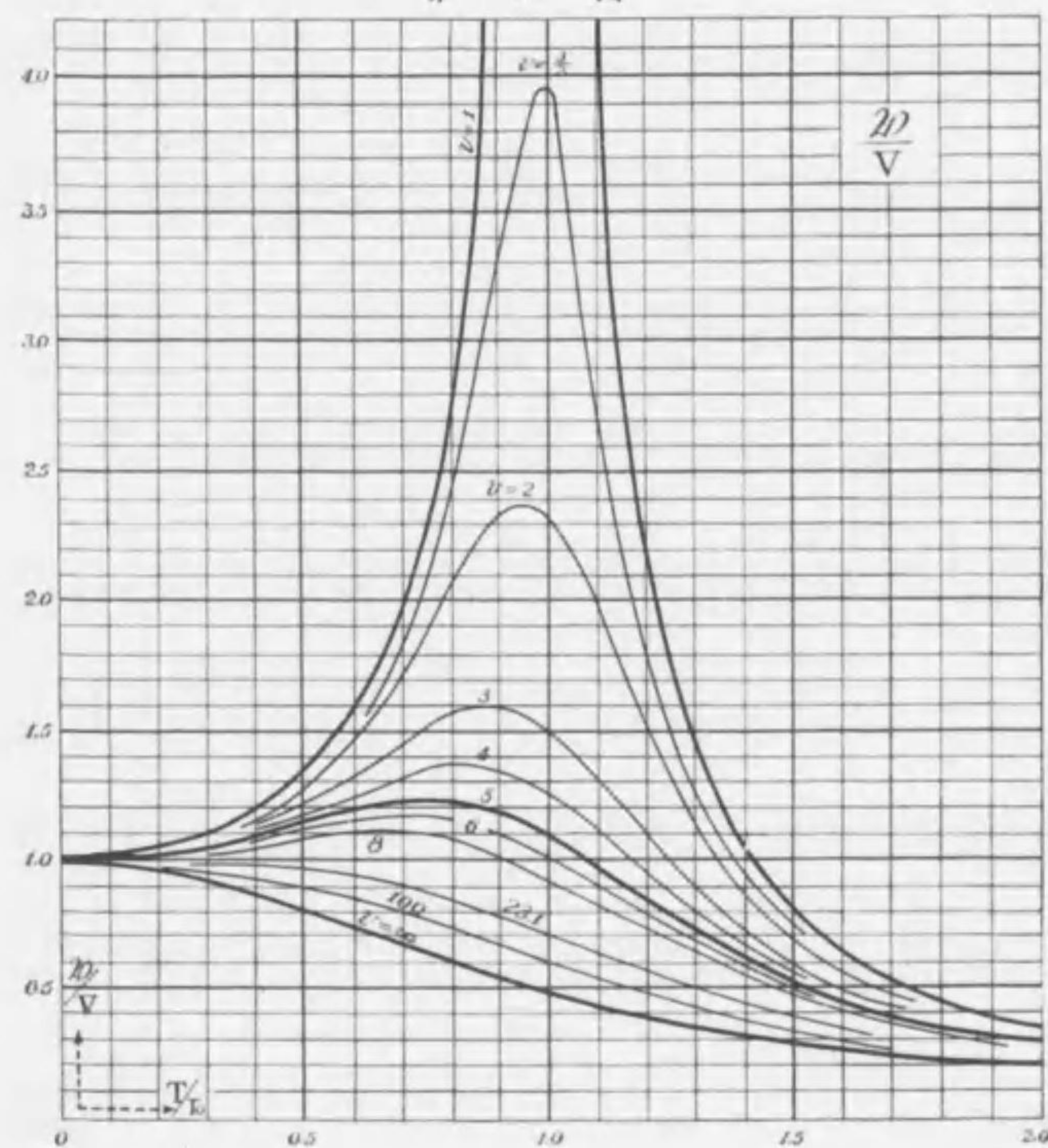
**振幅及週期の驗測** 地上の一點の其の靜止状態の位置からの變位を  $A$ 、週期を  $T$  とする。變位の南北東西、上下の成分を夫々  $A_N, A_E, A_Z$  で表はし且つ北東及び上を夫々正の向きとする。南北動東西動或は上下動の地震計の重錘を夫々南西或は下方に僅かに動かした時に記象紙上で描針の先端の動く向きが即ち實際の土地の北東或は上方への運動に相當する。振幅を表はすには一般に  $1\text{mm}$  の千分の一即ち  $\mu$  (マイクロン) を單位とする。

P波の初動が記象紙上で比較的急に始まつてゐる時には、記象紙上で靜止状態の位置からの變位を  $a$  とすると、之に對する

土地の變位は  $a/V$  とする。茲に  $V$  は地震計の倍率である。P波の初動は地震の震央位置の決定や發震機構の調査等に極めて重要な量であるから、其の出現の明らかな時は必ず測定して置かねばならぬ。P波初動の他にS波初動等が明瞭に出現してゐる時は同様な方法で其の振幅を測定する。

地震記象中で最大動の振幅を測る場合等で、地震計の週期が地震動の週期に比べて充分長くない時は、記象上の變位を單に倍率で割つたのでは眞の地動の大いさは得られない。特に簡

第 15 圖



單な場合として振幅及び週期の一定な正弦波の引續いた地動に對して、地動の振幅が實際に記象紙上に擴大される割合を  $\mathfrak{B}$  とすると、 $\mathfrak{B}$  は地震波の週期  $T$  と地震計の固有週期  $T_0$  との比  $T/T_0$  及び地震計の制振度  $v$  に依つて著しく變化する。 $\mathfrak{B}$  を振動倍率と呼ぶ。次に種々の  $T/T_0$  及び  $v$  の値に對して  $\mathfrak{B}/V$  の値を示す。

$\mathfrak{B}/V$  の表(其の1)

$T/T_0$ $v$	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
2.0	1.04	1.17	1.47	2.14	2.70	1.60	0.92	0.60	0.43	0.32
3.0	1.03	1.14	1.33	1.56	1.52	1.10	0.75	0.53	0.39	0.30
4.0	1.03	1.11	1.25	1.35	1.24	0.94	0.68	0.49	0.37	0.29
5.0	1.02	1.09	1.19	1.23	1.10	0.85	0.63	0.47	0.36	0.28
6.0	1.02	1.08	1.15	1.15	1.01	0.79	0.59	0.45	0.35	0.28
7.0	1.02	1.06	1.11	1.09	0.95	0.75	0.56	0.43	0.34	0.27
8.0	1.02	1.05	1.08	1.05	0.90	0.71	0.55	0.42	0.33	0.27
9.0	1.01	1.04	1.06	1.01	0.87	0.69	0.53	0.41	0.33	0.26
10.0	1.01	1.04	1.05	0.99	0.85	0.67	0.52	0.41	0.32	0.26

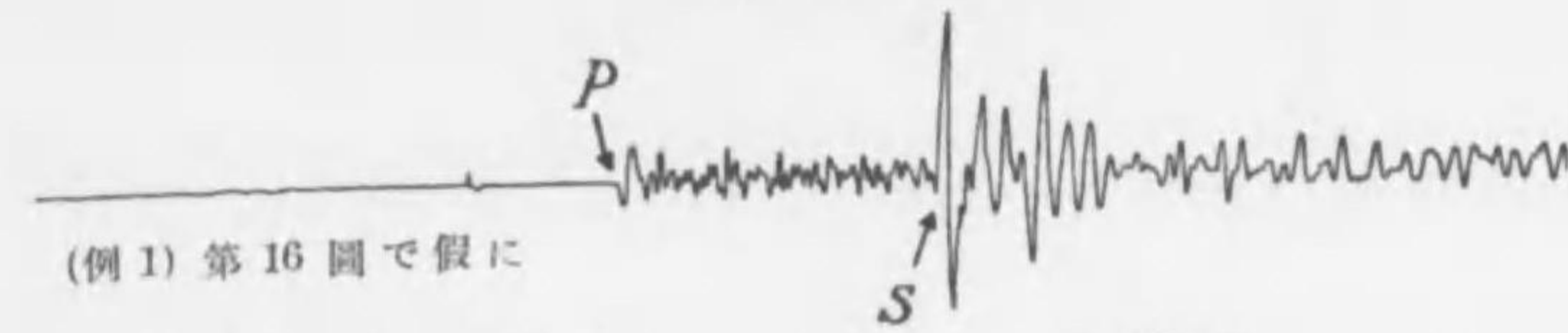
$\mathfrak{B}/V$  の表(其の2)

$T/T_0$ $v$	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	10.0	20.0	30.0
2.0	0.19	0.12	0.066	0.041	0.028	0.021	0.016	0.010	0.0025	0.0011
6.0	0.17	0.12	0.065	0.041	0.028	0.021	0.016	0.010	0.0025	0.0011
10.0	0.17	0.11	0.064	0.040	0.028	0.021	0.016	0.010	0.0025	0.0011

同じ位の振幅の波動が前後に幾つか續いてゐる時其の振幅を求めるには  $V$  の代りに  $\mathfrak{B}$  を用ゐればよい。第15圖や上表から判る通り、地震波動の週期が固有週期に比べて可なり短い時には  $\mathfrak{B}$  は  $V$  と一致する。

驗測の例

第16圖



(例1) 第16圖で假に

記象上1分間の長さ 33.9mm  
 分のタイムチックよりPまでの長さ 10.2mm  
 同 Sまでの長さ 32.2mm とすると、  
 刻時時計に關する發震時刻の秒位  $\frac{60}{33.9} \times 10.2 = 18.1(\text{sec})$   
 同 S相發現時刻の秒位  $\frac{60}{33.9} \times 32.2 = 57.0(\text{sec})$   
 初期微動時間、P~S 38.9 sec.  
 刻時時計に關するP相發現時刻  $15^h 02^m 18.1$   
 其の時刻に於ける使用時計の補正值 + 4 20.3  
 P相發現時刻 15 06 38.4  
 S相發現時刻 15 07 17.3

此の例にある分のタイムチックよりPまでの長さはPの直前にあるものから測つたのであるが、場合によつては直後のものを取つてもよい。又Pの前後のタイムチックが知れる場合は1分間の長さとしては其の間の距離を取るべきである。尙又本例の圖のやうにP,Sが明瞭な場合はP,S間の距離を測つて直ちにP~Sを求めてよい、而してSは之をPに加へれば得られる。

第17圖



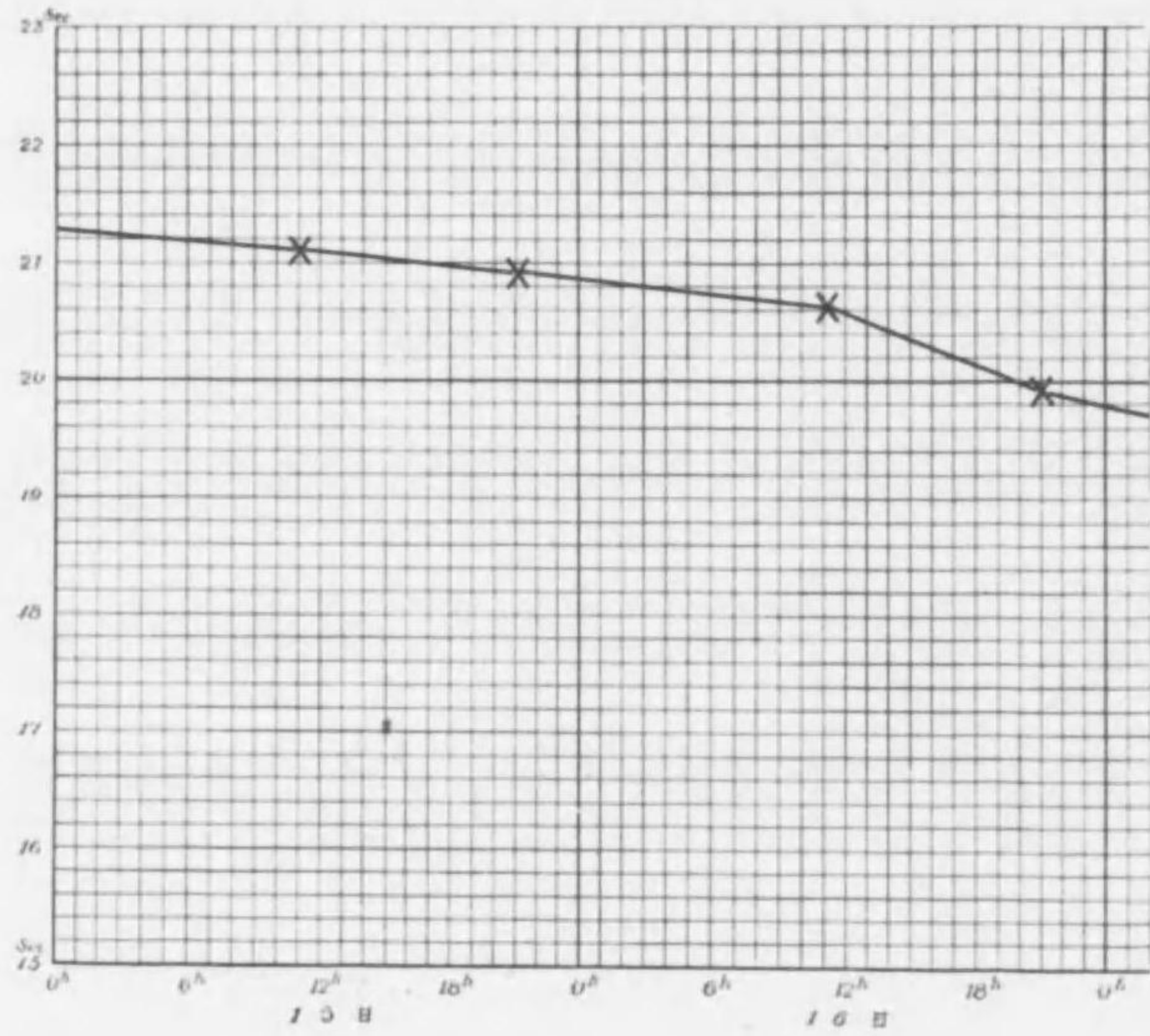
次に此の例の分のタイムチックは瞬間的に記されてあるが、第17圖の如くタイムチックの長さが1秒か2秒に相當する長さをもつ場合にはタイムチックの最初のところが丁度分に當るか否か或は論數があれば其の値を常に調べて置く必要がある。之と同様の注意は前の讀取り例の如き瞬間的記號の場合も當然なされるべきである。



時刻補正值は適當の方眼紙を用ひ横軸に日次を取り、縦軸に時計の補正值を毎日記入し第18圖に示す様な補正值曲線を作つて置くと計算に便利である。

日時		補正值
日	時	分 秒
15	11	+ 4 21.1
	21	+ 4 20.9
16	11	+ 4 20.6
	21	+ 4 19.9

第 18 圖



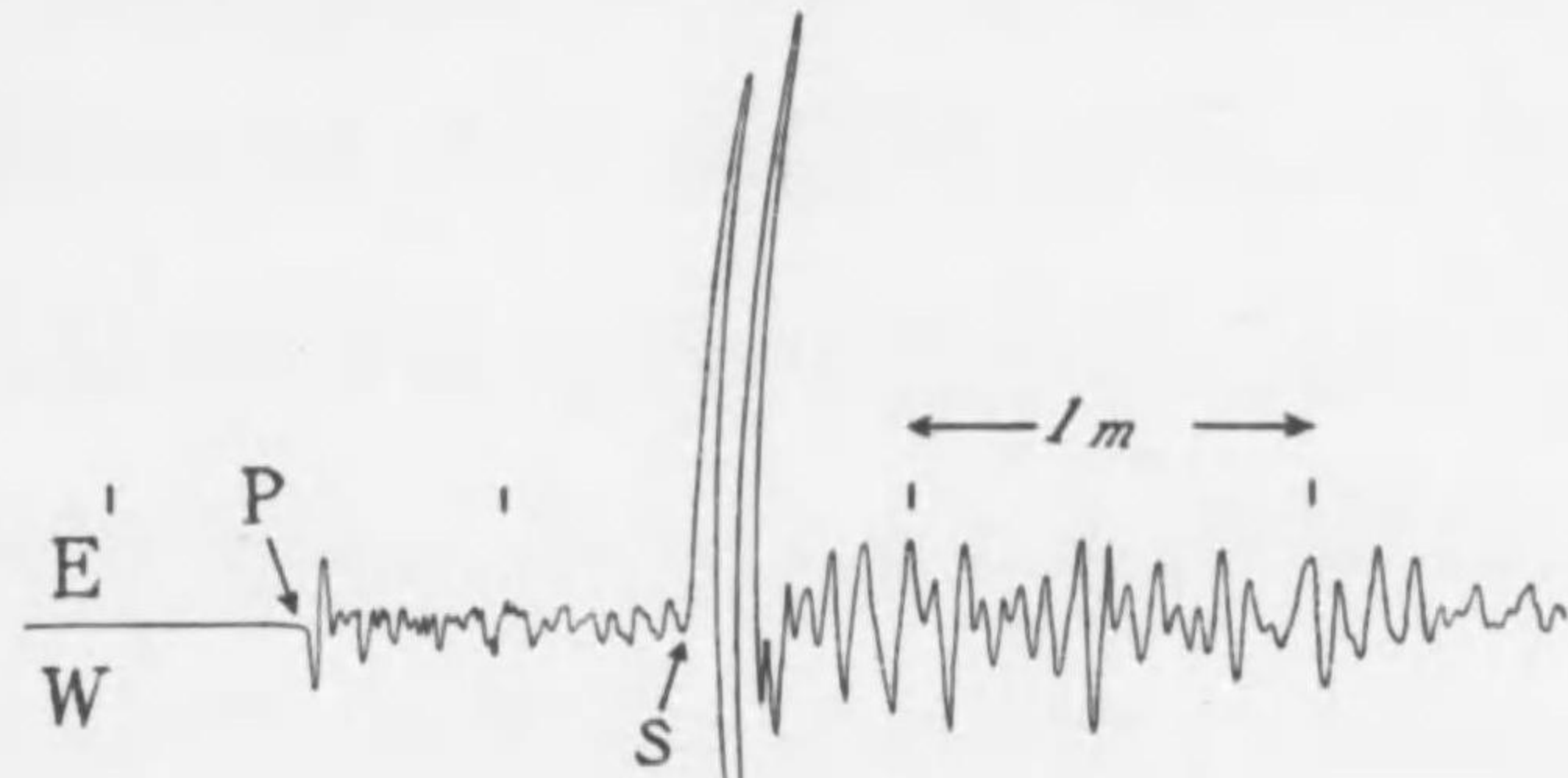
(例2) 第19圖の場合、 $V=80$ 、1分間に相當する長さ25.3mm

$$P \text{ 波の初動 } E = -3.8\text{mm} \times \frac{1}{80} = -47.5\mu$$

$$S \text{ 波の初動 } E = +33.0\text{mm} \times \frac{1}{80} = +413\mu$$

(例3) 第20圖の場合、最大動の週期  $\frac{60}{30.0} \times 2.0 = 4.0$  (sec)

第 19 圖



第 20 圖

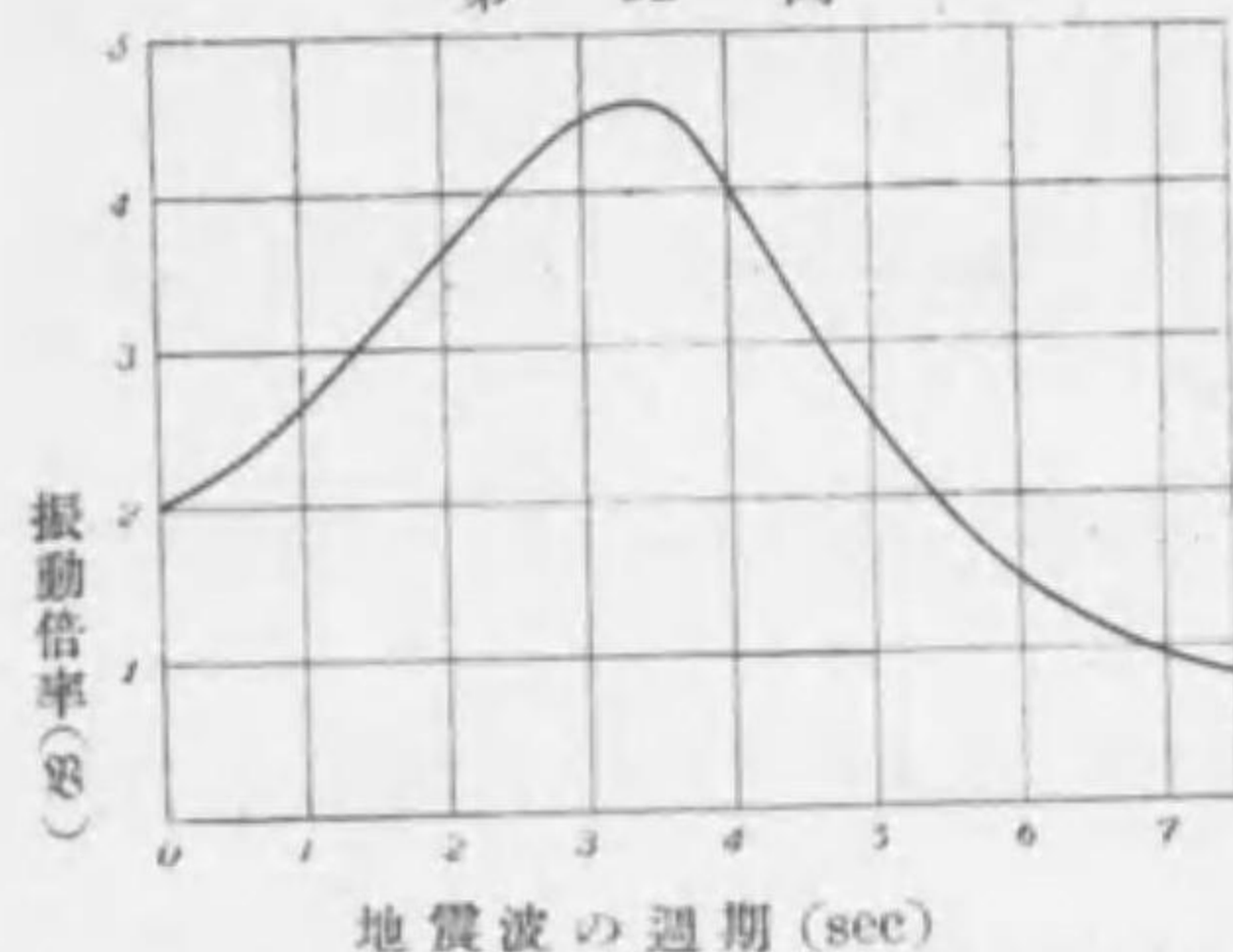


第 21 圖

地震観測表							
地震番號 35							
仙臺 測候所							
地震計ノ種類	倍率	週期	振り子ノ長さ	摩擦	制振度	観測所位置	
東西動	ワイヘルト式	85	6.1	200	0.012	6	東経 140° 54'
南北動	〃	85	6.1	〃	0.010	6	北緯 38° 16'
上下動	〃	70	5.0	80	0.014	5	高 38.4 m
強震計	〃	2	4.0	2	0.03	4	有感地震計
〃	〃	2	4.0	2	0.03	3	地震計
發震年月日 昭和 8 年 3 月 3 日							
相	發現時刻	振 幅			週期		
		南北動	東西動	上下動			
<i>i</i> p	2 31	44.2					
<i>S</i>	32	20.0					
<i>M</i> Z	32	53.8			-16650	5.0	
<i>M</i> E	32	54.8			+17900	3.4	
<i>M</i> N	32	56.7	+22700			3.4	
<i>F</i>	3 51	44.					
總震動時間		1 時 20 分 一 秒		初期微動繼續時間		35.8 秒	
初 動		N-112.0 E-2178 $\mu$	U 275.0 $\mu$	震央距離及使用公式		266 (大森公式)	
人身ノ感覺		震 度		性 質		地 鳴	
		IV		強 弱		有 (前 後) 無	
記 發震時及び初動はワイヘルト式に依り、他は強震計に依る。 振り時計止り柵上の物落ちる程度で、約4分間の長きに涉り 人身感覺あり 事 發震后大津浪あり管内に大被害あり (詳細別報)							

中央氣象臺用紙

第 22 圖



此の地震計の倍率は  $V=20$  で振動倍率の曲線が第22圖の如くであるとすれば、地動の週期40秒に対する振動倍率は4.0であるから最大動の振幅  $M_N$  ;  
 $\pm 33.0 \text{ mm} \times \frac{1}{4.0} = 8250\mu$

報告 地震は大小に關

らず記象紙上で読み取れる限り總て驗測し其の結果を地震観測原簿に記入し、且つ中央氣象臺へ報告する。其の際各測候所で共通の型式に依る事は其等驗測結果の比較調査に極めて肝要である。第21圖に報告形式の雛形を示す。

報告は5日分位又は場合に依つては10日分位宛纏めて送つてもよいが其の月の地震報告は總て遅くも翌月の8日頃迄には必ず到着する様にする。但し主要な地震の報告は出来るだけ早く送附する。

### 第 6 章 人身感覺に依る観測

地震動を人身に感知出来た際は有感と云ひ、感知出来なければ無感と云ふ。例へば戸障子等が動く音が聞え或は電燈等の垂下物の動揺が目撃されても震動を直接身體に感じなければ有感とは云はない。

震度 有感地震の震動の強弱を人身感覺及び身邊の物體の動揺状態等に基づいて幾つかの階級に分けて表はし、之を震度と云ふ。中央氣象臺で定めた震度階級は次の通りである。

- I 微震； 静止してゐる人や特に地震に注意深い人にものみ感じた程度の地震
- II 軽震； 一般の人に感ずる程度のもので戸障子の僅かに動く位の地震〔従来弱震(弱き方)と呼ばれてゐたもの〕
- III 弱震； 家屋が動き戸障子が鳴動し電燈の様な吊下物や器内の水面の動くのが判る程度の地震
- IV 中震； 家屋の動揺が烈しく座りの悪い器物は倒れ器内の水は溢れ出る程度の地震〔従来強震(弱き方)と呼ばれてゐたもの〕
- V 強震； 壁に割目が入り墓石、石燈籠が倒れたり煙突や土蔵も破損する程度の地震
- VI 烈震； 家屋が倒壊し山崩れが起り地割れを生ずる程度以上の地震

**地震動の性質** 身體に受けた感じから、地震動が主として急性のものであるか、それ程急でないか又は緩慢であるかに依つて、地震動の性質が夫々「急」「稍急」又は「緩」であると云ふ。

**地鳴** 地震に際して一種の音響が聞えることがある。之を地鳴と云ふ。時には地震動を人體に感じなくても地鳴の聞える事もある。地鳴には種々あるから遠雷の響、風聲、車が橋上を通る響、大砲發射の音響等其の何れに似てゐるか手近かな物にたとへて云ひ表はす。又地震動を感知する前に地鳴が聞へたか、それとも同時か又は後であつたかも判れば記して置く。

## 第7章 地震計の据附

**地震計の据附** 地震計を据附けるには先づ照明の具合や出入口との關係等を考へ、日常の記象紙取換へ及び地震計の調整

修理等に便利な位置に地震計を配置する。

上下動地震計ではスプリングが温度變化に依つて伸縮するから、地震計室内でも窓を通しての日射の影響の特に少い所に据附ける。水平動地震計は地震動を南北動と東西動との二成分に分けて記録させる。南北動地震計は其の重錘が正確に南北に振動する様に、東西動地震計は重錘が正確に東西に振動する様に据附ける。

強い地震に際して地震計が移動したり轉倒したりするのを防ぐ爲めに、地震計は必ず鐵ボルトで地震計臺に固定して置く。

多くの地震計は最初固有週期が短く安定の状態に組立て、組立てが終つてから徐々に週期を長くし適當の値になる様に調節するのが便利である。又何の地震計でも描針の記録出来る範圍に限度があり、重錘の振動の振幅がある程度を越すと地震計の各部の破損する虞がある。此爲に重錘の振幅がある限度以上にならない様に制限する所謂「フレ止め」の装置を施して置く。個々の地震計の据附に就ては次章以下で細説する。

**方位の決定** 水平動地震計を据附けるには方位を $1^\circ$ 位迄正確に知るを要する。次に眞北の方位を簡単に知る方法を二三述べる。

**i 磁石に依る方法** 磁針の北極は地理學的の眞の北を指さない。眞北の方向を求めるには磁針の指す北に其の場所の地磁氣の偏角の補正を施せばよい。例へば水戸では偏角の値は $5^\circ$ <sup>(1)</sup>Wであるから磁針の指す北より $5^\circ$ 東にフレた方向を採れば

(1) 理科年表にある。

眞北が得られる。但し磁石は附近にある鐵類の影響を受け正しい値を示し難いからこの方法は成るべく使はない方がよい。

ii 北極星に依る方法 夜間地震計室の北側の窓を通して北極星を覗うか、又は室外で其の方位を求めて置いて地震計室内に延長してもよい。北極星の方向も實は眞の北とは一般に一致しないが其の差はかなり小さいから今の目的には考慮に入れる必要はない。

iii 太陽の南中時に依る方法 太陽が或る地點の子午線を通過する時刻即ち北半球では太陽が其の地の眞南に當る時刻を其の地の太陽の南中時と云ふ。本曆には東京に於ける毎日の南中時を示してあるから、之に基いて或る地點の南中時は東京と其の地との經度差から次式によつて計算出来る。

$$T = T_0 + (\lambda_0 - \lambda)$$

但し  $T_0$ ,  $T$  は夫々東京及び其の地點に於ける南中時、 $\lambda_0$ ,  $\lambda$  は東京及び其地點の經度を時間で表はしたもので、 $\lambda_0 = 9^{\text{h}}18^{\text{m}}59^{\text{s}}$  である。

南中時に於ける太陽の方位は經緯儀を覗つて求められる。其の際サングラスを付けるのを忘れてはいけない。實際測定に當つては丁度南中時だけでなく其の數分又は十數分の前後幾回か測定して其の平均として正南の方位を求める。其の上で之を適當に地震計室内迄延長すればよい。

(例) 昭和10年10月1日の大阪に於ける太陽の南中時。

本曆によつて  $T_0 = 11^{\text{h}}31^{\text{m}}05^{\text{s}}$ ,  $\lambda_0 = 9^{\text{h}}18^{\text{m}}59^{\text{s}}$ ,  $\lambda = 9^{\text{h}}02^{\text{m}}05^{\text{s}}$

$$\begin{aligned} \therefore T &= 11^{\text{h}}31^{\text{m}}05^{\text{s}} + (9^{\text{h}}18^{\text{m}}59^{\text{s}} - 9^{\text{h}}02^{\text{m}}05^{\text{s}}) \\ &= 11^{\text{h}}47^{\text{m}}59^{\text{s}} \end{aligned}$$

斯様にして南北の方向が求められたら、之を地震計臺上に

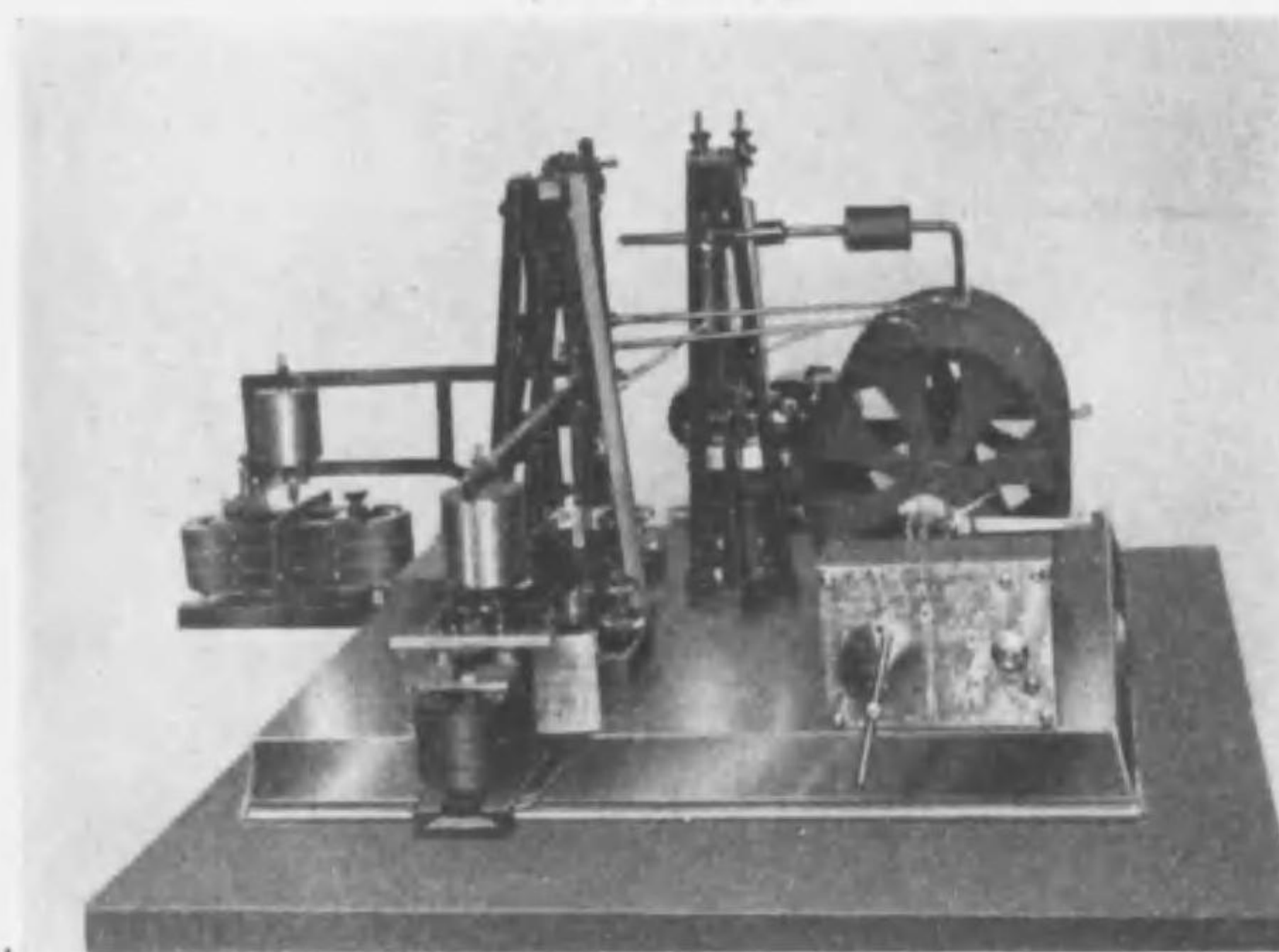
(1) 計算方法は理科年表にもある。

明瞭に記して置く。

## 第8章 強震計

強震計は強い地震動を記録する爲に作られたもので、倍率は1倍乃至2倍位のものが多い。本邦で普通用ゐられてゐるものは南北東西及び上下の三成分を同一記象紙上に記録させる

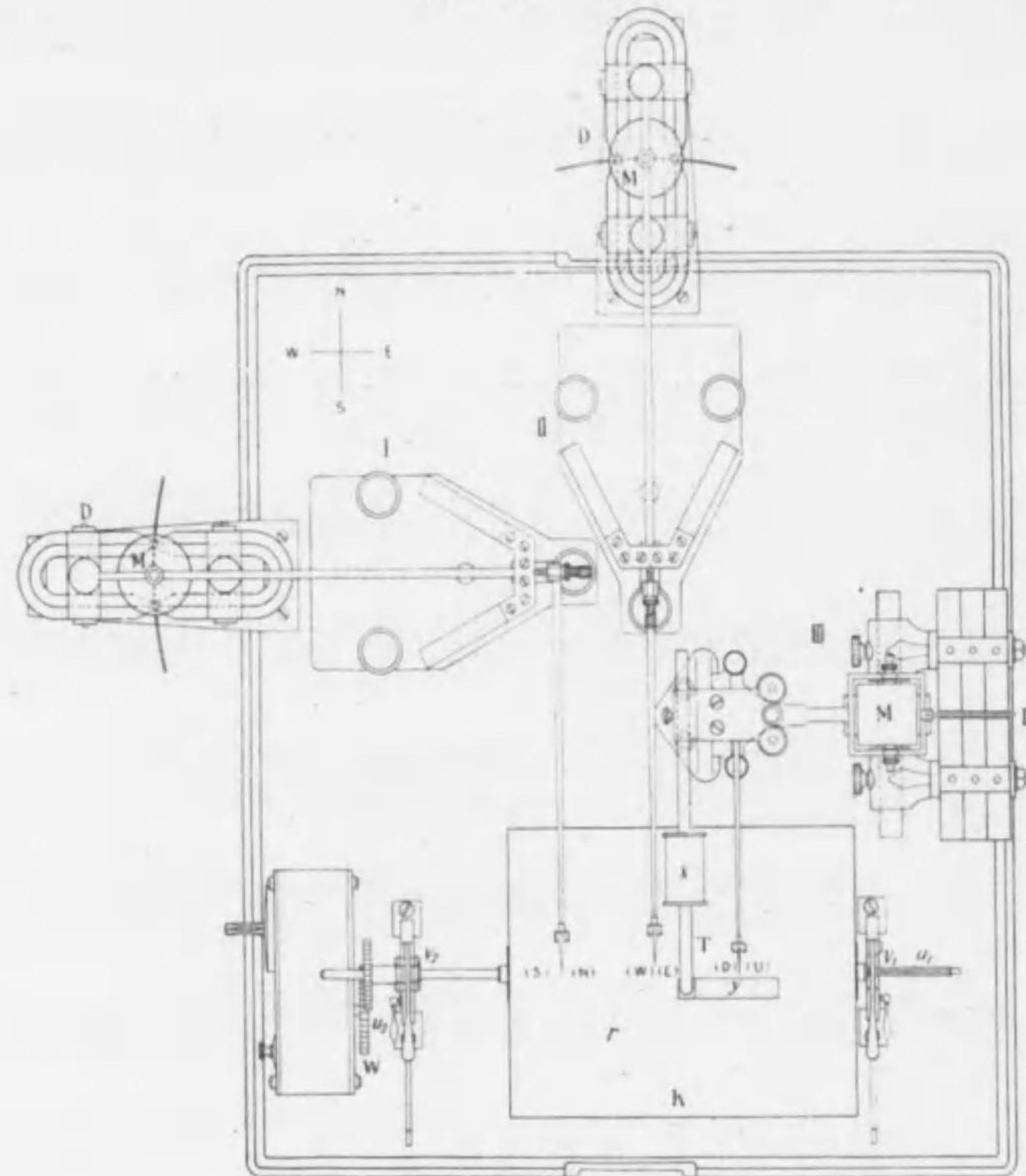
第23圖



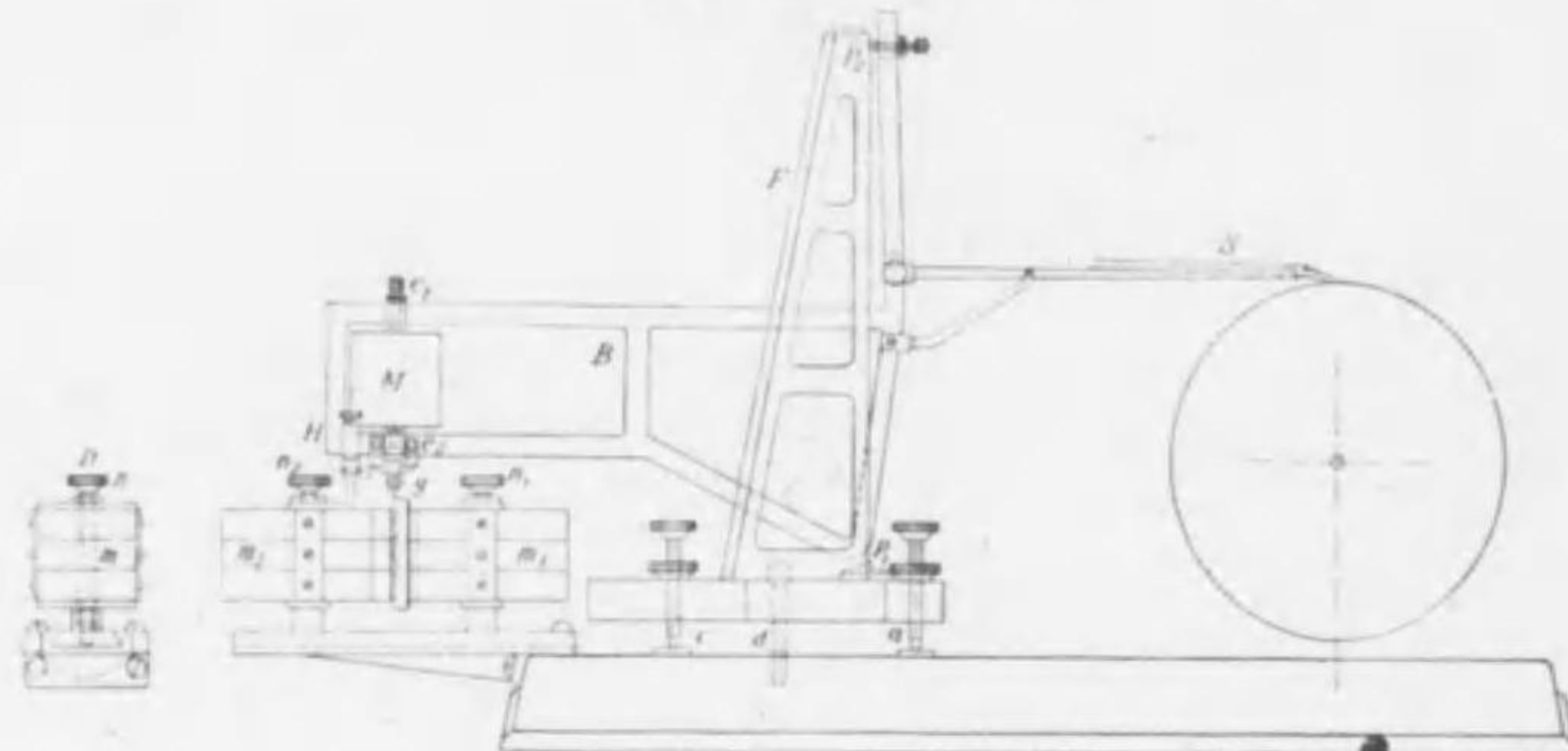
所の第23圖の如き型のものである。第24圖は此の平面圖で、N-Sを南北、E-Wを東西の線とすると、夫々Iは南北動、IIは東西動、IIIは上下動であり、Kは記録装置、Tは刻時装置である。

水平動 第25圖は水平動に關する部分の構造を示す。Fは臺に固定された棒、Mは重錘、Bは其の支杆、Dは制振装置、Sは描針である。棒は三つの螺子a, b, cの先端で小さな皿型の臺の上に立ち、且つ之等に依つて棒の傾斜を調節出来る。又棒はdの螺子で臺に固定される。重錘はe<sub>1</sub>, e<sub>2</sub>の二つの螺子の先端で支

第 24 圖



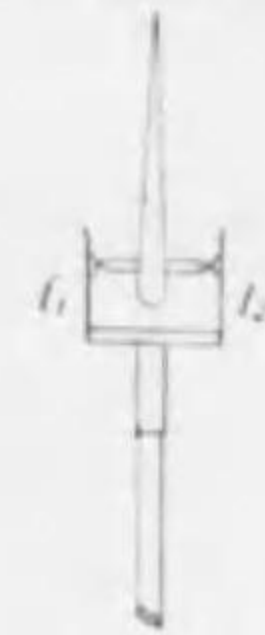
第 25 圖



へて支杆に取付けられる。支杆に附着した  $P_1, P_2$  は銅鐵製のピボットで、 $P_1$  は杵の銅鐵製のホゾに、 $P_2$  は同じく銅鐵製の溝にはまり、之等二つのピボットの先端を結ぶ線を軸として振動部分は略水平面内に振動出来る。ピボットの先端が餘り鋭過ぎると曲つたりホゾを傷けるから餘り鋭くしてはいけない。

ピボットの所の工合が悪くなると摩擦が大きくなり地震計としての性能が著しく落ちるから、常に此處に留意し故障が出来れば直ぐに代品と取換へねばならぬ。 $a, b, c$  の螺子に依つて杵の傾きを變へ、 $P_1, P_2$  の先端を結ぶ線が鉛直と爲す角を小さくすれば振動の固有週期は長くなる。 $a, b$  の螺子は又振動部分が中央の位置に在る様に調節するのに用ゐられる。

$S$  はアルミニウム製の描針で、其の先端は第26圖に示す様  
第26圖 に  $f_1, f_2$  の間にペンの軸を軽く挟み、ペンは其のまはりに自由に廻轉出来る。ペンの尾部は廻轉軸に對してペン先と反對側に少し延ばして、ペン先が燻煙紙を壓す力を小さくする。記録圓筒を取換へる時には先づペンの先端を上げて置いてからにする。

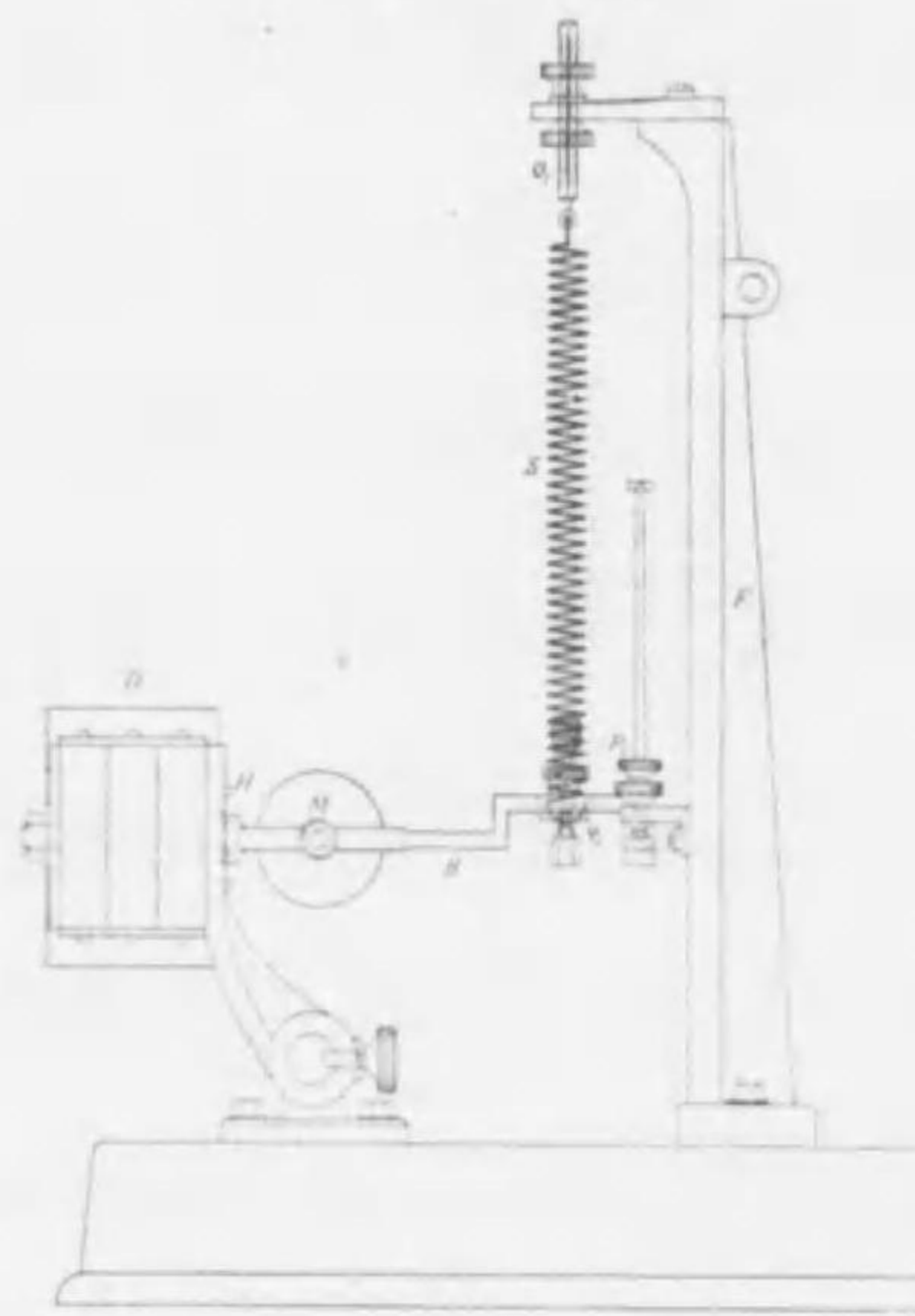


$D$  は制振装置である。 $g$  は振動部分に固定された鐵を含まない純粹の銅板(又はアルミニウム板)、 $m_1, m_2$  は馬蹄形の永久磁石で  $n_1, n_2$  の螺子で臺に固定される。 $m_1, m_2$  の磁石を近づけると制振作用は強くなる。但し重錘の振動に際して銅板が磁石に觸れない様に注意する。總て磁石を取外した時は一方の磁石の北極を他の磁石の南極に互に密着させて置く。さうでなく亂雜に放置すると磁氣が弱くなる虞がある。

$H$ は重錘の「フレ止め」の装置である。之に依つて振動部分の可動範囲を適當に制限して置くことを忘れてはならぬ。

**上下動** 第27圖で  $F$ は臺に固定された棒、 $M$ は重錘、 $B$ は其の

第 27 圖



支杆、 $S$ は重錘懸垂用のスプリング、 $D$ は制振装置、 $H$ は「フレ止め」である。棒から平行な二本のピボット  $P_1, P_2$  が出て支杆の端の銅製溝にはまつてゐる。二本の螺子  $O_1, O_2$  から夫々スプリング  $S_1, S_2$  を垂らし、振動部分が水平になる様に吊上げる。此際支杆から  $q_1, q_2$  の二本のピボットが出て、二本のスプ

リングの端に吊られた銅製溝にはまつて居り、振動部分は  $P_1, P_2$  の尖端を結ぶ水平線を軸として上下に振動出来る。 $q_1, q_2$  のピボットを捻ぢ下げ懸垂点を  $P_1, P_2$  の尖端と重錘の重心を結ぶ線より下方に移せば移す程ある程度迄は振動の週期は長くなる。但し餘り下げ過ぎると振動は非對稱となり遂には不安定となる。制振装置及びフレ止め装置の構造は水平動の場合と略々同様である。

**記録装置**  $r$  は半徑約12cm、長さ約30cmの木製圓筒で、紙を捲

き付け油煙で燻してある。之を時計仕掛で廻轉させ且つ少しづつ横にづらせて其の上に地震動を記録させる。圓筒の軸の一方  $u_1$  は雄螺旋となり、他方には横にすべり、且つ取外しの出来る  $u_2$  の齒車を備へてゐる。 $u_1$  は支柱  $v_1$  に切られた雌螺旋と喰合ひ、 $u_2$  は二條の溝により支柱  $v_2$  に支へられ、且つ  $u_2$  の齒車は時計仕掛から出てゐる齒車  $w$  と喰合つてゐる。従つて時計仕掛で  $w$  が廻轉すると夫につれて圓筒  $r$  は廻轉しながら少しづつ横に移動する仕組となつてゐる。

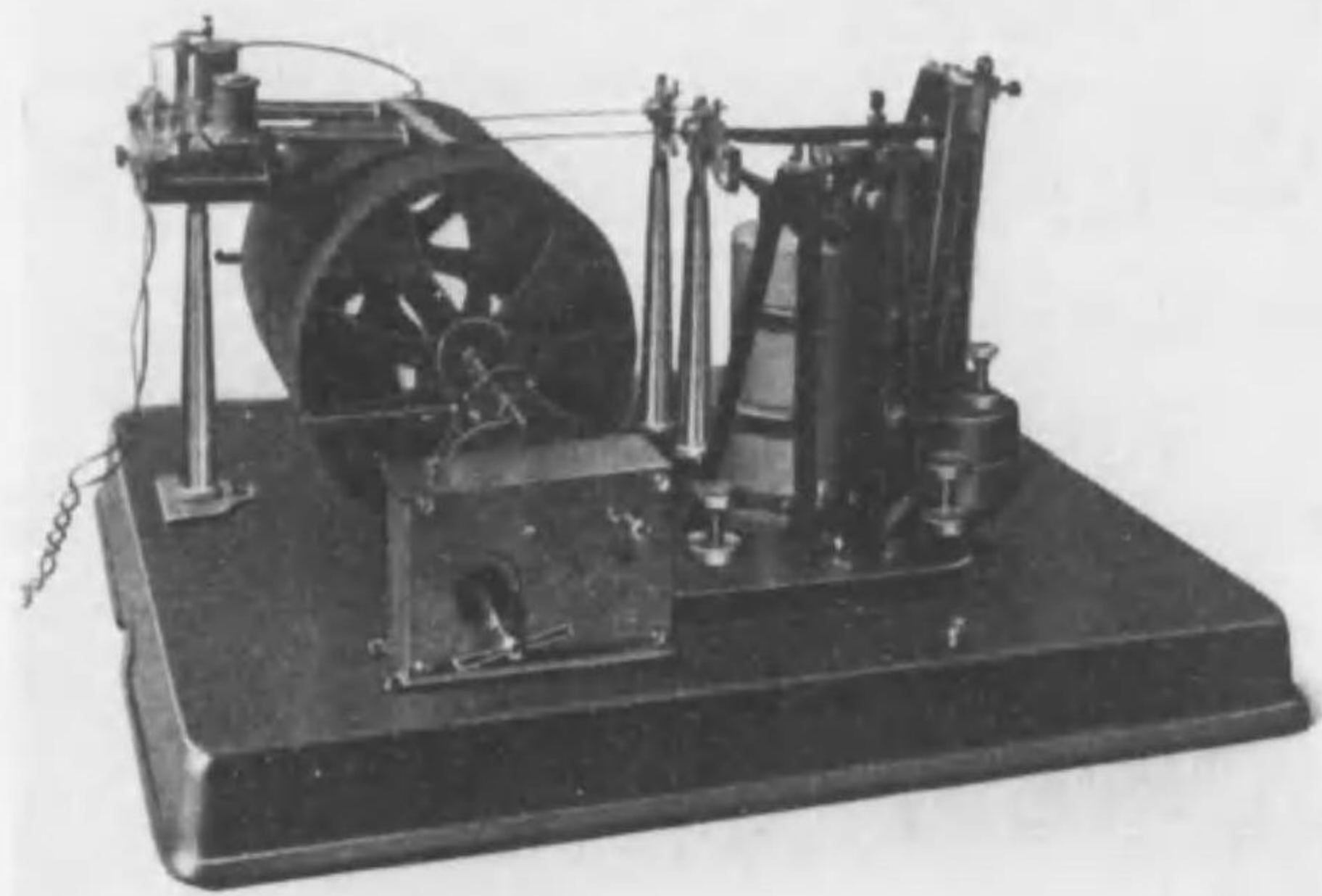
**刻時装置** 刻時装置は上下動の棒に取付けられてゐる。第24圖で  $x$  はコイル、 $y$  は軟鐵である。コイルに電流が通じてゐる間  $y$  は電磁石となり、之に接近してゐる上下動の描針のペンを吸上げる。記録圓筒取換の時には  $y$  を上方にまわして置く。

上には主として中央氣象臺型の強震計に就いて述べた。其の常數は大體水平動の重錘は 2kg、上下動のは 1.1kg、倍率は 1 倍、固有週期は 3~5 秒、制振度は 2.5~3 位となつてゐる。此他にも種々の型式がある。舊い型のもので制振器に磁石を用ゐないで油の粘性を利用したものもある。即ち油を満した器の中を振動部分に固定された金屬板が其の面に平行に振動する時に、油の粘性によつて受ける抵抗を利用する。振動板の兩側に夫々平行に金屬板を並べ、兩板の間隔を狭くすると制振作用は強くなる。併し油の粘性は温度に依り著しく變化するし、又地震動で油が動揺したり溢出したりして不都合なので現今では此種の制振器は殆ど用ゐられない。

## 第9章 簡單微動計

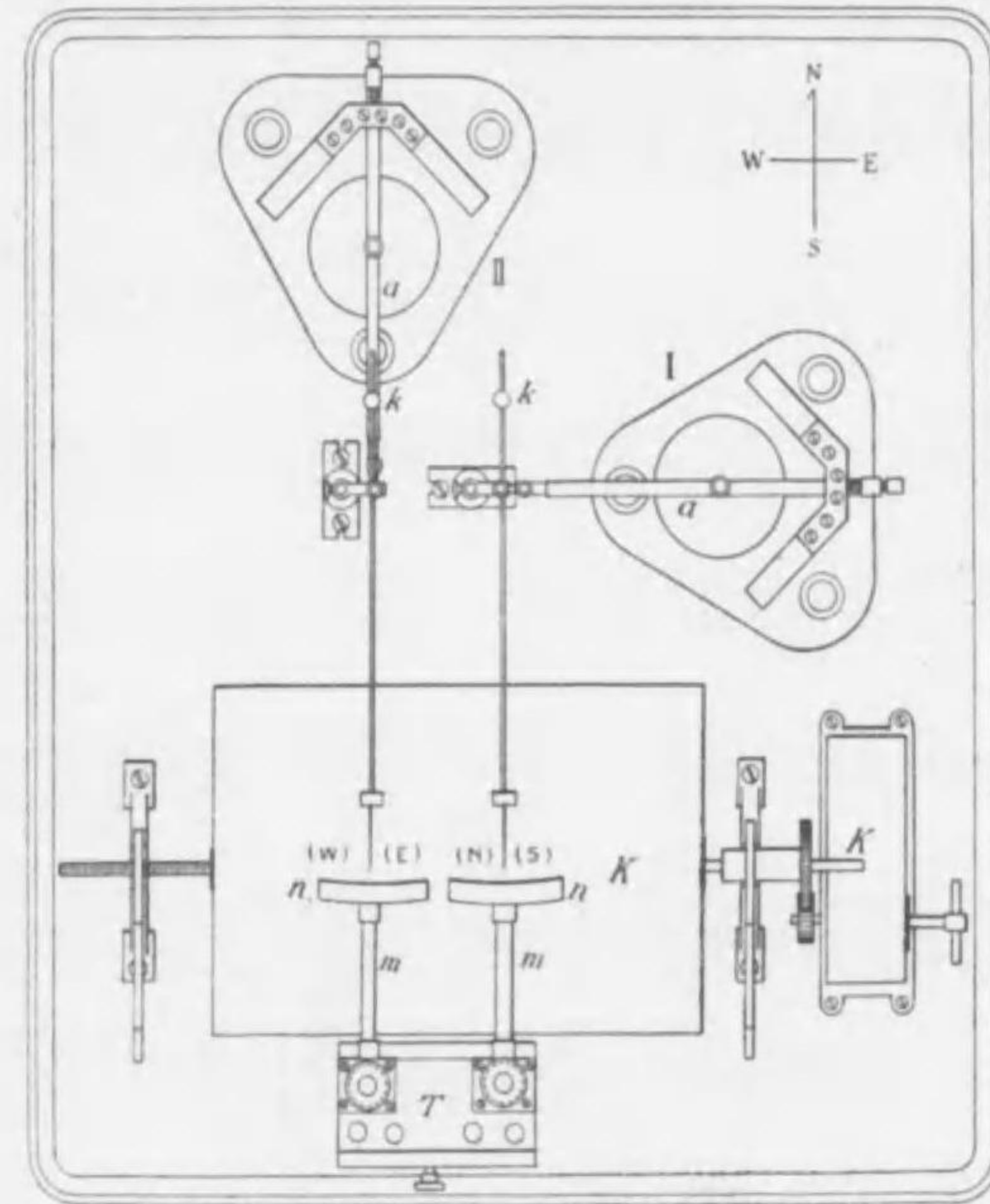
簡單微動計は一つの臺上に南北動及び東西動の二つの水平振子を据付けたもので、同一記象紙上に記録する。重錘の質量は20kg前後、倍率は20~50、固有週期は4秒前後である。空氣制振器を備付けたものもある。構造は簡單で取扱も運搬も比較的容易であるから、大地震の餘震や頻發地震又は火山地震等の調査に際し臨時に現場に携行するのに便利である。

第28圖



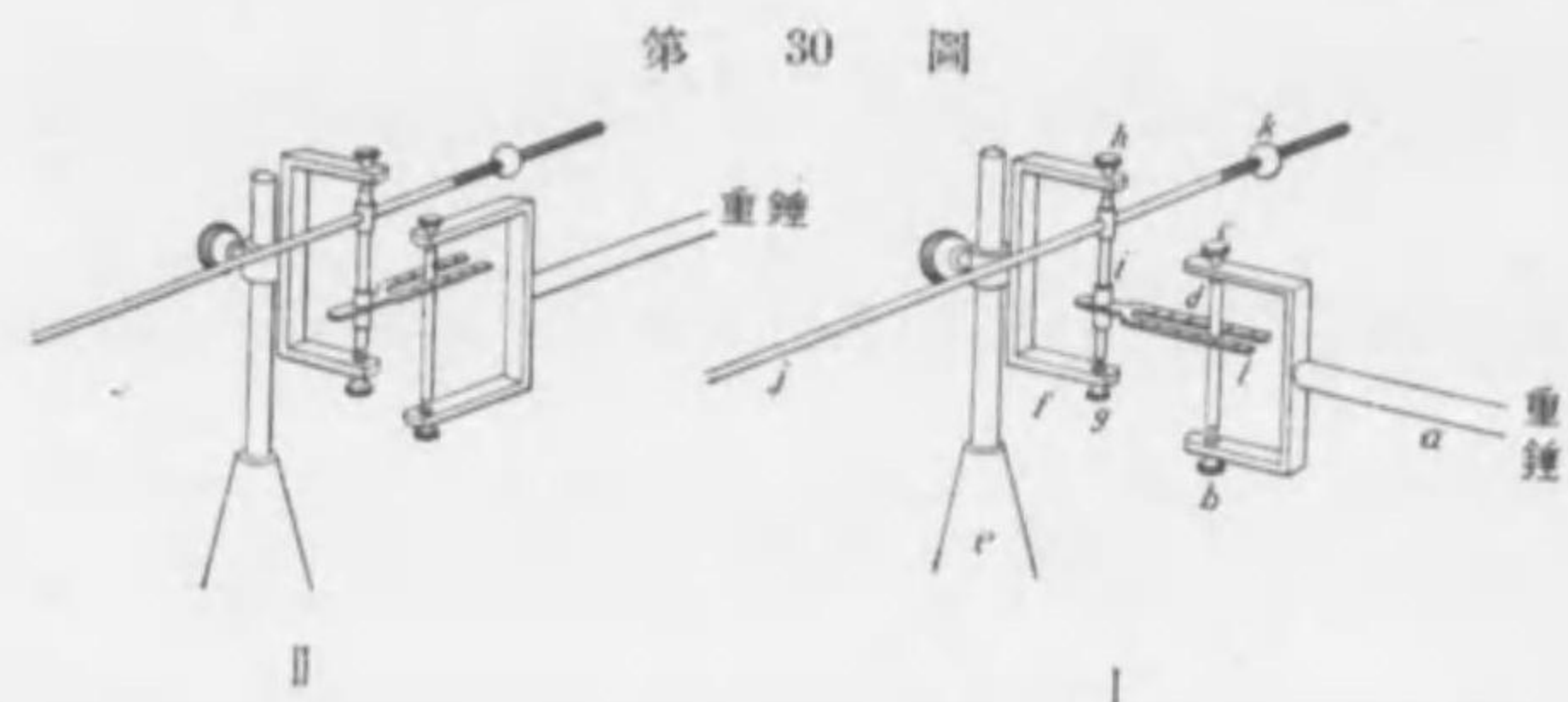
第29圖でN-S, E-Wが夫々南北及び東西の方向とすると、Iは南北動、IIは東西動を記録する。何れも水平振子式で構造は強震計と類似の點が多い。只強震計と違ひ倍率を大きくする爲の特別の装置を設けてある。即ち第30圖に示す様に、重錘支杆aの先端をコの字型にし、b, cの二つの相對したホゾに直徑

第29圖



約2mm、長さ3cm餘りの兩端の尖つた細い鐵棒dを挟み、此の棒はb, cを軸として極めて滑らかに廻轉出来る様にする。臺から別に支柱eを立て、其の上部にコの字型部分を付け、小さな棒iがg, hを軸として自由に廻轉出来る様にする。棒iの上部には描針jを固定する。kは描針の重さと釣合ふ爲の小さな錘である。棒iの下部にはlなる叉を固定し、其の叉の中で棒dが摩擦なく滑かに且つ叉の二邊のどちらからも離れることなく廻轉出来る様にする。かやうにして重錘の運動を可なり大きく擴大して記録出来る。又は豫め印を付け倍率の大體

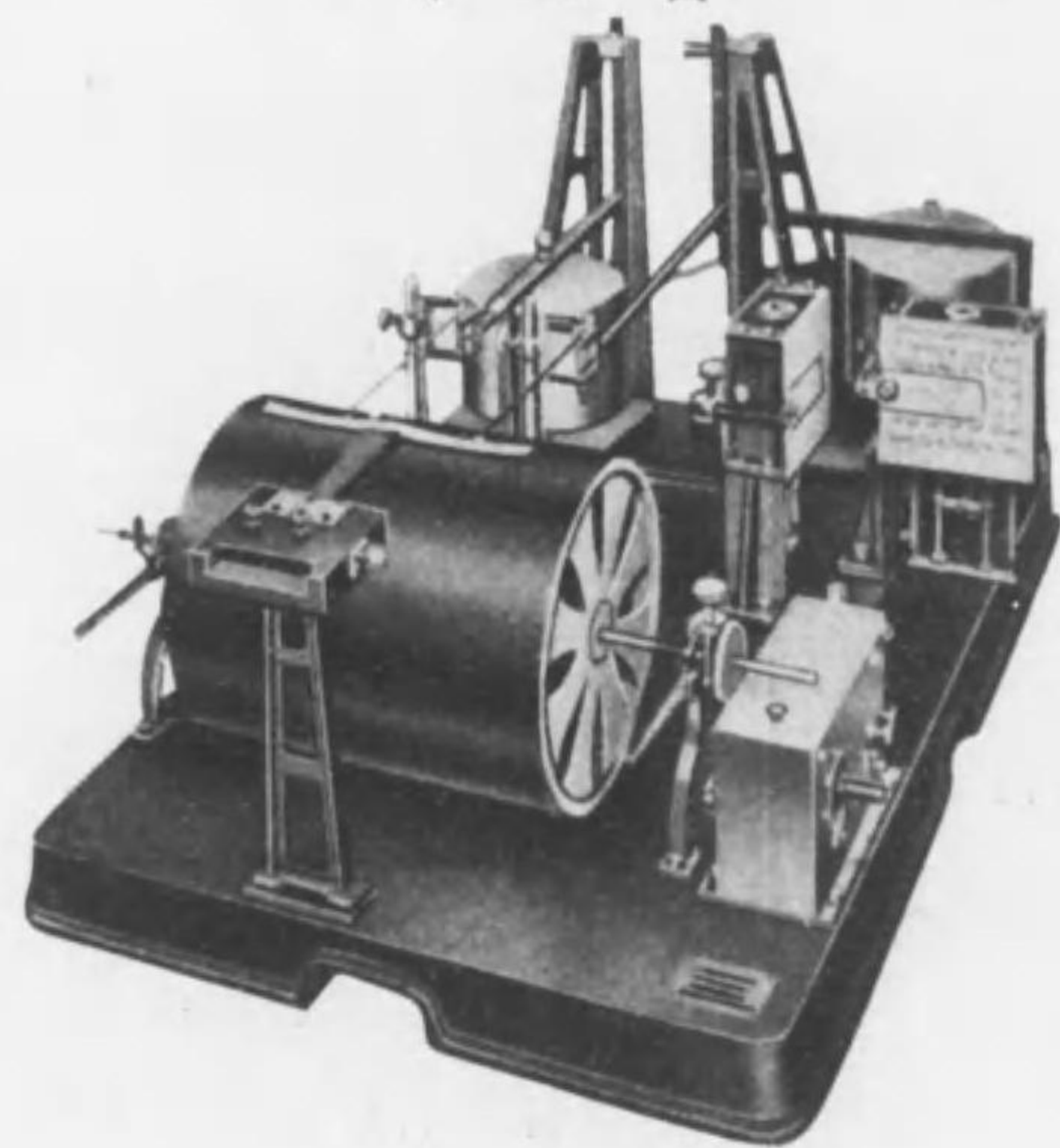




の値を記入してあるから希望の所に  $d$  がはまる様にする。此種の擴大装置では  $b, c$  及び  $g, h$  の所特に又と棒  $d$  との接觸點で摩擦が大きくなり易い。又又と棒  $d$  との間に間隙があると振動に際してガタがあつて困るから、之等の箇所は常に清潔に保ち調整に充分注意を拂はねばならぬ。

第29圖で  $K$  は記録装置,  $T$  は刻時装置である。  $T$  の  $m$  はコイル,  $n$  は軟鐵片で  $m$  に電流が通じてゐる間は  $n$  は電磁石となり

第 31 圖



描針のペンを吸上げる。之とは別に電流が通ずると針で記象紙上に刻時する装置もある。但し描針とは別に刻時する後の方法では刻時の記象と描針の記象との時間差が問題になり、刻時を正確に測定するに適當でない。

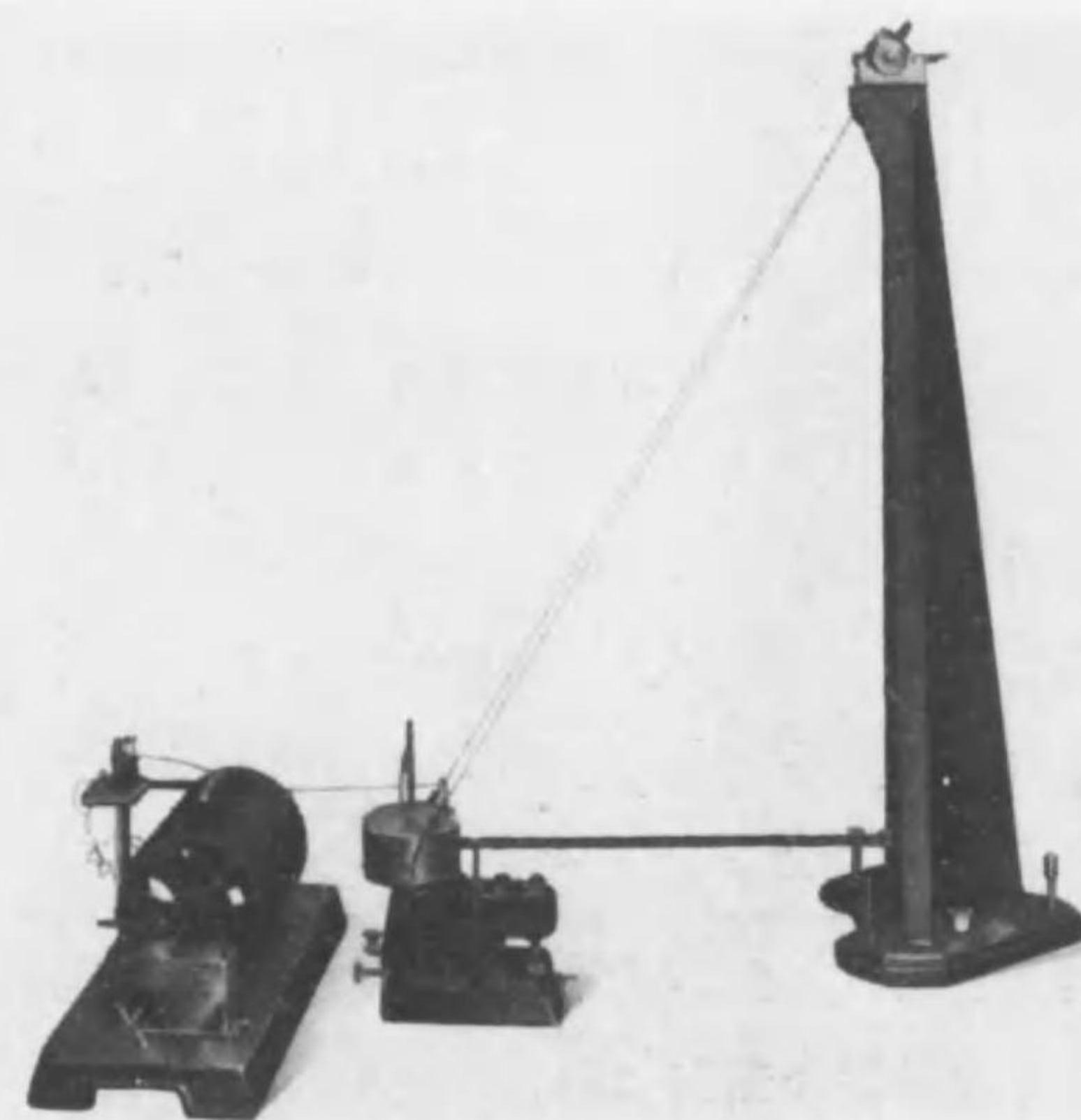
記録圓筒取換の際は  $T$  の装置全體を手前に倒す様になつてゐる。

空氣制振器を備へた簡單微動計では、制振器は氣密な箱の中を之より僅かに小さい縁に枠のついたアルミニュームの薄板が其の面に直角に振動する様に作られ、薄板は地震計の振動部分に連結されてゐる。此の薄板は夫々二つの弱いバネを軸として振動する。之等のバネは出来るだけ弱い方がよい。

## 第10章 地動計及微動計

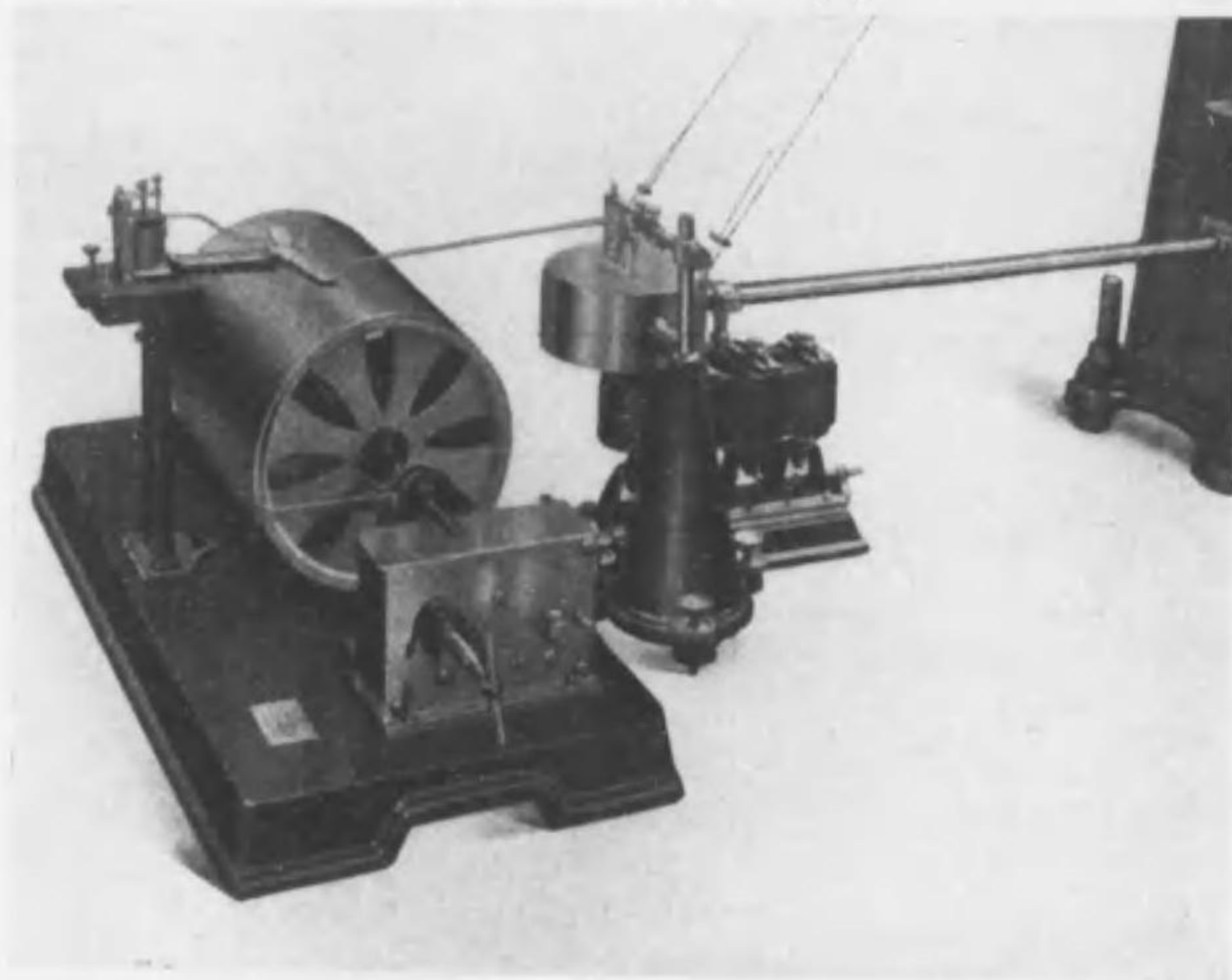
地動計 地動計は水平振子式の地震計で水平動の一成分を

第 32 圖 (A)





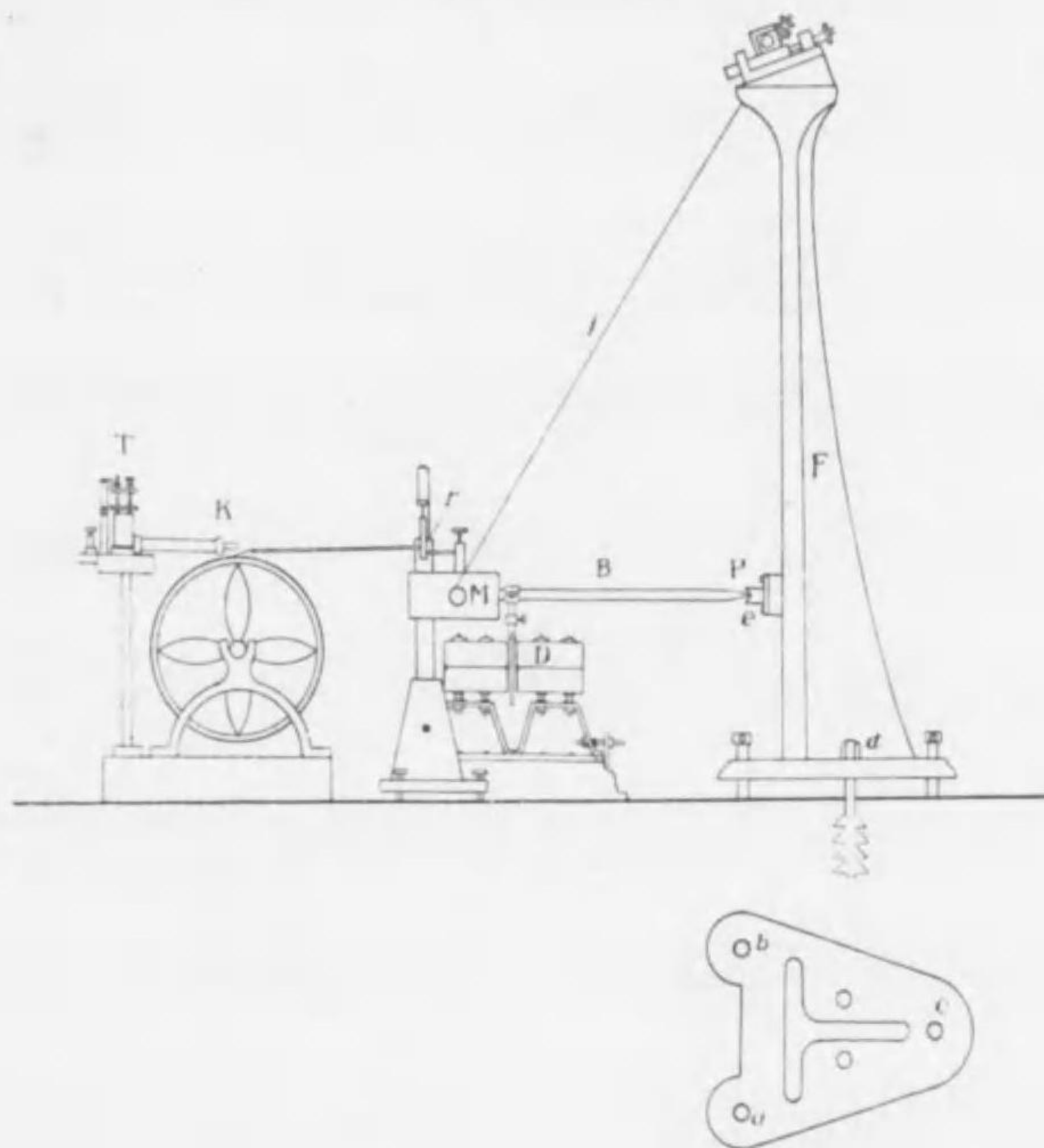
第32圖 (B)



記録する。従つて南北動と東西動との一對を要する。重錘の質量は15kg前後、倍率は20倍位、磁氣制振器を備へてゐる。固有週期は10數秒が最も手頃であるが、20秒位迄は出し得る。此の地震計は比較的遠距離に起つた地震の観測に適當である。

第33圖でFの支柱は地震計臺に固定された地震計枠で、Mは重錘、Bは其の支杆、Dは磁氣制振装置、Kは記録装置、Tは刻時装置である。支柱Fの下部にはa, b, cの三つの螺子があり、支柱の傾きを變へるに用ゐられる。dは支柱を地震計臺に固定する爲のボルトである。重錘支杆Bの一端はピボットPとなり支柱の下部に取付けたホゾeで支へられてゐる。重錘は二本の鋼鐵線f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>で支柱の頭部から吊られてゐる。第34圖に支柱頭部の構造を示す。柱の頭部に斜に固定した板gがあり、其上に板Hが載り、之は螺子iで前後に移動出来又押し螺子jで固定

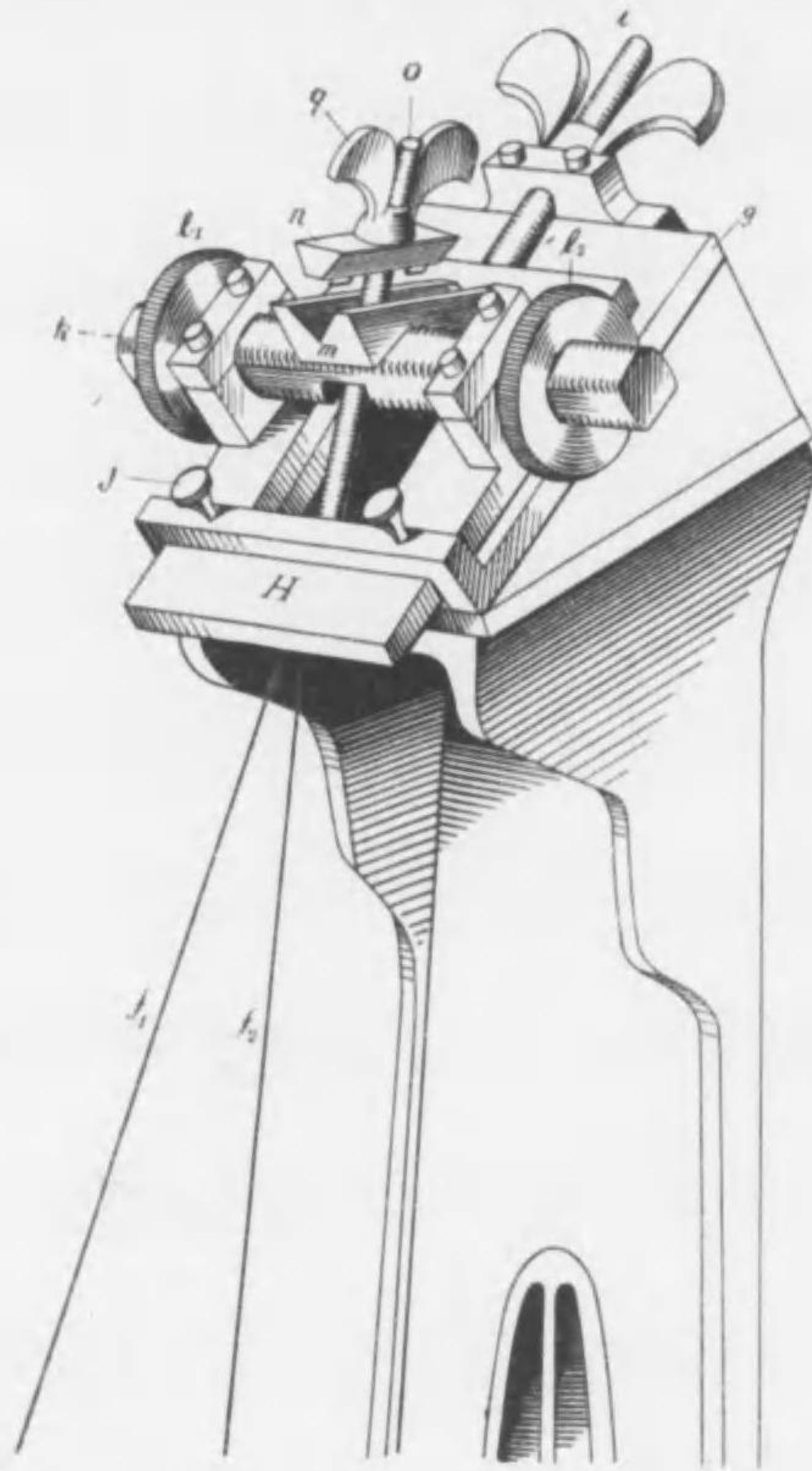
第33圖



される。Hに附着した角型螺旋棒kはl<sub>1</sub>, l<sub>2</sub>に依り双受けmを左右に移動出来る。双nに附着した螺旋棒oは其の先端で重錘を吊る針金f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>を支持してゐる。qを廻すとoは移動するから之で重錘を上下に移動させることが出来る。即ちi, l<sub>1</sub>, l<sub>2</sub>, 及びqに依つて重錘の懸垂位置を夫々前後、左右及び上下に移動出来る。

振動部分の固有週期を調節するには、a, b, cの螺子で支柱の傾きを變へてもよいが、普通はiの螺子で双受けを後方に移すと週期は長くなる。重錘の振動はrの又により擴大される。

第34圖



制振装置、記録装置、及び刻時装置等の構造は強震計や簡單微動計の場合と略々同様である。

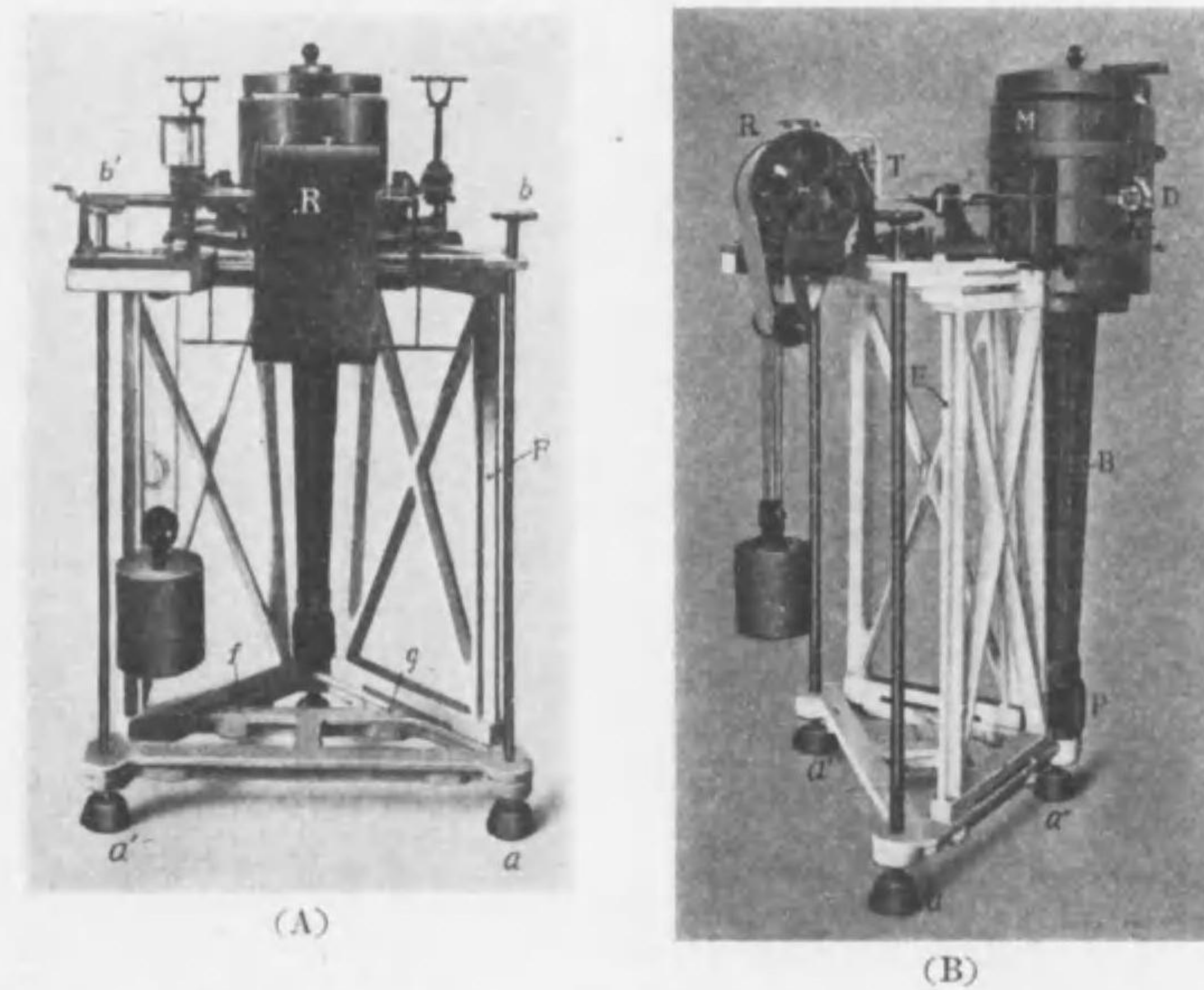
**微動計** 微動計は其の構造は大體地動計に似てゐるが重錘は50kg位、倍率は100倍前後に出来る様にしたもので、遠地地震や微細な地動の観測に適當である。但し重錘支杆はピボットに働く壓力を小さくし且つ高倍率を得る爲に短くしてある。

## 第11章 ウィーヘルト式水平動地震計

ウィーヘルト式水平動地震計は倒立振子の原理を用いたもので、一個の倒立振子の運動を南北動と東西動とに分解して記録する。重錘の質量は200kg、倍率は80倍前後、週期は4~6秒、空氣制振器を用ゐる制振度は4~8として用ゐられる。近地地震の観測用に適し又比較的遠い所に起つた地震の観測にも可なり都合が良い。

第35圖でE、Fは地震計臺に固定された棒、Mは重錘、Bは支杆

第35圖

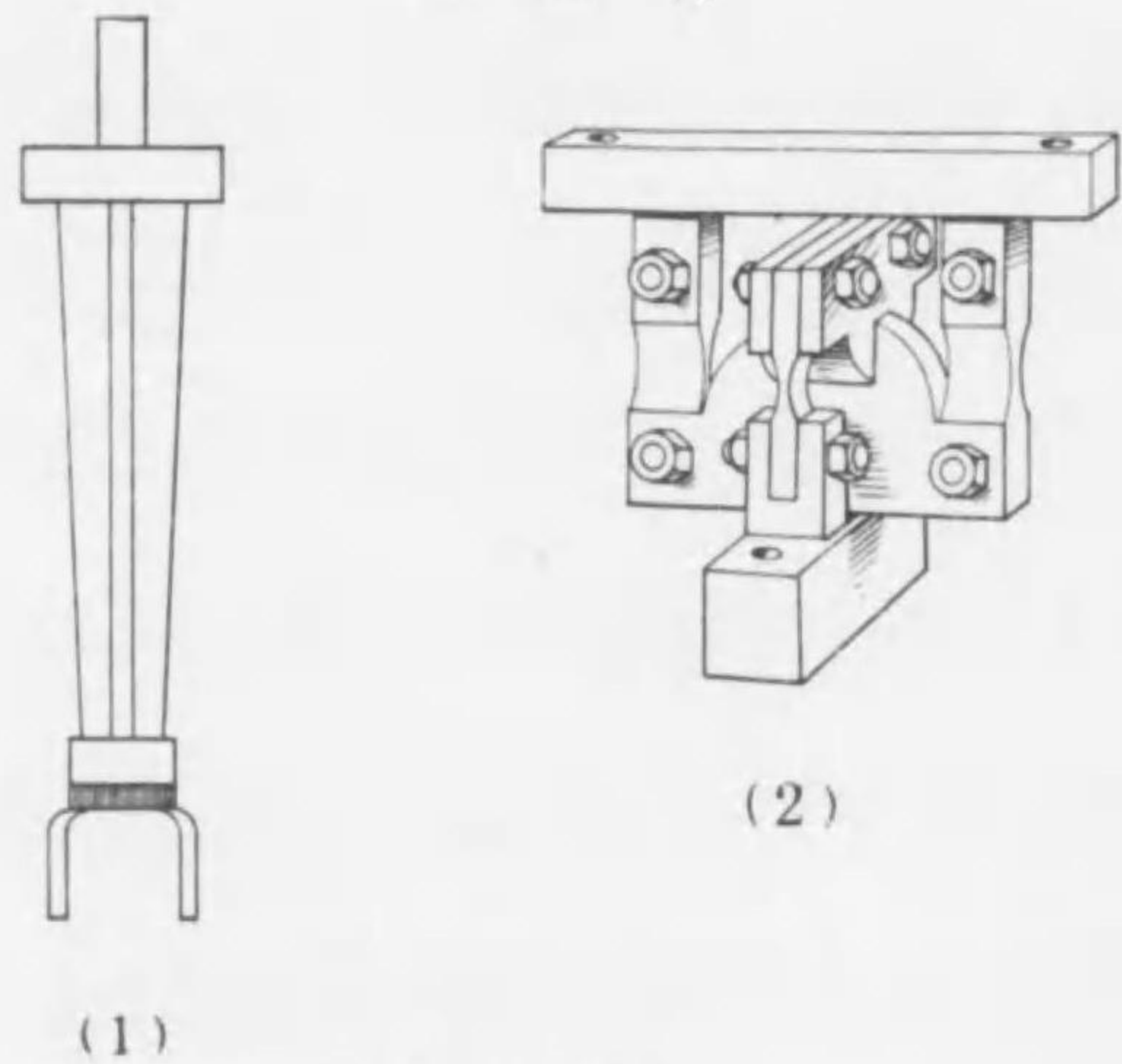


であつて、MとBとより成る倒立振子はPを支點として任意の水平方向に振動出来る。Rは記録装置、Tは刻時装置、Dは制振

装置である。

地震計棒は  $a, a', a''$  の三つの皿状の臺の上に立ち,  $b, b'$  は二本の長い鐵棒の水準螺子である。強い地震に際して轉倒しない

第 36 圖



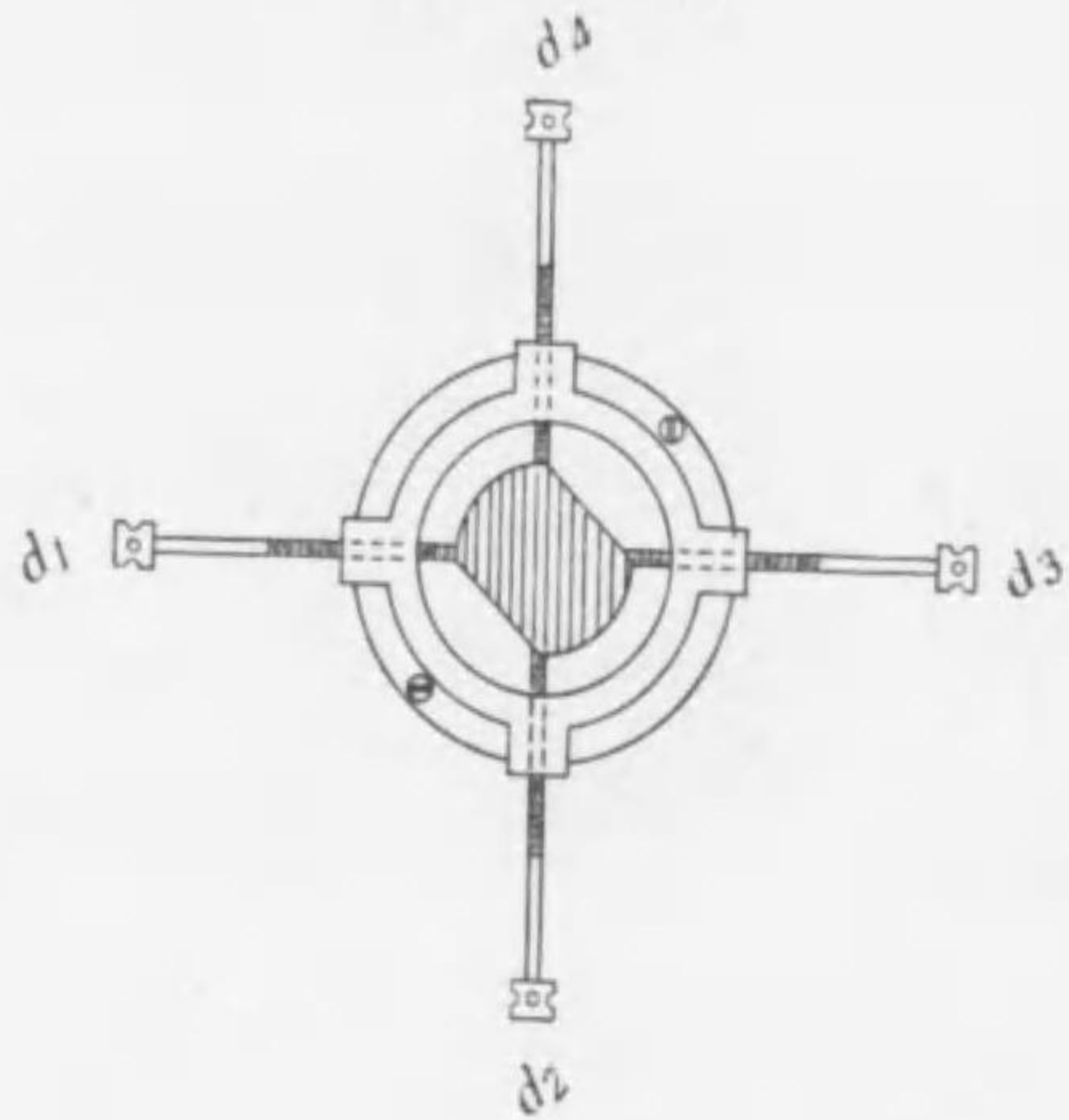
様に棒は  $f, g$  の二箇所でボルトで地震計臺に固定する。

第36圖の(1)は重錘の支杆, 同圖の(2)は廻轉軸となる部分を示す。重錘が重くてピボットで支へ難いから, (2)で判る

様に重錘の重さを薄い板バネの張力として支へる。且つ何れの水平方向にも自由に振動出来る様に互に直角な二組の板バネを用ゐてある。

支杆の上部は棒に固定された輪形のフレ止め器(第37圖)の中

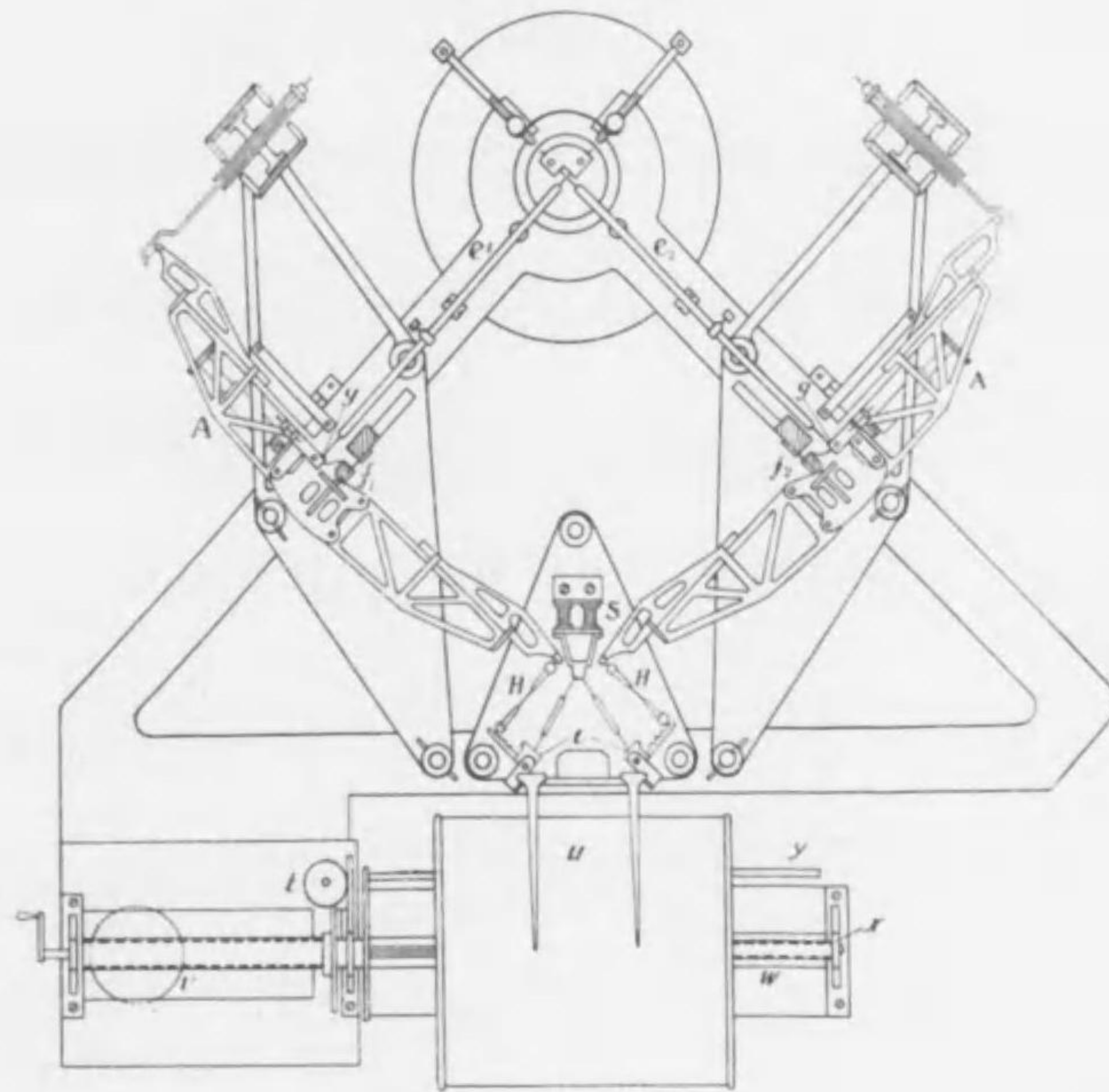
第 37 圖



にはまつてゐる。此の「フレ止め器」には4本の螺子  $d_1, d_2, d_3, d_4$  があつて, 之等は支杆を棒に固定したり, 又は振動に際して支杆の振幅を制限する重要な役をする。

支杆の上部から正確に南北及び東西の方向に連結杆  $e_1, e_2$  を出しアルミニウム製の楯杆  $A$  と連結する。楯杆  $A$  は薄い板バネ  $f_1, f_2$  を軸として水平面内に自由に振動出来る様になつて居り, 靜止の位置では連結杆に直角に向いてゐる様にする。従つて重錘の運動の南北動及び東西動の成分は夫々楯杆  $A$  のバネ  $f_1, f_2$  を廻轉軸とする水平面内の運動に置き換へられる。元來重錘支杆の下部にあるバネは重錘の重量を支へるのが主で

第 38 圖



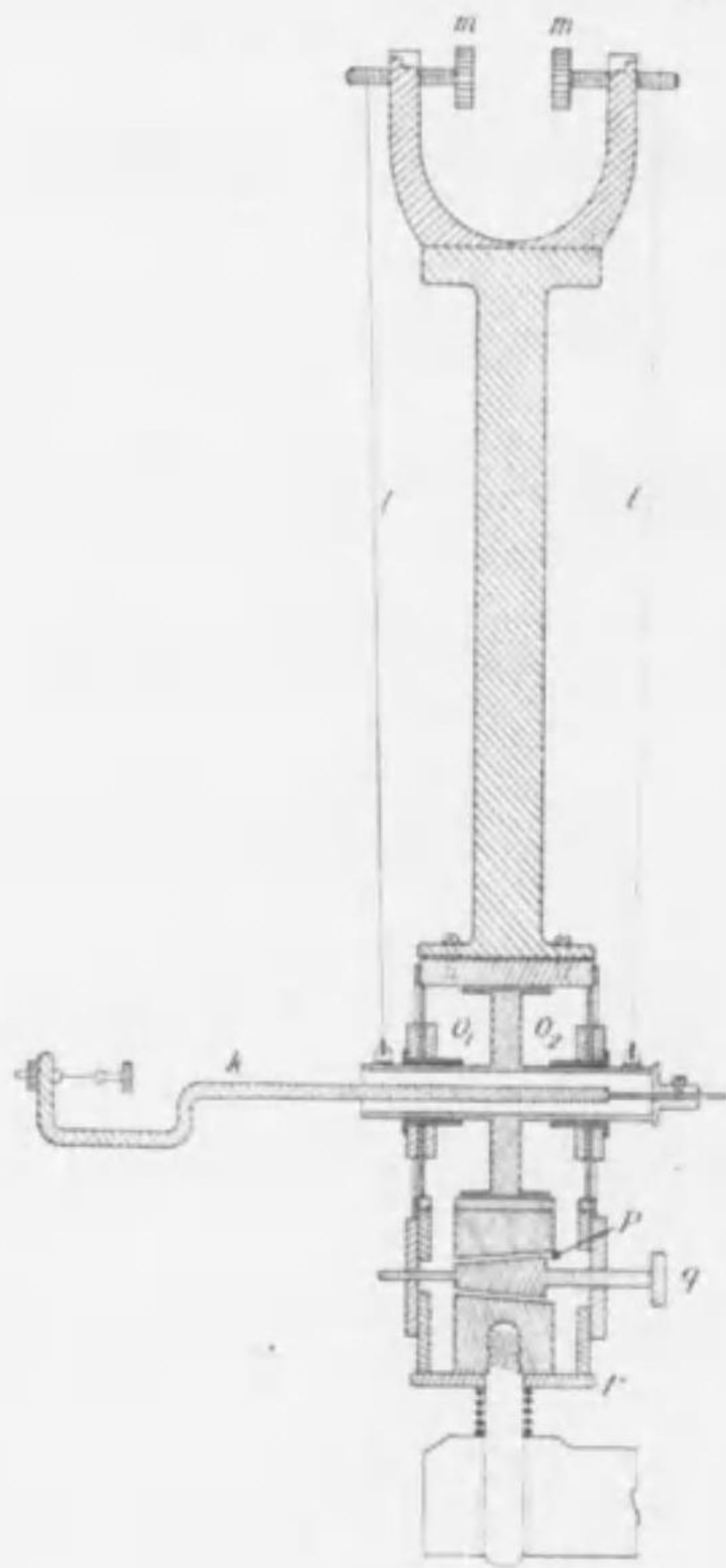
此のバネだけでは不安定である。 $f_1, f_2$ のバネの力が働いて初めて重錘は釣合を保ち自由に固有振動が出来るのであつて、 $f_1, f_2$ のバネは實に重要な働きをする。従つて板バネ $f$ を弱くするか、又は連結杆 $e$ と桿杆 $A$ との接続點 $g$ を板バネ $f$ から遠ざけると固有振動の週期は長くなる。

第 39 圖 (i)



桿杆 $A$ の一端はアルミニウムの軽い棒 $H$

(ii)



で描針と連結する。小さなスプリング $i$ は此の連結の棒を軽く兩方に押し付ける作用をする。ペンの先端には小さな白金線が取付けてあるから之を適當の角度に起して煙煙紙上に軽く觸れる様にする。第39圖(i)の $j$ は小さな錘で之を前後に移動してペン先にかかる壓力を加減する。

桿杆 $A$ の他の端は制振器に連結する。制振器は第39圖(ii)に示す様に氣密な金屬圓筒内を、4本の燐銅線 $l$ で吊られた圓筒が中心線の方に運動する時主として兩

者の間に働く空氣の粘性に依る抵抗を利用したものである。内側の圓筒は細いアルミニウム棒 $k$ で桿杆 $A$ と連結してゐる。 $m$ の螺子で線の長さを調節して内側の圓筒が外側の圓筒に觸れないで運動する様にする。此處で兩者が一寸でも接觸してゐると大きな摩擦が生じ著しく地震計の機能を害するから特に注意を要する。制振器の $O_1, O_2$ の二室は $P$ の小穴で連結してゐるから、 $q$ の螺子で此の穴を廣くすると制振作用は弱くなる。又 $r$ の板をまわして下部の穴を開き兩室を開放すると制振作用は殆どなくなる。

刻時装置の圖中 $S$ はコイルで電接時計からの電流が通じてゐる間は電磁石となり描針を僅に横にずらせて時刻を記す。

$t$ は時計仕掛、 $u$ は金屬製の記録圓筒である。時計仕掛用の錘を吊るには琴絲を使ふと便利である。圓筒の軸 $w$ には雄螺旋が切つてあり、其の一端 $x$ は棒に固定されてゐる。記録圓筒の中心には雌螺旋が切つてあり且つ棒 $y$ で時計仕掛と連結してゐるから、圓筒は廻轉し乍ら少しづつ横にずれる。記象紙は兩端を糊で貼り合せ、輪形にして記録圓筒にかけ、其の下部には小さな補助圓筒を渡し軽く緊張させて置く。

**据附及取扱上の注意** 上に述べた所と重複する點もあるが次に本地震計の据附法及び取扱に當つて特に注意を要する點を述べる。

(1)地震計棒の底部の二等邊の二邊が夫々南北及び東西に向く様にし、棒固定用のボルトの穴を穿つ位置を定める。一先づ棒を取除き、ボルト用の穴を其長さに應じて深く掘りボルトを

埋めセメントで固める。但しセメントで固めるのは地震計を据付け終つてからでもよい。又セメントが固まらぬ中にボルトを強く緊めてはいけない。

(2)地震計枠を三つの皿状の臺に載せ正しい位置に据付け、水準螺子で臺を水平にする。

(3)重錘支杆の上部を一人が支へ持ち枠の上部の切込みにはめ、同時に他の一人は支杆の下部の廻轉軸部を靜かに枠に固定する。此の際廻轉軸部のバネが振れない様に充分注意を要する。次に支杆の上部に「フレ止め器」をはめ枠に固定する。「フレ止め器」の4本の螺子で其の中央部に支杆を一先づ固定する。

(4)次に「フレ止め器」の4本の螺子を夫々半廻轉位づゝ戻して、支杆を東西南北のどちらに倒しても其の儘でゐて元に歸らなくなる様な工合に水準螺子で枠の水平を調節する。之が出来上ると其の中央部に支杆をしつかり固定する。

(5)支杆の上に重錘の一個を積み、枠の上には槓杆A、刻時装置、記録装置等を全部据附ける。槓杆Aの臺は三つの螺子で水平の調節が出来、又他の螺子で枠に固定される。臺の裏側には小さなスプリングが附着し枠と連結してゐる。之と槓杆の横裏側にある螺子とで臺を徐々に横に移動させることが出来る。

槓杆Aを其の自然の靜止の位置に止め螺子で固定して置く。

(6)支杆の上部と槓杆Aとを連結杆で連結する。此時2本の連結杆は夫々正確に南北及び東西に向く様にする。

(7)他の部分に打當てない様に注意して重錘を全部積み上げ、卷金(第35圖(B)参照)で締めて置く。

(8)槓杆Aを描針や制振器に連結する。之等の連結に當つてはすべて互に直角になる様に心掛ける。制振器の内側圓筒は外側圓筒の丁度中央に在る様に取り付ける。

(9)すつかり組立が終つたら槓杆Aの止め螺子を弛める。其の上で初めて「フレ止め器」の螺子を4本共夫々半廻轉位づゝ弛め、水準螺子で調節して、正しい位置で重錘が自由に振動する様にする。

(10)重錘を例へば初め東西にだけ動かしても南北動の方の描針も動き出す様なことがある。斯様な現象は此種の倒立振り式地震計で特に注意を要する點で、槓杆Aの臺の横裏側に附着した螺子で兩方の槓杆の臺を少しづゝ移動して調節し、此様な現象が起らない様にせねばならぬ。

(11)南北動と東西動の固有週期、倍率及び制振度等は夫々大體同一の値になる様にする。

(12)之で調子が良いれば制振器の内側圓筒の振動の可能な範圍内に重錘の振幅を「フレ止め器」で制限して置く。之を怠ると強い地震に際して器械の諸所を破損する虞がある。

之で据附を終つた譯であるが、尙使用に際しては次の諸點に注意され度い。

(1)重錘を積み直す場合などには必ず「フレ止め器」で重錘支杆を固定してからにする。

(2)固有週期を長くするには連結杆と槓杆Aとの接續點を槓杆Aの板バネより遠ざけること、若し之で間に合はなければバネを弱いのと取換へるか、又は鏝でバネの幅を狭くしてもよい。

(3)使用中記象紙が記録圓筒上で片方にづれて縁がまくれ上つたり、記録圓筒からはみ出して外れたりすることがある。其時は(i)紙の裁ち方又は貼り方が曲つてゐないか、(ii)記録圓筒が水平から傾いてゐないか、(iii)記録圓筒と補助圓筒とが平行であるかどうか等の諸點を調べ夫々適當に調整すればよい。(iii)の爲には補助圓筒の受けの棒を適當に前後に移動出来る様になつてゐる。

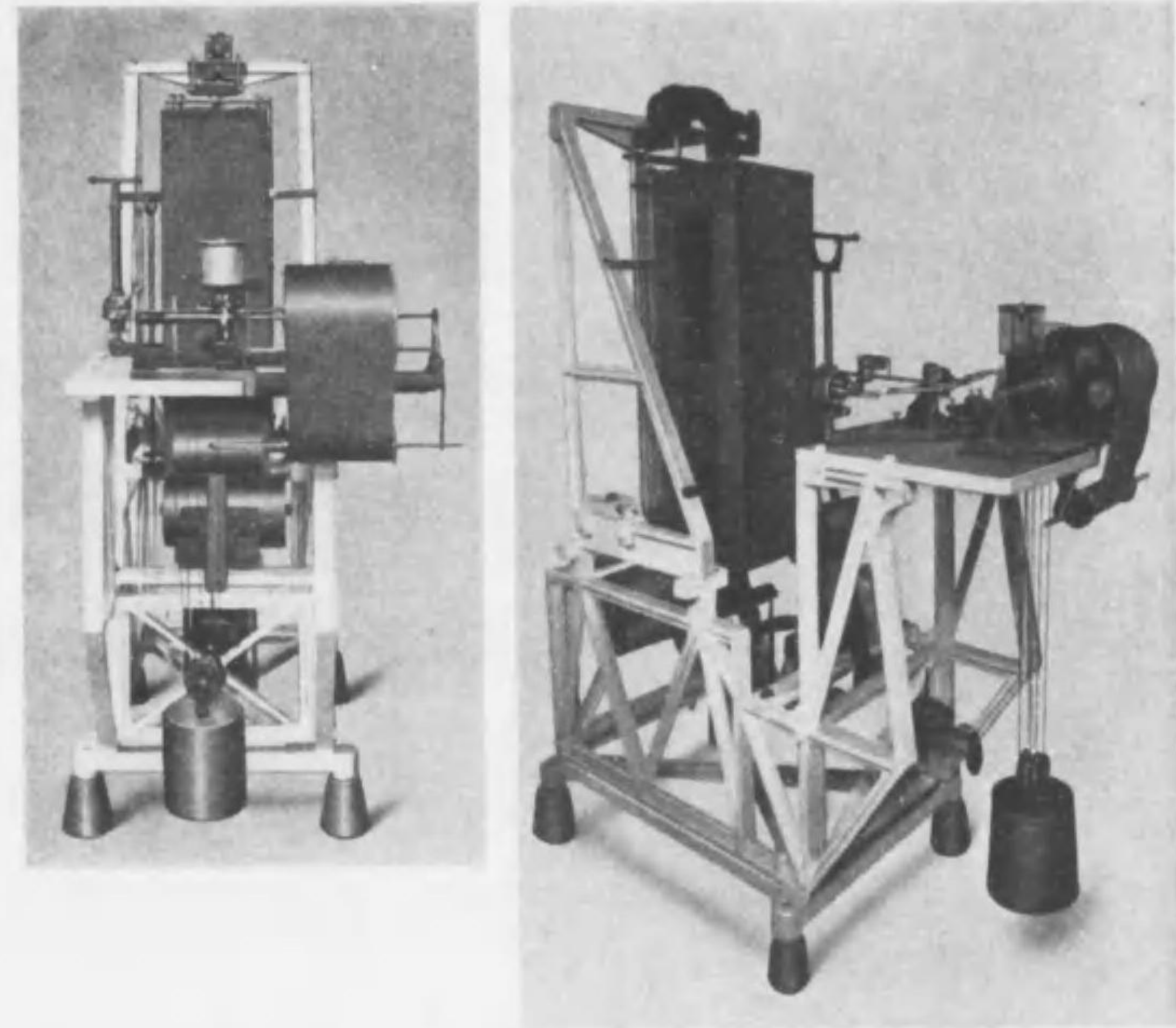
(4)時計仕掛用の錘は靜に巻き上げ、特に巻き終つて急に手をはなさないで、靜に齒止めのかゝつたのを見てから手をはなすこと。時として錘を吊つてゐる琴糸が切れることがあるから平素から常に錘の下方に足を置かない様に注意し、琴糸は半年位毎に取代へたがよい。

## 第12章 ウィーヘルト式 上下動地震計

ウィーヘルト式上下動地震計は重錘の質量は約80kg、倍率は80倍前後、固有週期は4~6秒、制振度は4~8として用ゐられる。近地々震の觀測に適し、稍遠い所に起つた地震の觀測にも可なり都合が良い。

第41圖でFは地震計枠、Mは重錘、Bは其の支杆である。BはスプリングSで吊られaを軸として振動出来る。Cは溫度補正装置、Dは制振器、Rは記録装置である。枠の底部の四隅を小さな臺上に載せ、此の臺を通じて枠を地震計臺にボルトで固定する。重錘支杆の一端は互に直角な二枚の板バネa二組で枠

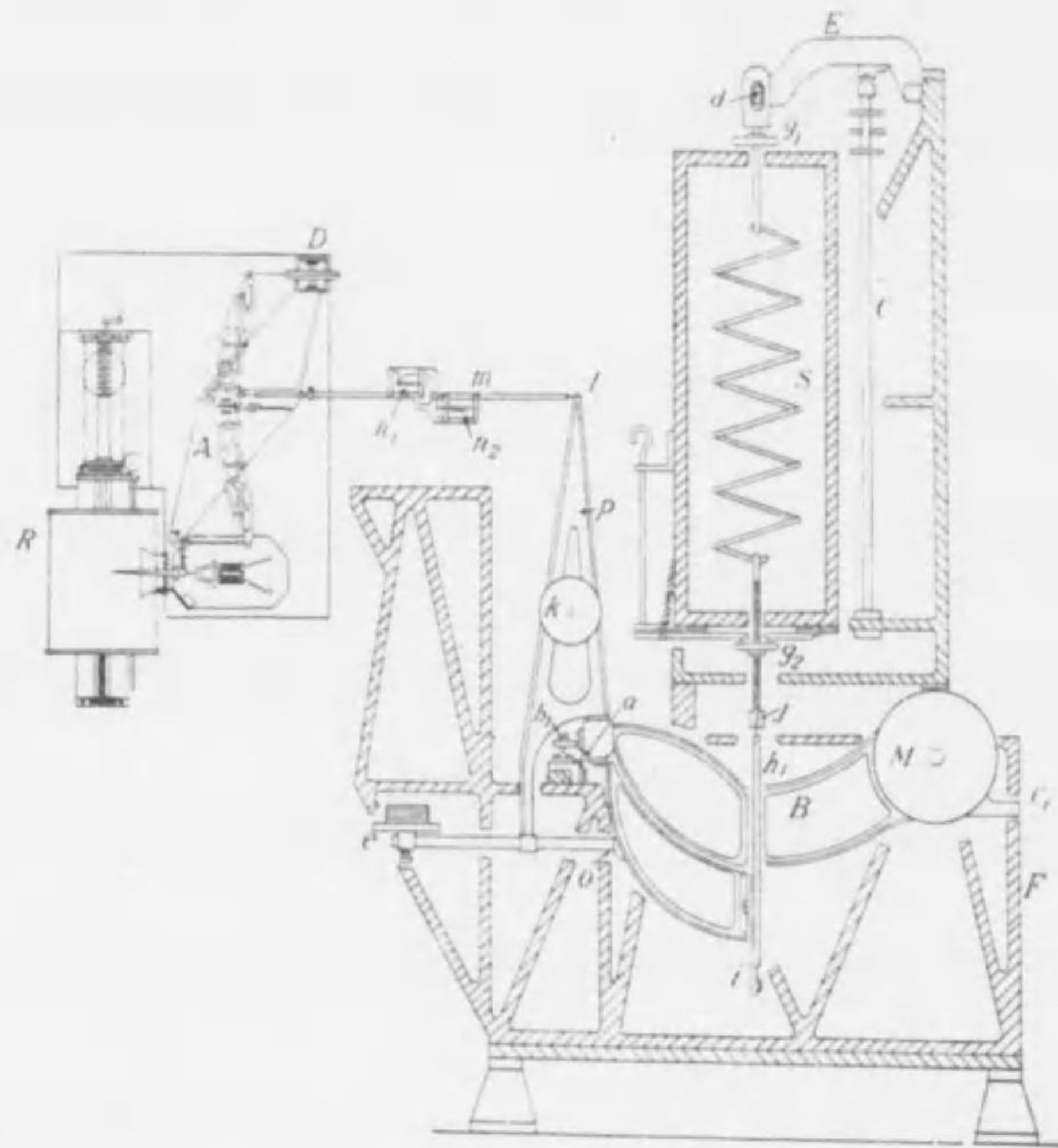
第 40 圖



と連結し之を軸として回轉出来る。但し板バネは張力に對しては強いが壓力や振る力に對しては弱いから、此様な力の働く處のある時は必ず支杆の先端に附着した螺子 $b_1, b_2$ を下して枠に支え、バネには直接力が働かない様にする。支杆の他端は枠の後部の穴 $C_1$ にはまり上下から二つの螺子で固定出来る。此の二つの螺子は又「フレ止め器」として用ゐられる。

枠から鉛直に溫度補正装置Cを立てる。槓杆Eは補正装置の上部の双に支えられ、一端は枠の上部にはまり、他端dには双を備へ其處からスプリングSを吊る。溫度が變化するとスプリングは長いから著しく伸縮する爲描針がフレて困る。此の

第41圖

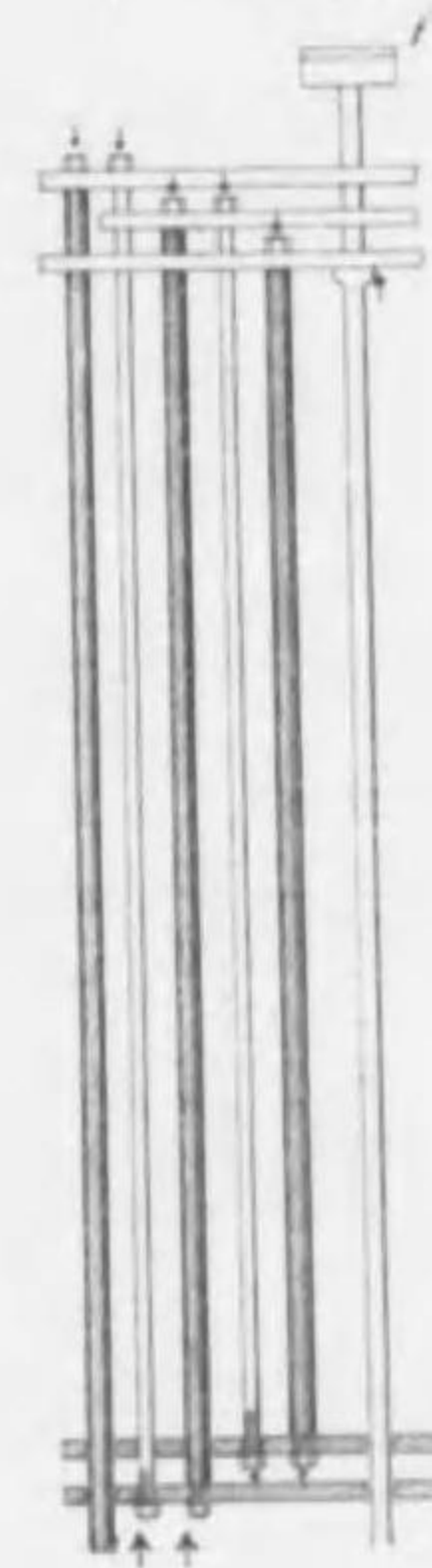


爲に温度補正装置でスプリングを吊つた點  $d$  を上下して其の補正の作用を働かせる。

第42圖は温度補正装置の構造を示す。縦の棒のうちで白色のものは鉄棒、黒色のものは亜鉛棒である。 $f$  は双となつてスプリングを吊る横杆を支える。横に渡した鉄板は矢印を附けた所だけで縦の鉄棒又は亜鉛棒に固定され、他の個所では固定されてなく縦の棒は鉄板を通して自由に動ける。亜鉛の線膨脹係数は鐵の約3倍である。亜鉛棒は左右3本づゝ、鐵棒は2本づゝあり、補正装置の左右兩端の亜鉛棒の下部は棒に載つて

ゐる。それ故に温度が上昇すると補正装置の上端  $f$  は1本の鐵棒の膨脹量の約7倍に相當する量だけ上方に伸びる。此の

第42圖



爲に温度が變化しスプリングが伸縮しても結局重錘は上下しないことになる。圖から判る通り鐵棒には張力、亜鉛棒には壓力が働いてゐる。亜鉛棒は曲げる力に對しては弱いから補正装置は正しく鉛直になる様に据付けの際充分注意を要する。

スプリングは木製の箱の中に入れられ、其の上下兩端は眞直な棒で雄螺旋が切れ、之に  $g_1, g_2$  の鐵板がはまつてゐる。之は重錘を吊つてゐない時にスプリングが甚しく縮むのを防ぐ装置である。地震計使用中には此の鐵板が兩方共スプリングの箱に觸れては

いけない。

温度變化を出来るだけ小さくする爲に上記のスプリングの箱及び温度補正装置を更に二重張りの木箱で包む。スプリングの下端の螺旋棒には  $h_1$  が連結して  $i$  點で重錘支杆を懸垂し、 $j$  の螺子を廻すと支杆が吊上げられる。 $k$  の小さな重錘は支杆の廻轉軸の眞上に位置し、振動部分の重心が廻轉軸と同一水平面上にある様に爲し、且つ重錘  $M$  が例へば上方に動けば夫を尙も上方に動かさうとする作用をする。即ち重錘の釣合の安定度を小さくし様とする働をするもので、地震計の週期を長くするのに役立つ。 $e$  の小皿には薄く極めて軽い鐵板又は小さ

な分銅を數個載せて置き必要に応じて夫を加減して重錘の釣合の位置を調節する。 $l$  點を  $m$  の連結杆でアルミニウム製の槓杆  $A$  に連結する。 $m$  の連結杆は  $n_1, n_2$  の小さなスプリングの仕掛で重錘が極めて急に運動すると  $n_1, n_2$  のどちらかが開いて一種の緩衝の役目をし、描針装置等の破損するのを防ぐ。槓杆  $A$  の構造や作用は全く水平動地震計の場合と同様で、固有週期を長くするには連結杆と槓杆  $A$  との接續點を槓杆  $A$  のバネから遠ざける。又場合に依つてはバネを弱くしてもよい。記録装置、制振装置等も總て水平動の場合と同様である。

#### 据附及取扱上の注意

- (1) 本地震計を据附けるには地震計室内に於て特に温度變化の少い場所を選ぶ。
- (2) 地震計枠の底邊の四隅の載る切頭圓錐形の臺の位置にボルトの長さに応じて深い穴を穿ち、之にボルトを埋めセメントで固め、臺を置き其上に枠を水平に載せる。ボルトを締めるのはセメントが充分固まつてからにした方がよい。
- (3) 重錘支杆を据へる。其の一方の端は枠の後部の穴にはめ、其の中央部にある様にし他の端からは補助螺子  $b_1, b_2$  を出して枠と接觸させる。 $b_1, b_2$  の螺子で加減して少しも無理が生じない様に注意して廻轉軸になるバネ  $a$  を取附ける。次に枠の後部の「フレ止め器」で支杆の尾部をしつかり固定して置く。
- (4) 支杆に横の鐵棒を挿入し圓板狀の重錘をはめ、兩側を螺子で固く締める。

- (5) 枠の上部を組立て温度補正装置を立てる。此の時補正装置は正確に鉛直に向く様に充分注意する。補正装置の上端の双で槓杆を支へ槓杆の一方の双は枠の双受けに當て、他方の双からはスプリングを吊る。スプリングの木箱を鐵帶で枠に固定する。
- (6) 支杆の前部に  $P$  の杆を立て  $h$  の小さな重錘をはめる。 $e$  の皿狀の器を挿入し其の上に調節用の薄圓板數葉を載せて置く。
- (7)  $h$  の連結杆でスプリングの下端と支杆とを連結し、 $j$  の螺子を廻してスプリングの力が働く様にする。其の上で「フレ止め器」の下方の螺子を半廻り程弛め、且つ補助螺子  $b_1, b_2$  を上げて力はバネにかゝる様にする。靜かに  $j$  の螺子を廻して支杆を吊上げる。此の際手で支杆を支へて其れが振られない様に氣を付ける。次第に吊り上げると支杆の後部は軽くなり指先で極めて軽く上下出来る様になる。こゝで水平動の場合と同様に支杆の尾部を上下の止め螺子の何れの側に置いても其の儘で元に歸らない様な工合に調節し、其の中央の位置に固定する。
- (8) 枠の前部に槓杆  $A$ 、記録装置、制振装置等を全部据附ける。槓杆  $A$  は其の自然の釣合の位置に固定して置く。此の際制振器の内側の圓筒が丁度外側の圓筒の中央部にある様にする。
- (9) 槓杆  $A$  と  $l$  點とを連結杆  $m$  で結ぶ。
- (10) 槓杆  $A$  の止め螺子を弛め、其の上で支杆の尾部の固定螺子



を弛めて重錘を軽く振動させて見る。どちらかに片よる様であつたらeの皿の分銅を加減する。但し此の皿には分銅を餘り多く載せてはいけない。多く載せる必要がある時には分銅に依らないでjの螺子を廻して重錘の釣合の位置を調節する。

- (11)固有週期及び制振度を適当な値に調整する。
- (12)制振器の振動可能の範囲内に「フレ止め器」で振動の振幅を制限して置く。
- (13)全部出来上つたらスプリングや温度補正装置を二重張りの木箱で包む。

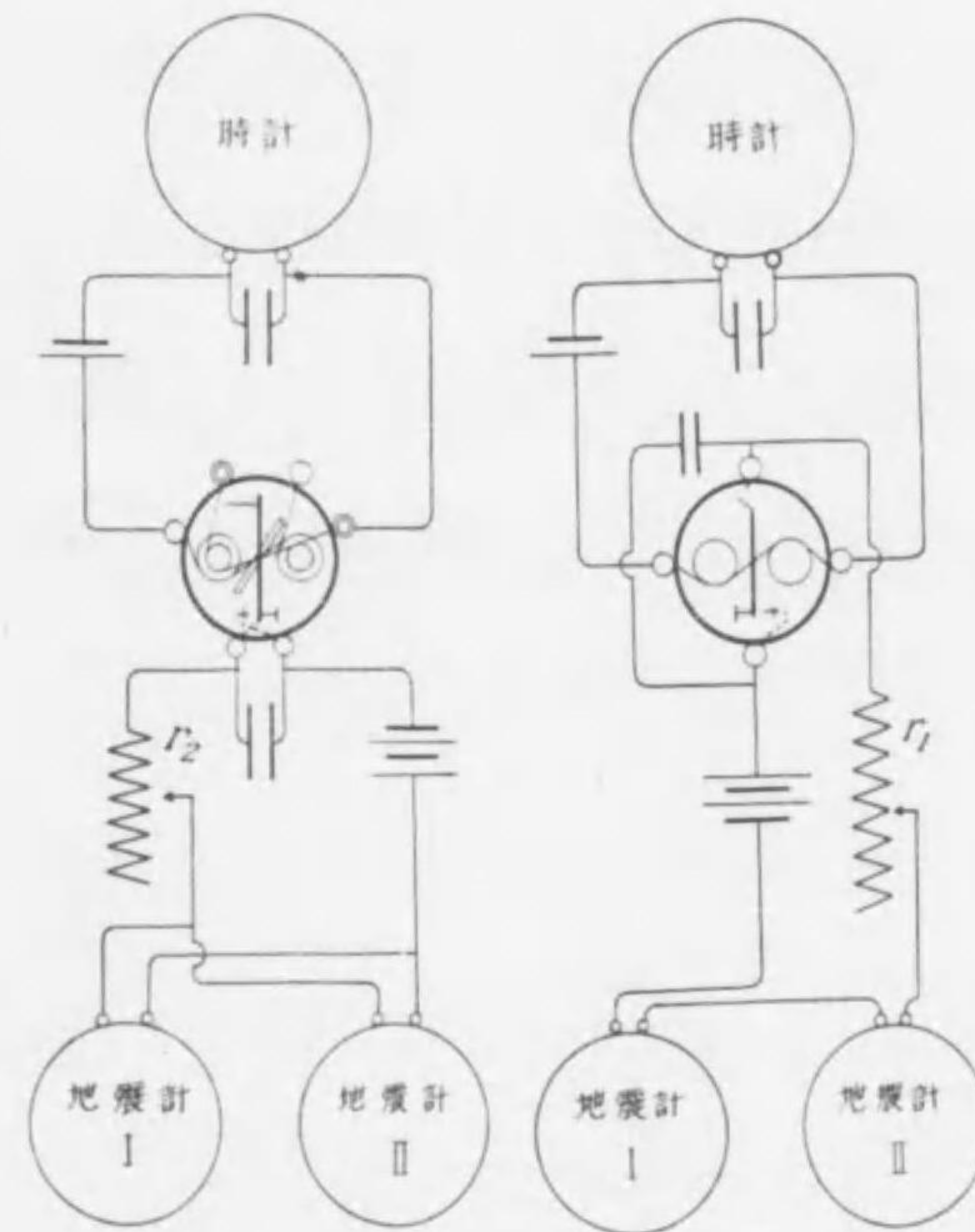
### 第13章 電接時計及無線報時

**電接時計** 毎時及び毎分に電接する装置を有する電接時計に依り地震計の記象紙上に時刻を記録させる。電接時計には振子を使用したものと振子を使用しないマリンクロノメーターの如きものとがある。前者の中特にルロア製電磁式時計は進み遅れの調節も簡単で至つて便利である。但し此の種類の時計では地震動で止つたり故障を起したりして其の後の時刻測定が不能に陥る虞がある。従つて平素振子時計を使用する所では必ず電接装置を有するマリンクロノメーターを併置し何時でも直ちに電路を之に切換へられる様にして置く。時計は温度の變化が小さく湿度も小さい場所に置く。クロノメーターは丈夫な格納箱に入れて置く。平素クロノメーターを使用する時はクランプを外して置く。クロノメーターを捲くに

は靜かに示時面を下方に旋轉し、鍵の廻轉數を數へ乍ら捲き、最後の廻轉では一層注意して捲き止め迄靜かに捲く。捲き終つたら又靜かに旋轉して原の位置に直して置く。従つて鍵は幾回捲けばよいか豫め知つて置く必要がある。2日捲のものでは毎日一定の時刻に捲き、8日捲のものでは毎7日毎に捲く。但し補正值の日々の變化の甚しいものでは2日おき位に捲く。

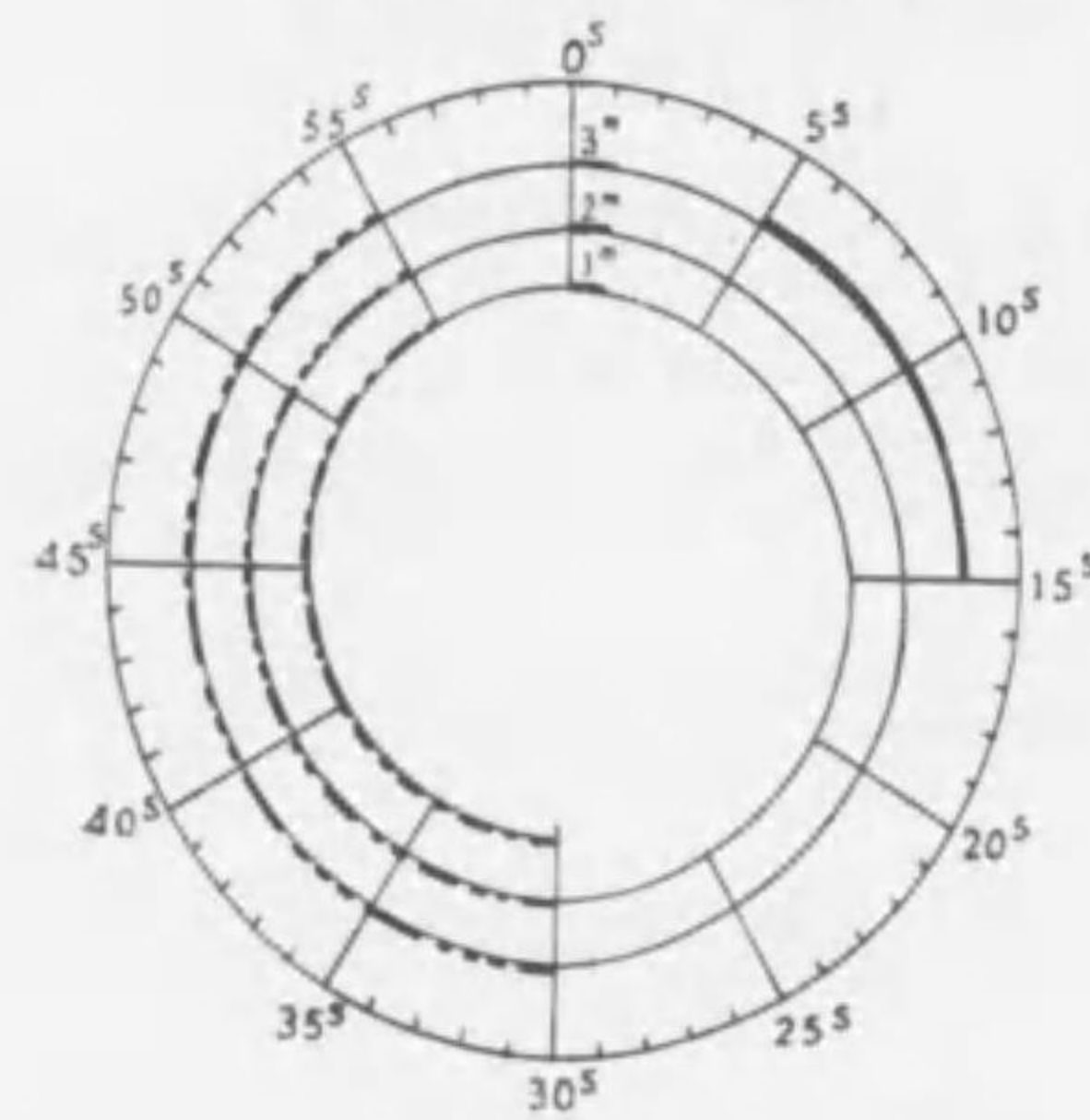
總て時計内に強い電流を通すのは避ける可き事であるから、地震計の刻時装置と連結する際には必ず中間に500オーム位の低抗を有するリレー(繼電器)を入れ、時計には直接強い電流が

第 43 圖

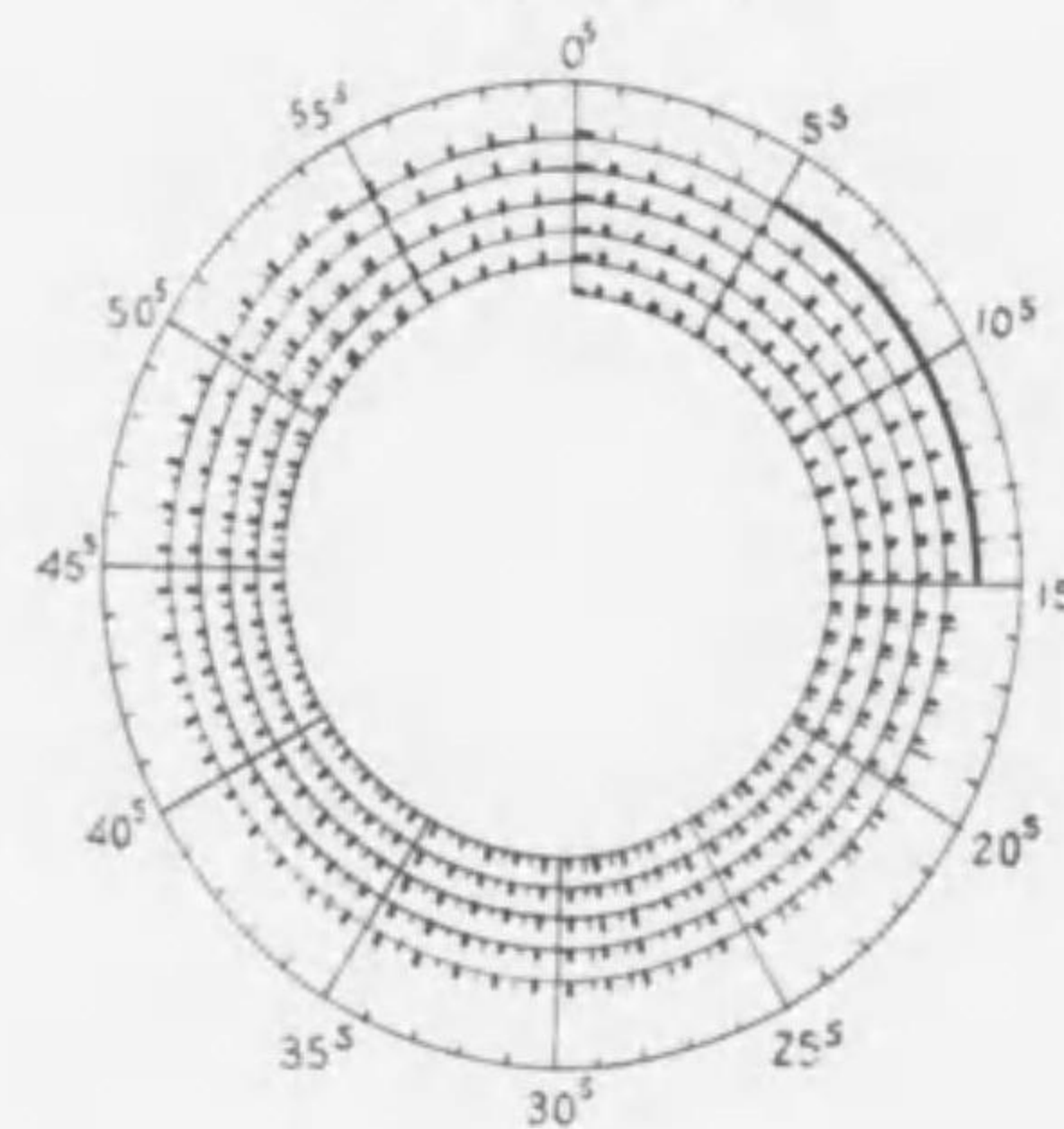


流れない様にする。又5~10マイクロファラド位のコンデンサー(蓄電器)を並列に入れて時計内の電接點で火花の飛ぶのを防ぐ。但しルロア式時計では時計内に抵抗の甚だ大きなコイルを電接電路と並列に入れてあるから、之にはコンデンサーを入れる必要はない。總て電池は廻路の連結に誤りなきを確めた

第44圖(A)普通報時



(B) 學用報時



た後入れるのが良い。第43圖に電接時計からリレーを経て地震計に至る電路を模式的に示す。 $r_1, r_2$ は可變抵抗で刻時装置のコイルに通ずる電流の強さを調節するに用ゐられる。

**無線報時** 無線報時には普通報時と學用報時の二種類があり、共に毎日11時と21時の2回、東京天文臺から船橋無線電信局(JJC, 波長7700米)及び銚子無線電信局(JCS, 波長600米)を経て時刻を報知してゐる。之を受信して電接時計の補正值を求めて置く。普通報時では第44圖

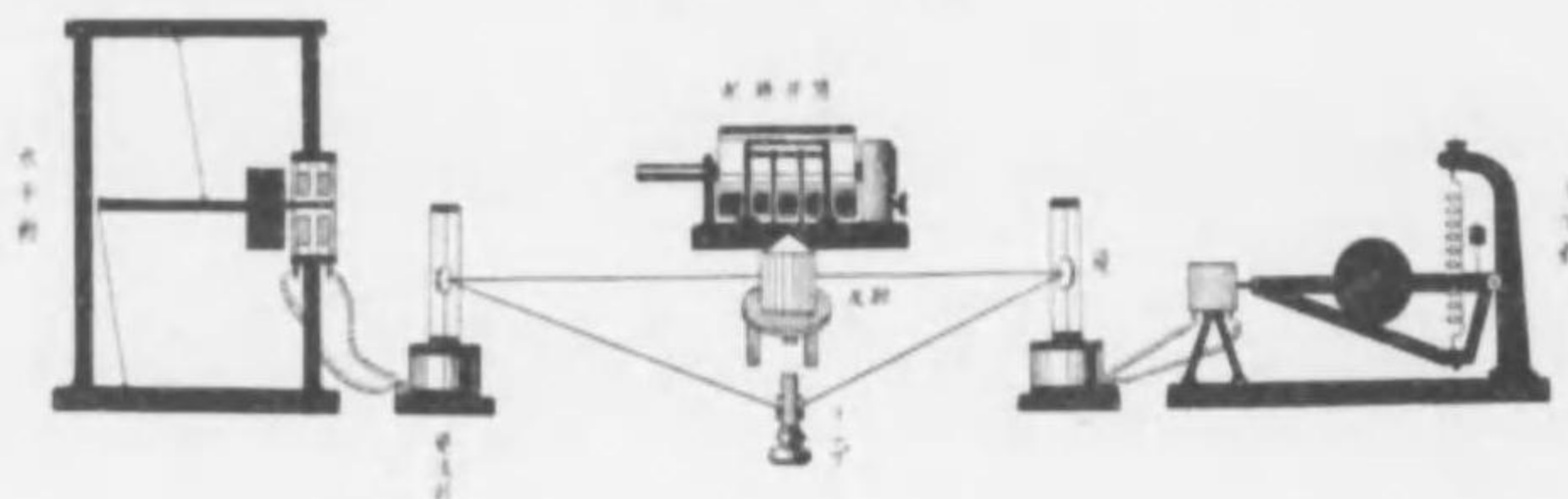
(A)に示す様に長符號の始まりが $1^m0^s, 2^m0^s$ 及び $3^m0^s$ を示す。之に依つて10分の1秒迄目測で正確に讀取るのは困難であるから次に述べる學用報時に依るのがよい。學用報時は普通報時に先だつて發せられ、第44圖(B)に示す様に1分間に61回の信號を出す。従つて時計の秒の音は信號の音より1秒間に $\frac{1}{61}$ づゝだけ遅れる譯である。而して信號の第1, 第62, 第123, 第184, 第245及び第306番目のは何れも稍長く、其の始まりは丁度何分零秒と云ふ時刻に當る。従つて無線信號と時計の秒を打つ音とを聞いて居て、例へば時計の秒針が時計面で $11^s$ と $12^s$ の間にある時に長符號が聞え、時計面の $37^s$ の所で信號と秒を打つ音とが丁度一致したとする。さうすると正しい時刻で丁度何分零秒と云ふ時刻は時計面では $11^s + \frac{37-11}{61} = 11.43$ となる。クロノメーターでは毎秒2回音を出すから之を利用すると更に精確にする事が出来る。尙毎日の報時にも僅かの誤差があり、之は官報に掲載されるが地震觀測に對しては考慮に入れる程ではない。

## 第14章 参考器械

**ガリッチン式地震計** 此の地震計は第45圖に示す如く重錘支杆にコイルを附著せしめ、之が地震動の際棒に固定した永久磁石の磁場内で運動するやうになつてゐる。よつて地震動に際して重錘の地面に對する相對運動の速度に比例する強さの感應電流がコイルの中に生ずることになる。此の電流を暗室内の電流計に導く。電流計には鏡が附着して居り、電流の強弱に従つて廻轉し、其の廻轉は或る光源から出て居る光線の方向

を變へさせ、寫眞感光紙を巻きつけたドラムの上に、地震記象を記録する。

第 45 圖



此の地震計には上下動も水平動もある。特に水平動の吊り方は他の地震計と異り、ツェルナー吊りを用ゐてゐる。之は水平振子の支杆の二點を二本の鋼鐵線を以て上下より吊したものである。此の地震計は遠地地震を記録させるのに適當である。

**加速度地震計** 地震動を人體に感じ、或は建築物等に災害を生ずるのは、地震動の加速度による。地震動の加速度は通常地震計の記象からも算出出来るが又直接之を記録せしめるやうに工夫された特別な地震計もある。

普通に使用される加速度地震計は通常地震計と同様振子型のものであつて、たゞ兩者の異なる所は其の振子が加速度地震計では非常に短い固有週期を持つてゐる點である。このやうに固有週期が非常に短いと普通の地震計の場合とは違つて重錘の振動の振幅は地震動の加速度に比例する。

加速度地震計に對して主として地震動の變位を直接記録するのを目的とする通常地震計を變位地震計速度を記録する

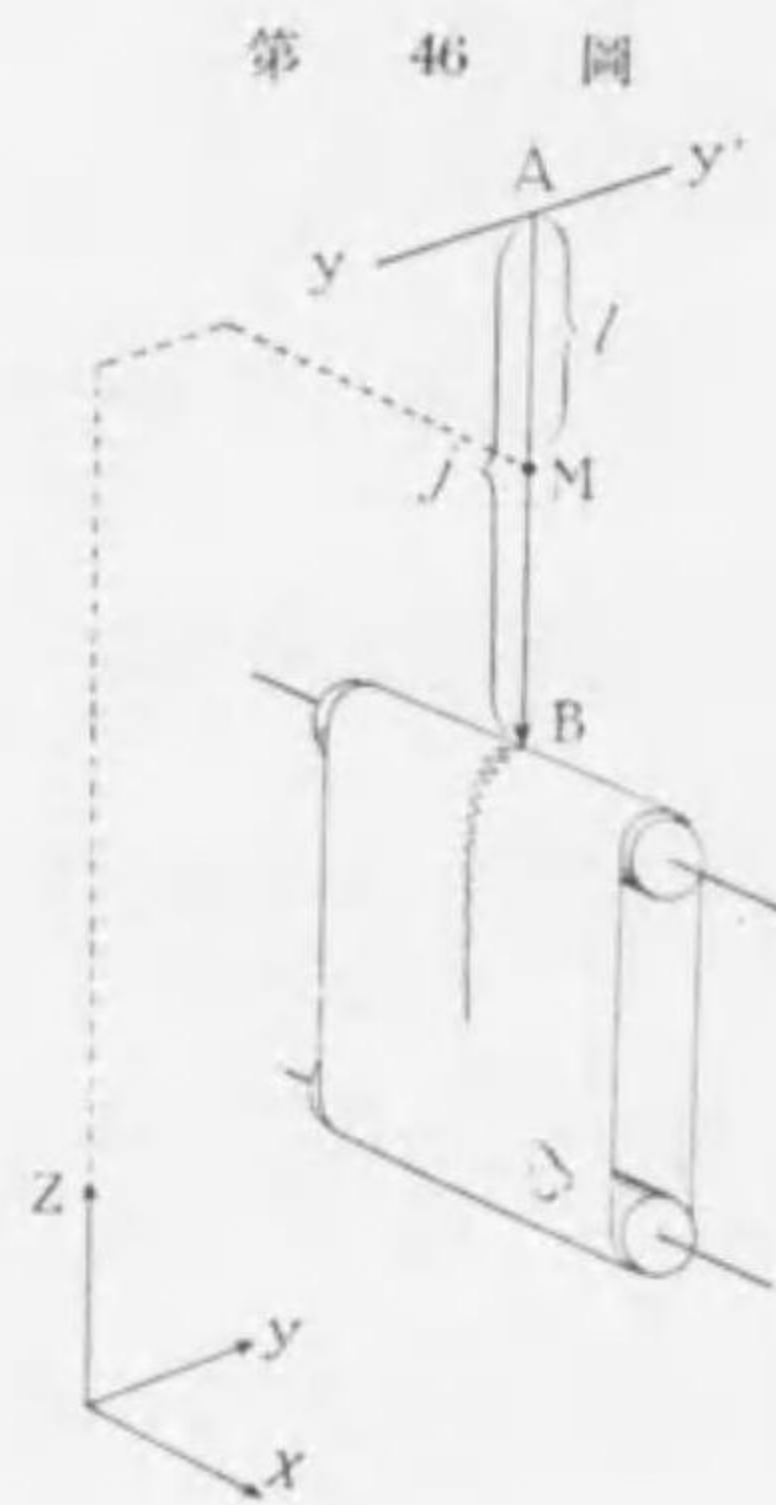
ものを速度地震計などといふこともある。

**マインカ式水平動地震計** 水平振子の理を用ゐたもので重錘の質量は450 kg、空氣制振器を用ゐ、固有週期は10~20秒、倍率は100位でかなり遠距離の地點に起つた地震の記録に特に都合がよい。

### 前 編 附 録

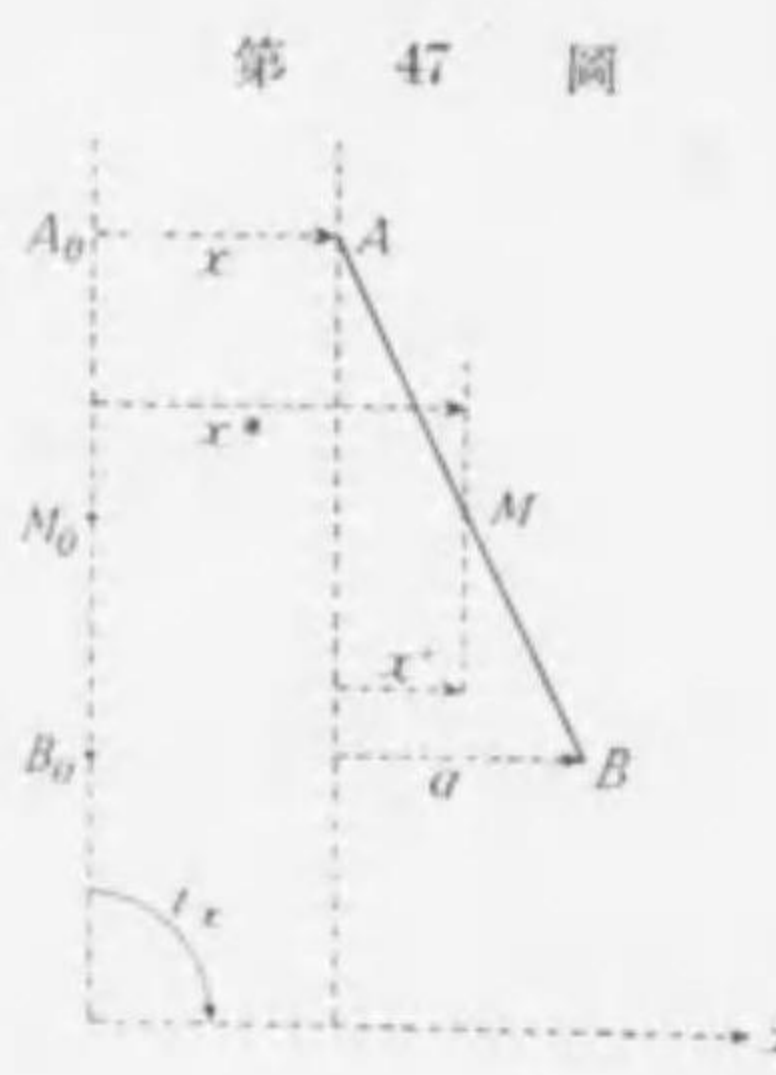
### 地震計の理論

#### 1. 地震計としての単振り子 地震計の最も簡単な一例として



第 46 圖

水平軸  $yy'$  を軸として振動する単振り子  $AM$  を考へ、重錘  $M$  から 描針  $MB$  を出して其の運動を紙上に記録せせるとする。一般に地震動の成分のうちで廻轉運動は並進運動に比べて極めて小さいから無視してよい。又此の振子は其の構造から上下方向及び  $yy'$  に平行な水平方向には振動出来ないから結局之は地震動の水平成分のうちで  $yy'$  に垂直な方向の成分を記録する地震計として用ゐられる。



第 47 圖

$AM=l$  を振子の長さ、 $AB=j$  を描針の長さと呼ぶ。此の場合には重錘の運動の變位は記象紙上に  $V = \frac{j}{l}$  倍に擴大して記録される。  $V$  は倍率と呼ばれるものである。

静止状態で振子は  $A_0M_0B_0$  の位置に在つたのが地震動に依り  $A_0$  は  $x$  だけ變位して  $A$  點に移り振子は  $AMB$

の位置に來たとする。振子の臺に対する重錘の變位を  $x'$ 、空間に固定した座標軸に対する重錘の變位を  $x^*$  とすると

$$x^* = x + x' \dots \dots \dots (1)$$

である。變位は總て  $l$  に比して甚だ小さいとすると

$$M \frac{d^2 x^*}{dt^2} = -Mg \frac{x'}{l} \dots \dots \dots (2)$$

但し  $g$  は重力の加速度である。(1)を(2)に代入し、且つ描針の先端  $B$  のフレを  $a$  とすると

$$\frac{x'}{a} = \frac{l}{j} \dots \dots \dots (3)$$

である事に注意し、(2)は

$$\frac{d^2 a}{dt^2} = -\frac{g}{l} a - \frac{j}{l} \frac{d^2 x}{dt^2} \dots \dots \dots (4)$$

となる。地震動が無い時の振子の自由振動は單弦運動で其の固有週期  $T_0$  は  $T_0 = 2\pi\sqrt{l/g}$  で與へられる。従つて(4)は又

$$\frac{d^2 a}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 a - V \frac{d^2 x}{dt^2} \dots \dots \dots (5)$$

とも表はされる。之は地震動に依る土地の變位と單振り子の描針の先端のフレ  $a$  との關係を示す重要な方程式である。

2. 實體振り子 振子が或る擴がりを持つ質量  $M$  の物體である時、即ち所謂實體振り子である場合を考へる。水平な廻轉軸から振子の重心迄の距離を  $H$ 、廻轉軸に対する慣性能率を  $K$ 、振子の任意の微小部分の質量を  $d\mu$ 、夫から廻轉軸迄の距離を  $r$ 、振子のフレの角を  $\theta$  とすると、 $\sin\theta \doteq \theta$  と看做せる程  $\theta$  が小さい場合には

$$K \frac{d^2\theta}{dt^2} = -MHg\theta, \text{ 但し } K = \int r^2 d\mu \dots\dots\dots(6)$$

で表はされる。固有週期  $T_0$  は  $T_0 = 2\pi\sqrt{K/MHg}$  で、 $l = K/MH$  で與へられる長さ  $l$  の單振子の固有週期と同一である。

振子の運動を論ずるに方つて質量配布が問題になるのは慣性抵抗に就てである。實際の振子を取扱ふ代りに形や大きさは實際の振子と同一で、其の描針の先端にだけ  $m$  なる質量があつて他の部分には質量は無く、而も實際の振子と全く同一の慣性抵抗を呈する假想的な振子を考へてよい。斯様な  $m$  を振子の質量の描針當量と呼ぶ。

單振子では廻轉能率に就て

$$jm \frac{d^2 a}{dt^2} = lM \frac{d^2 x'}{dt^2}$$

であるから

$$m = M \left( \frac{x'}{a} \right)^2 = M \left( \frac{l}{j} \right)^2 = \frac{M}{V^2} \dots\dots\dots(7)$$

實體振子では其の微小部分の質量  $d\mu$  に應ずる描針當量を  $dm$  とすると

$$jdm \frac{d^2 a}{dt^2} = r d\mu \frac{d^2 x'}{dt^2}$$

但し  $x'$  は  $d\mu$  の地震計臺に對する變位である。之から

$$dm = d\mu \left( \frac{x'}{a} \right)^2$$

従つて

$$m = \int \left( \frac{x'}{a} \right)^2 d\mu \dots\dots\dots(8)$$

となる。

3. 制振作用 地震計では振子が固有振動をすると地震動に因る強制振動と之に依つて生じた固有振動とが混合するから、其の記象から地震動を驗測するのは容易でない。此の爲に振子の固有振動を減殺する必要がある。之には振子の運動の速度に比例する大いさで、其の運動を妨げる制振作用と、速度には無關係に一定の力で常に運動を妨げる摩擦との二種類の作用が考へられる。次に示す様に制振作用は固有振動を減殺する目的に最も適當であるが摩擦は振動が強い時には抵抗力として充分でなく、振動が弱い時は全く之が現れない様にしてしまふから地震計としては最も忌むべきものである。

振子に働く制振作用を描針の先端に引直して考へ、其處に  $-\varphi \frac{da}{dt}$  なる抵抗力が働くとする。  $\varphi$  は制振作用の強さを表はす常數である。

此の場合は振子の固有振動の方程式は

$$\frac{d^2 a}{dt^2} = - \left( \frac{2\pi}{T_0} \right)^2 a - \frac{\varphi}{m} \frac{da}{dt} \dots\dots\dots(9)$$

となる、  $\frac{\varphi}{m} = \frac{2}{\tau} = 2\varepsilon$ ,  $\frac{2\pi}{T_0} = n$  と置くと(9)は

$$\frac{d^2 a}{dt^2} + 2\varepsilon \frac{da}{dt} + n^2 a = 0 \dots\dots\dots(10)$$

となり、其の一般解は

$$a = A_1 e^{-\alpha_1 t} + A_2 e^{-\alpha_2 t}, \alpha_1 = \varepsilon + \sqrt{\varepsilon^2 - n^2}, \alpha_2 = \varepsilon - \sqrt{\varepsilon^2 - n^2} \dots\dots(11)$$

で表はされる。但し  $A_1, A_2$  は積分常數である。特に

$n > \varepsilon$  なる時は(11)は又

$$a = Ae^{-t/\tau} \sin \frac{2\pi}{T'}(t + \delta), \quad T' = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{T_0}{2\pi\tau}\right)^2}} \dots\dots (12)$$

なる形で表はされる。此處に  $A, \delta$  は積分常數である。(12)は時と共に振幅が次第に減少して行く所謂減衰振動である。静止線から振動の次々の山及び谷の頂點迄の距離を順に  $a_1, a_2, a_3$  とすると

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{a_2}{a_3} = \frac{a_3}{a_4} = \dots\dots = e^{-\frac{T'}{\tau}} = v \dots\dots (13)$$

で斯様な常數  $v$  を制振度と呼ぶ。  $v$  の種々の値に對する  $T_0/T'$  の値を次表に示す。制振作用が強くなると振子の減衰振動の週期  $T'$  は長くなる。

$v$	1	2	3	4	6	8	15
$T_0/T'$	1	0.90	0.86	0.83	0.80	0.78	0.73

$n < \varepsilon$  又は  $n = \varepsilon$  の時には振子の振動のフレの角を  $\theta, t=0$  迄は振子は静止してゐて  $t=0$  に於ける  $d\theta/dt$  の値を  $\theta'_0$  で表はすと  $\theta$  は夫々

$$\theta = \frac{\theta'_0}{\alpha_1 - \alpha_2} (e^{-\alpha_2 t} - e^{-\alpha_1 t}) \quad (n < \varepsilon)$$

$$\theta = \theta'_0 t e^{-nt} \quad (n = \varepsilon) \dots\dots (14)$$

及び

第 48 圖



で振子は第48圖に示す様に一方にフレてから次第に原位置に歸り振動はしない。斯様な場合を無週期的と云ふ事もある。

4. 地震動に依る制振振子の運動 制振作用が働いてゐる振子の地震動に依る運動の方程式は

$$\frac{d^2 a}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 a - \frac{2}{\tau} \frac{da}{dt} - V \frac{d^2 x}{dt^2} \dots\dots (15)$$

で與へられる。假に今地震動が週期  $T$  なる單弦運動で

$$x = S_x \sin 2\pi \frac{t}{T} + C_x \cos 2\pi \frac{t}{T} = \sqrt{S_x^2 + C_x^2} \sin 2\pi \frac{t + \delta}{T} \dots\dots (16)$$

$$\tan 2\pi \frac{\delta}{T} = \frac{C_x}{S_x} \dots\dots S_x, C_x \text{ は常數,}$$

で表はされる場合を考へる。制振作用が働いてゐるから振動し始めてから相當の時間を経過した後には固有振動は殆ど無くなり地震動に依る強制振動だけを考へればよい。従つて(15)の解として

$$a = S_a \sin 2\pi \frac{t}{T} \dots\dots (17)$$

と置くと(15)及び(16)から

$$S_x = \frac{S_a}{V} \left[ \left(\frac{T}{T_0}\right)^2 - 1 \right], \quad C_x = 2 \frac{S_a}{V} \frac{T_0}{2\pi\tau} \frac{T}{T_0} \dots\dots (18)$$

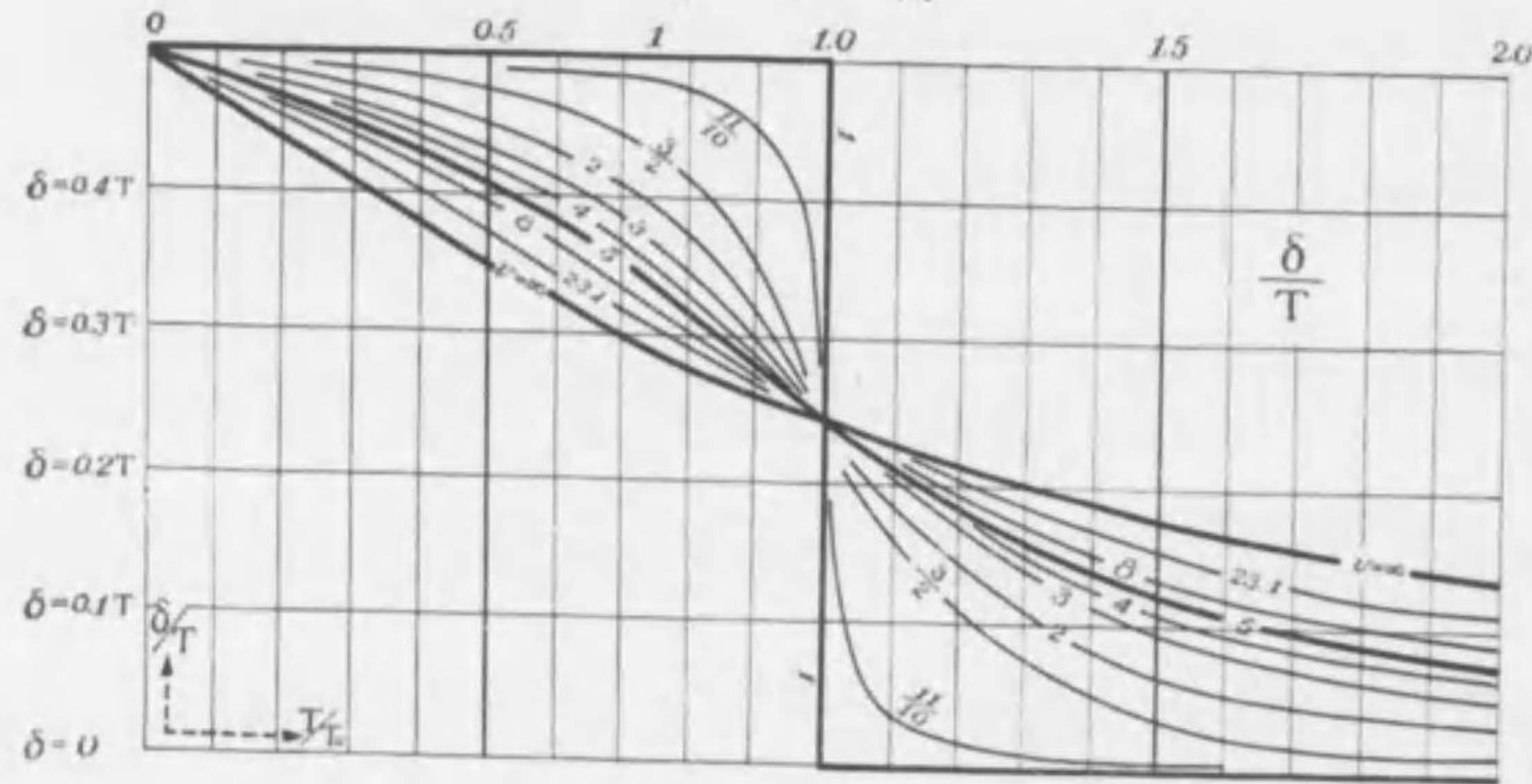
$$\cot 2\pi \frac{\delta}{T} = \frac{1}{2} \frac{2\pi\tau}{T_0} \left( \frac{T}{T_0} - \frac{T_0}{T} \right) \dots\dots (19)$$

と求められる。描針の先端の振幅  $S_a$  と地震動の振幅との比を  $\mathfrak{B}$  とすると

$$\mathfrak{B} = \frac{S_a}{\sqrt{S_x^2 + C_x^2}} = \frac{V}{\sqrt{\left[ \left(\frac{T}{T_0}\right)^2 - 1 \right]^2 + 4 \left(\frac{T_0}{2\pi\tau}\right)^2 \left(\frac{T}{T_0}\right)^2}} \dots\dots (20)$$

で  $\mathfrak{B}$  は振動倍率と呼ばれる。即ち地震動の振幅は記象紙上に  $V$  倍に擴大されるのではなく、其の際の擴大率  $\mathfrak{B}$  は地震動の週期と振子の固有週期との比  $T/T_0$ 、及び制振度  $v$  に依つて著しく變化する。  $T/T_0$  及び  $v$  の種々の値に對する  $\mathfrak{B}/V$  の値は第5章

第 49 圖



に示してある。之から \$T\_0\$ が \$T\$ に比べて相當に大きい時は \$\mathfrak{B} \propto V\$ なる事が判る。斯様な場合には地震動の變位は記象紙上に直接 \$V\$ 倍に擴大して記録される譯で變位を測定するを目的とする變位地震計に於て固有週期を出来るだけ長くし度い理由は此處に在る。\$T\_0\$ が \$T\$ に比べて左程大きくなるとも制振度 \$\nu\$ を \$4 \sim 8\$ 位にして置くと、\$T=0\$ から \$T=2T\_0\$ 位の範圍では \$\mathfrak{B}\$ は餘り大きな變化をしないから變位地震計として使用するのに都合がよい。之に反して \$T\_0\$ が \$T\$ に比べて非常に小さい時は \$\mathfrak{B}/V \propto (T\_0/T)^2\$ で \$\mathfrak{B}/V\$ は非常に小さくなる。しかし \$\frac{4\pi^2}{T^2} \sqrt{S\_x^2 + C\_x^2}\$ は地震動の加速度であるから \$\mathfrak{B}/V\$ は地震動の加速度に比例する事となり従つて此の場合は記象紙上の振幅は地震動の加速度に比例する。加速度地震計には此の理を用ゐたものが多い。

(16)式から振子の運動は地震動より \$\delta\$ 丈け遅れて起る事が判る。第49圖に \$T/T\_0\$ 及び \$\nu\$ と \$\delta/T\$ との關係を示す。地震動が略單弦運動であると看做される場合には(19)と(20)に與へられた \$\mathfrak{B}\$

と \$\delta\$ で近似的に倍率の變化や位相の遅れの補正を行ふことが出来る。併し地震動が突然大きく始まつてゐる場合等には此の補正法は行はれない。一般に地震計の運動方程式(15)を

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{1}{V} \left[ \frac{d^2a}{dt^2} + \left( \frac{2\pi}{T_0} \right)^2 a + \frac{2}{\tau} \frac{da}{dt} \right] \dots\dots\dots (21)$$

の形に表はし、\$t=t\_0\$ に於ける \$x\$ や \$a\$ 等の値は脚符 0 を付けて表はす事にし、(21)を 2度積分すると任意の時刻 \$t\$ に於ける土地の變位 \$x\$ は

$$x = x_0 + \frac{1}{V} \left[ a_0 + (t-t_0) \left\{ V \left( \frac{dx}{dt} \right)_0 + \left( \frac{da}{dt} \right)_0 + \frac{2}{\tau} a_0 \right\} \right. \\ \left. - \frac{1}{V} \left[ a + \left( \frac{2\pi}{T_0} \right)^2 \int_{t_0}^t dt \int_{t_0}^t a dt + \frac{2}{\tau} \int_{t_0}^t a dt \right] \right] \dots\dots\dots (22)$$

で表はされる。此の式に依り土地が任意の運動をする際にも地震計の記象から地震動を驗測出来る。特に \$t=t\_0\$ 迄は土地も振子も全く靜止してゐて、\$t=t\_0\$ に急に土地が動き出したとすると(22)式の右邊の一行目の項は總て零となる。第二行目の項の積分は機械的に遂行すればよい。但し此の方法は理論的ではあるが、計算に可なりの手數を要し、日常の驗測の用に供し難い。

5. 摩擦 振子の各部分や指針の先端と記象紙との間に働く摩擦力は振子の運動の速度には無關係で略一定の力で常に振子の運動を妨げ様とする。總ての摩擦力を指針の先端に於ける力に引き直した値を \$R\$ とすると、振子の運動の方程式は

$$\frac{d^2a}{dt^2} = -\left( \frac{2\pi}{T_0} \right)^2 a - \frac{2}{\tau} \frac{da}{dt} - \frac{R}{m} - V \frac{d^2x}{dt^2} \dots\dots\dots (23)$$

となる。地震動も無く振子も靜止してゐる場合には

$$\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 |a| \leq \frac{R}{m} \dots\dots\dots(24)$$

此の式で與へられる  $|a|$  の最大値を  $r$  とする。描針のフレ  $a$  が中心線から  $\pm r$  の範囲内にある時は描針の先端を中心線に歸さうとする力よりも摩擦力が大きく、描針の先端は記象紙上の其の範囲内の任意の位置に止まり得る。斯様な  $r$  を最大摩擦値と呼ぶ。(7)式に依り  $m=M/V^2$  であるから

$$r = \frac{R}{m} \left(\frac{T_0}{2\pi}\right)^2 = V^2 \frac{R}{M} \frac{T_0^2}{4\pi^2} \dots\dots\dots(25)$$

或は

$$R = \frac{r}{T_0^2} \frac{4\pi^2 M}{V^2} \dots\dots\dots(26)$$

地震計の  $M$  や  $V$  が一定ならば  $R$  は  $r/T_0^2$  に比例する。従つて摩擦力の程度を表はす常數として一般に  $r/T_0^2$  を用ひ之を摩擦係數と云ふ。

地震計の設計に方り  $r$  や  $R$  が與へられると(26)に依り希望の  $T_0$  や  $V$  を得る爲に必要な  $M$  の大いさが大體求められる。假に  $r=0.2\text{mm}$ ,  $R=1$  ダインとして  $T_0$  や  $V$  の種々の値に對して必要な  $M$  の値を下表に掲げる。之に依つて倍率や週期を増すには重錘の質量を非常に大きくしなければならぬ事が判る。  $r$  を用ひて振子の固有振動の方程式は

$$\frac{d^2(a \pm r)}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 (a \pm r) - \frac{2}{\tau} \frac{d(a \pm r)}{dt} \dots\dots\dots(27)$$

$T_0 \text{ sec}$	10	100
	$\frac{\text{kg}}{0.12}$	$\frac{\text{kg}}{12.5}$
1	0.12	12.5
5	3.1	310
10	12.5	1250
20	50	5000

と表はされる。但し  $\pm$  の複號は摩擦が常に運動を妨げる向きに働く事を考慮に入れたものである。

(27)は振動に際して  $da/dt$  の正負に従ひ

見掛け上、中心線が交互に  $r$  だけ運動とは逆の向きにづれる事を意味する。従つて制振作用が働かない場合には中心線から固有振動の次々の山及び谷迄の距離を  $a_0, a_1, a_2, \dots\dots$  とすると

$$a_1 = a_0 - 2r, a_2 = a_1 - 2r = a_0 - 4r, a_3 = a_2 - 2r = a_0 - 6r \dots\dots(28)$$

である。今  $l_1 = a_0 + a_1, l_2 = a_1 + a_2, l_3 = a_2 + a_3, \dots\dots\dots(29)$  とおき  $n$  を正の整數とすると一般に

$$r = \frac{1}{2n} (a_0 - a_n) = \frac{1}{4n} (l_0 - l_n) \dots\dots\dots(30)$$

を得る。

制振作用と摩擦とが同時に働いてゐる時には摩擦の影響として中心線が見掛上交互に  $r$  だけづれる事を考に入れて

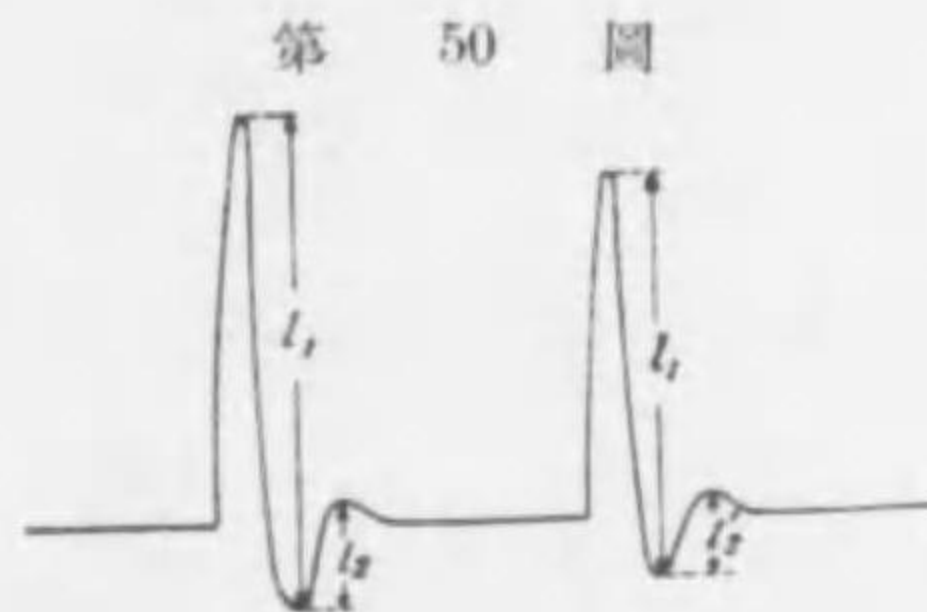
$$v = \frac{a_0 - r}{a_1 + r} = \frac{a_1 - r}{a_2 + r} = \frac{a_2 - r}{a_3 + r} = \dots\dots\dots(31)$$

又は

$$v = \frac{l_1 - 2r}{l_2 + 2r} = \frac{l_2 - 2r}{l_3 + 2r} = \dots\dots\dots(32)$$

と書ける。(32)から

$$r = \frac{1}{2} \frac{l_2^2 - l_1 l_3}{l_1 - l_3} \dots\dots\dots(33)$$



第 50 圖

と求められる。制振度を測定するに方り、振子を一度振動させて  $l_1, l_2$  を求め、更に之とは違ふ振幅で振動させて  $l_1', l_2'$  を求めたとすると

$$v = \frac{l_1 - 2r}{l_2 + 2r} = \frac{l_1' - 2r}{l_2' + 2r}$$



である。之から

$$v = \frac{l_1 - l_1'}{l_2 - l_2'} \dots \dots \dots (34)$$

として  $v$  を求めてもよい。

6. 水平動地震計及上下動地震計 上には地震計の一例として水平軸の廻りに振動する懸垂振子に就て述べた。併し斯様な振子では固有週期を餘り長くする事が出来ない爲に變位地震計として用ゐられる事は殆ど無い。實際には水平動地震計には容易に固有週期を長くする事の出来る水平振子又は倒立振子を用ゐ、上下動地震計には特別な構造の振子を用ゐる。

水平振子は其の廻轉軸が鉛直と小さな角  $i$  をなす一種の實體振子で、振子は略水平面内に振動するから此の名稱がある。前節と同様に振子の質量を  $M$ 、重心と廻轉軸との距離を  $H$ 、廻轉軸に対する慣性能率を  $K$ 、振子のフレの角を  $\theta$  とする(以下同様)。振子が  $\theta$  だけフレた時にそれを元に戻さうとする力の能率は  $Mg\theta H \sin i$  であるから振子の固有振動の方程式は

$$K \frac{d^2\theta}{dt^2} + Mg\theta H \sin i = 0 \dots \dots \dots (35)$$

となる。  $l = \frac{K}{MH}$  と置くと其の固有週期は

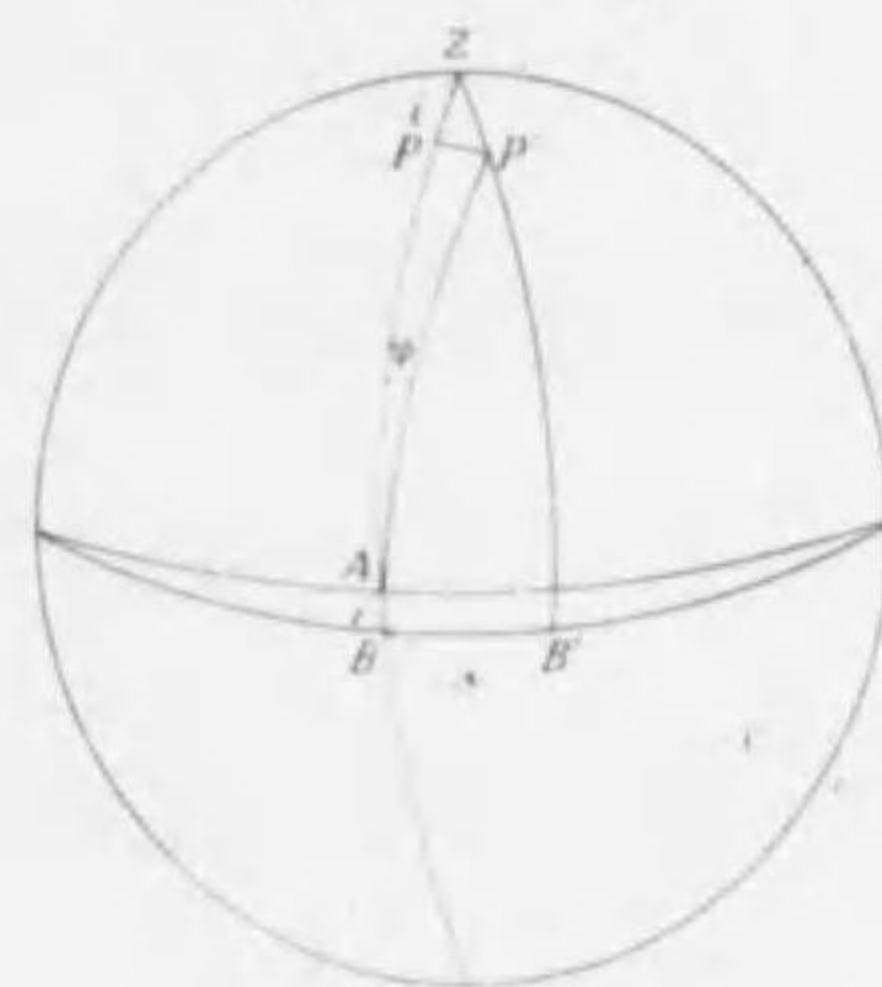
$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g \sin i}} \dots \dots \dots (36)$$

で、廻轉軸の鉛直からの傾角  $i$  を小さくすると固有週期を非常に長くする事が出来る。

直角座標  $x, y, z$  で水平振子の重心から廻轉軸に下した垂線の足を座標の原点とし、 $z$  軸を鉛直に上方に向けて取り、静止の状態では振子の廻轉軸を含み重心を通る鉛直面を  $yz$  面とする。

振子は  $x$  軸方向の水平地動に應じて振動すると共に、 $y$  軸の廻りの廻轉に依つて生ずる地盤の傾斜に對して著しく敏感である。

第 51 圖



第51圖は座標軸の原点を中心とする単位球面を表はすとし、 $z$  は鉛直軸、 $A$  は  $y$  軸、 $P$  は廻轉軸、 $B$  は重心の方向で  $\widehat{ZP} = \widehat{AB} = i$  とする。地盤が  $y$  軸の廻りに非常に小さな角  $\psi$  だけ傾いた爲に  $P$  は  $P'$  に、 $B$  は  $B'$  に移り、振子は角  $\alpha$  だけフレたとする。フレが總て小

さいとすると球面三角形  $PAP'$  及び  $PZP'$  から夫々  $\widehat{PP'} = \psi \cos i \doteq \psi$ ,  $\widehat{PP'} = \beta \sin i \doteq \beta i$ , 但し角  $PZP'$  を  $\beta$  とする。又  $\widehat{ZB} \doteq \widehat{ZB'}$  としてよいから  $\alpha = \beta \sin(90^\circ + i) \doteq \beta$ , 従つて

$$\alpha = \frac{\psi}{i} \dots \dots \dots (37)$$

即ち  $i$  を非常に小さくして置くと地盤の微小な傾斜  $\psi$  に對して振子のフレ  $\alpha$  を可なり大きくする事が出来る。故に水平振子は又傾斜計として地盤の傾斜の測定にも用ゐられる。

倒立振子は謂はゞ振子を倒立させたもので夫自身では不安定であるが、第1圖(ii)に示した様に、弱いスプリングの力で支へて僅かに釣合を保たせたものである。倒立振子が少し傾くと重力は振子を更に傾ける向きに働くが、スプリングは振子を原位置に戻す様に働く。 $A$  をスプリングの強さに關する或る常數、 $F$  をスプリングの力の作用線と廻轉軸との距離とし、振子の

フレの角を  $\theta$  とするとスプリングの作用する力の能率は  $AF^2\theta$  で表はされる。従つて倒立振子の固有振動の方程式は

$$K \frac{d^2\theta}{dt^2} + (AF^2 - MHg)\theta = 0, \text{ 但し } (AF^2 - MHg) > 0 \dots (38)$$

となり固有週期  $T_0$  は

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{K}{AF^2 - MHg}} \dots (39)$$

で與へられる。  $K$  や  $MHg$  が一定ならばスプリングを弱めるなり、着力點の位置を變へるなりして  $AF^2$  を小さくすると固有週期は長くなる。

**上下動地震計** 重錘をスプリングで吊るとスプリングの弾性に依る伸縮で重錘は上下に振動するから、之を上下動地震計として用ひてもよい。併し斯様な装置では固有週期を餘り長くする事が出来ないので特別の工夫をし、重錘は重錘支杆の先端を廻轉軸とし、此處と振子の重心とを結ぶ線より  $b$  だけ下方の點でスプリングで吊り上げ、振子が水平の位置で釣合ふ様にする。静止状態でのスプリングの長さを  $L_0$ 、其の下端で上方に働く力を  $P_0$  とし、 $\beta$  をスプリングの弾性に関する常數、廻轉軸からスプリング迄の距離を  $a$  とすると固有振動の方程式は

$$K \frac{d^2\theta}{dt^2} + \left\{ \beta a^2 - P_0 b \left( 1 - \frac{b}{L_0} \right) \right\} \theta = 0 \dots (40)$$

で固有週期  $T_0$  は

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{K}{\beta a^2 - P_0 b \left( 1 - \frac{b}{L_0} \right)}} \dots (41)$$

で與へられる。  $T_0$  は  $b$  に関しては  $b = \frac{L_0}{2}$  の時は極大となるが、 $b$

を餘り大きくすると實際上は不安定になり易い。

倒立振子式地震計や上下動地震計で倍率  $V$  を求める爲に第2圖に示した様な位置に質量  $p$  なる小さい分銅を載せた時の事を考へる。  $p$  を載せた爲に生じた振子のフレの角を  $\theta$ 、描針先端のフレを  $a$  とすると

$$K \left( \frac{2\pi}{T_0} \right)^2 \theta = pgh \dots (42)$$

然るに  $a = j\theta$ 、 $l = \frac{K}{MH}$  であるから(42)は

$$\frac{l}{j} MH a \left( \frac{2\pi}{T_0} \right)^2 = pgh$$

となる。しかして  $V = \frac{j}{l}$  であるから

$$V = \frac{4\pi^2 a MH}{pgh T_0^2} \dots (43)$$

を得る。

扱水平振子、倒立振子或は上下動地震計の何れにしても其の固有振動の方程式(35),(38),(40)は總て單振子の方程式(4)に於て右邊の第二項を零と置いたものと全く同様の形を示してゐる。従つて夫々適當の置換を行ふと制振作用、摩擦及び地震動と單振子の運動との關係等に就て既に論じた事柄は總て此等水平振子、倒立振子及び上下動地震計にも同様に行はれる譯である。

## 地震觀測法後編

### 第1章 大地震勃發に對する 處置

本章に述べる所は激しい地震動を感じた場合に地震觀測者の即刻採るべき處置の要である。勿論異常事の起り方は千差萬別であるから、觀測者が常に此處に記された通りを實行すればよいと云ふ譯でなく、其の場合に應じて臨機處置をとる事を要する。唯總べての場合を通じて狼狽せず迅速に事を處するのが肝要である。

此處に云ふ激しい地震動とは、震度 VI (烈震)の地動を觀測者が感じた場合は勿論、震度 V (強震)或は IV (中震)程度の場合にても、其の地震動或は續發する餘震の状態より推察して、相當に大規模の地震が何處かに發現し、震央附近に於ては或は可成の被害をも生ずべしと思はれるが如き場合を含む。特に遠洋の海底に生じた巨大なる地震による地震動は陸上の觀測者に其の震度が假令 III (弱震)程度の緩慢なものであつても、場合によつては沿岸地方には所により大なる津浪を襲來させる怖れがある爲、本章は之等の場合をも含むものである。

#### 1. 地 鳴

地震動が大なる時は地鳴を伴ふのが普通であるが觀測者が地鳴を聞いた場合はこの地鳴が地動を感ずるより前に聞えた

か、同時に聞え始めたか、或ひは地動を感じた後に聞え始めたかを注意し、尙ほそれに其の音色をゴ-、ザ-、ボン或は風聲、砲聲の如しとかと附記する。大地震の際は異常音響のある場合もあるからそれに留意して觀測せねばならない。之等の音響の起時及び傳播し來る方向等が察知出來た場合はそれも併記する。

#### 2. 發光現象

地震動が激しいとき或は大なる時は特殊發光現象を伴ふ事があると云はれてゐるから、この様な地動を感じた時は直ちに發光現象觀測に對する注意をなすべきである。晝間は恐らく發光があつても之を認め難いであらうが夜半は勿論早朝薄暮に於ても發光現象の有無を十分に確めねばならない。即ち觀測者は激しい地動を感じた瞬間直ちに窓等より戶外を眺め、若し何等か異常の發光現象を認めた時は、其の出現時刻(地動前、中、後或ひは發震後何秒位等と記す)、出現の方向、發光の繼續時間、出現の仕方、光の様子、明るさ、色彩等を充分觀察し置き、後刻暇あるとき直ちにスケッチを畫きおく。但しこの際留意すべきは、この光が送電線等より生ずるスパークの類でない事を確める事で、スパークの場合は其の色彩が特有のものであり、且出現の仕方がパツパツと地震動の消長につれて明滅することによつて或程度迄判別される。

#### 3. 震動の觀察

發光現象や地鳴に留意する一方、地震動に注意せねばならない。體感に於ける震動の模様、戸内の物體、垂下物、液體の動搖、溢出、轉倒、廻轉の有様、戶外の煙突、屋根瓦、樹木の動搖、倒壊の模様等



を出来るだけ詳細に觀察し置く。此の際地震動開始後よりの経過及び振動方向等は重要である。

#### 4. 震度

前節の體感及び觀察の結果直ちに震度は定まるものである。但し烈震の場合は震度の最上級であり、烈震の範囲にも強弱が存する故場合によりては烈震の中の強き方とか弱き方とか便宜上註釋を附記して置く事も實際上有意義なものである。震度はあくまでも動搖の強弱を主として定め、振動時間の長短によつて判定を左右されない様に注意すべきである。

#### 5. 火災

烈しい地震動の爲には火災を生ずることが多い。先づ自己の觀測所に火災の起らざる様或は類焼を避ける様に努力することは勿論であるが、觀測所が安全であるときは機を見て附近に火災を生じたるや否やを觀望する。從來の例によれば、地震火災の火の手は地震動後豫想外に早く上るものであるから注意を要する。

#### 6. 附近の被害

地震動による觀測所或はその附近の所々に於ける窓ガラスの破壊、壁の龜裂、屋根瓦の脱落、家屋の傾斜倒壊等の被害の大勢を直ちに看取する。廣範圍に亙る被害調査は後にすることとし、差しあたり其の地震動の強弱を知る爲の標準とする程度に於て上記の事柄を觀察するを要する。

#### 7. 津浪に対する警戒

海岸にある觀測所は勿論、海岸地方を所轄管内に持つ觀測所

に於ては、地震動により大規模の地震の發生した事を察知した場合には、直ちに津浪の怖れあるや否やを考慮せねばならない。而して豫め津浪に対する警戒方法を定めておき、その怖れありと考へられる場合には迅速に其れに対する手配をする必要がある。この際に最も問題となるのは、ある地震動を感じた時、地震記象を見てこの地震が果して津浪を伴ふべきか否かを速かに判定することである。之は甚だ重要な事であるが、又困難な事である。現在の所では津浪の程度迄は勿論判断することは出来ないが、併し其の有無の大體の推定は可能な場合もある。津浪の有無及び其の程度の推測に關しては別項附録1、津浪を警戒すべき地震の特性に就て、及び附録2、津浪の襲來の仕方に記載する所を参照され度い。

#### 8. 地震計及び其の附屬装置・其他觀測器械の點檢

振幅大なる地動のため倍率大なる地震計の描針は逸出し、又激動のため地震計或は時計、電接装置等に故障を生じ易きものなる故、觀測者は地動中或は地動後速かに之を點檢し、簡単に調整出来る場合には之をなして、出来るだけ多くの完全なる觀測を得られる様に努力すべきである。之等の事は地震計及び其の附屬装置に對するのみでなく、他の氣象觀測器械等に對しても勿論同様な處置が必要である。

#### 9. 地變其他に就いて

斷層、山崩れ、山津浪、地割れ、噴泥噴水等に就いては後に改めて詳しく實地踏査をなすべきものであるが、觀測所の極めて附近に起つた現象の場合其の起り方等は重要なものであるから、之

等を観測する機会を逸しない様に心懸けるべきである。

10. 報告

大地震に際して、それぞれの場合に応じて上述の如き處置すべき多くの事柄があるが、その間に於て迅速なる報告を適当にしなければならない。中央氣象臺宛に最も迅速に電報で報告する。この電文中に必要な發震時、初期微動時間、初動方向等は地震記象紙を地震計より外さず、コンパス等を用ひて目測にて讀取る事が多くの場合便利である。但しこの際記象紙を汚損しない様に注意する。然して重要な場合には、地震動被害、地變等に対する概略が分明するに従ひ其の都度更に官報電報を以つて打電するを要する。中央氣象臺に対するのみならずかゝる際報告すべき様に前以つて定められた所には適當なる報告を迅速になすべきは勿論である。

附録1 津浪を伴ふ地震の特性

從來の地震観測結果を綜合して考へるに、大なる津浪を起すべき地震は下記の如き傾向を有する事が知られる。この事實を辨へ實際の地震観測に經驗を積む時は、ある地震動のあつた場合津浪襲來の怖れあるや否やに就いてある程度の豫測が可能となる場合もある。

1. 異常に大規模の地震であること

古來津浪を生じた地震を見るに、相當大規模のものばかりであつた事は云ふ迄もないが、所謂大津浪として沿岸諸地の家屋を流失せしめる程の被害を與へる津浪を起す地震は、其の規模異常に大なるものである。この地震がもし陸地内に震央を有

大地震發對する参考表

最大半振幅 (mm) 及び震度 (ローマ數字)	震央距離 (km)									
	100	200	300	400	500	600	800	1000		
	13 (50) (V)	25 (25) (W)	36 (17) (III)	47 (10) (II)	58 (8) (II)	69 (6) (I)	90 (3.5) (0)	110 (2.5) (0)		
	6 (III)	3.5 (II)	2.5 (I)	1.7 (I)	1.3 (I)	1.0 (0)	0.7 (0)	0.5 (0)		
	40 (V)	25 (IV)	18 (III)	6 (II)	4 (I)	3 (I)	2 (0)	1.5 (0)		
	13 (W-III)	7 (III-II)	3 (II)	1.2 (I)	1.0 (I)	0.7 (0)	0.5 (0)	0.4 (0)		
	(300) (VI)	(80) (VI-V)	(50) (V-IV)	(30) (IV)	(23) (III)	(16) (III-II)	(9) (I)	(5) (I-0)		

最大半振幅は震東大震の場合と同程度或はそれ以上と思はれる。

[注意] 括弧内の數字は信用度低きものを示す。此處に掲げられた最大半振幅は平均値として得た大體の値であるから、實際では其の土地毎の地盤の強弱其の他によつて數倍又は數分の一程度の差違を生ずる場合もある。最大半振幅とは地震記象に現はれた最大半振幅 (倍率にて除したるもの) 中の最大値であり、東西、南北、上下の成分を問はない。

して居た場合は夥しき災害を伴ふ地震である事に疑ない。地震による津浪は海底に生じた廣範圍に亙る地形變動から生ずるのであるから、地震規模の大小を推察する場合に於ても陸地に於て廣範圍に亙り地形變動を與へた地震が古來如何なる規模の地震であつたかを想起すればよい。今近年に起つた大地震特に津浪を伴つた地震を加へて互に其の規模の大小を比較すれば前頁の表の如くなる。同表に於ては實用上に便宜なる様に地震規模の大小は地動の最大振幅及び震度と震央距離及び初期微動繼續時間とを對比することによつて示す。

此の表中には明治29年6月15日の三陸大津浪地震の數値が掲げられてゐない。此の地震の震央位置は昭和8年に於けるものと大差なく、津浪の大きさは稍大きい程度であつたに拘はらず、三陸沿岸及び北海道に於て最も強く地震を感じた所に於ても強震に到らず、他の地は概ね遙かに震度が弱く、震度分布も後者の如く左程廣範圍ではなかつた。此の當時の地動の有様は今日それを詳しく知るべくもないが、津浪の大小が地震の大小と嚴密に比例しない場合のある事は留意すべきである。

## 2. 震源が海底にあり、而も震源の深さは甚だ浅いこと

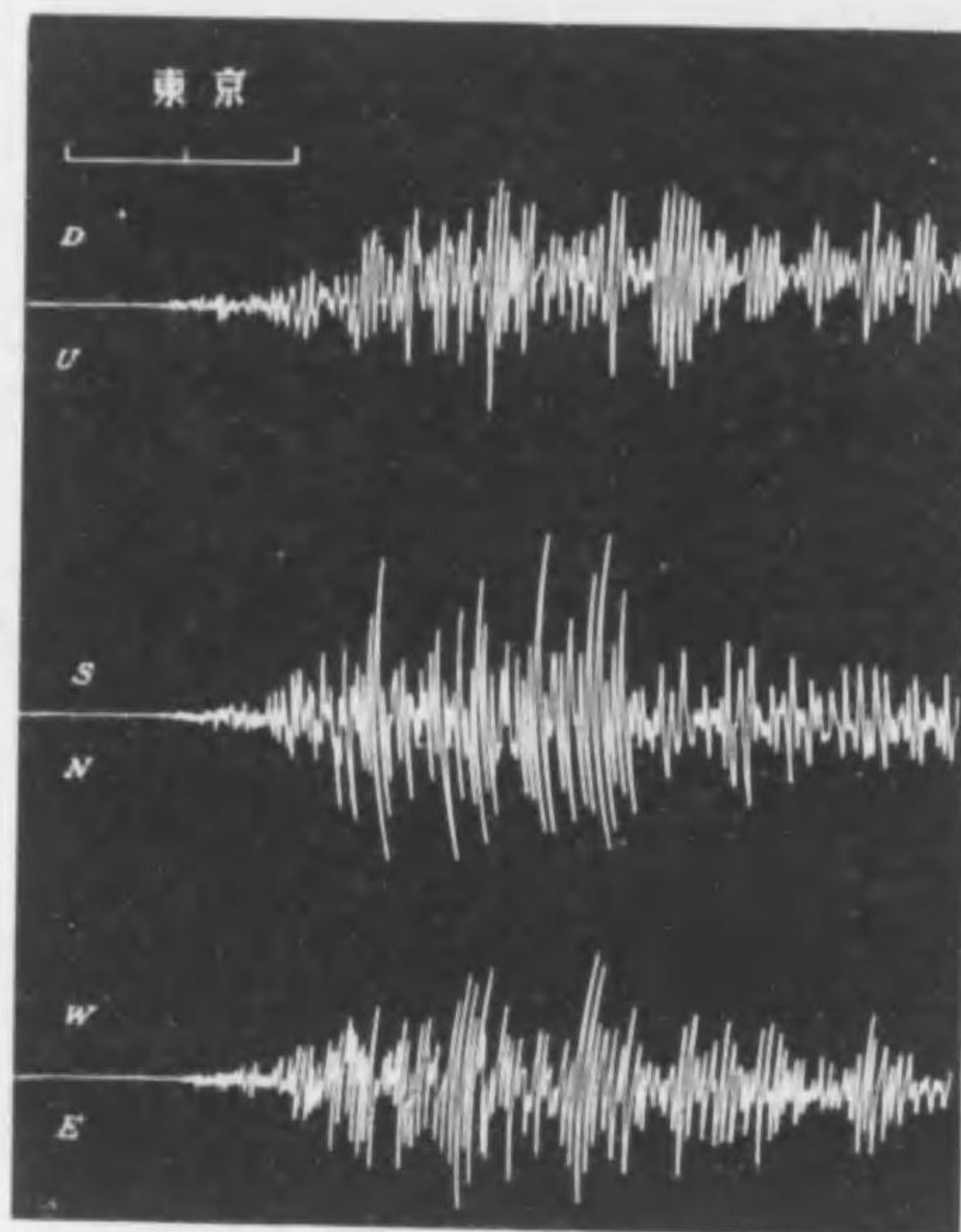
地震の爲海底に著しい變動即ち隆起陥没等が無ければ津浪を生じない。従つて震源が海底の地下淺所にある場合津浪を伴ひ易い。關東大震の如く或る意味で震源は陸地内にあつたかも知れないが、著しい地形變動を生じたのは相模灣附近一帯であらうから、かなりの津浪も亦生じたのである。而して震源が深い海の底にある場合の方が襲來する津浪は大きい。我が

國の太平洋沿岸沖には深海溝が存するので、この故にこの地域に生じた大規模の地震が著しい津浪を伴ふから最も怖ろしいものとなる。

實際上に於ては大なる地震動を觀測した場合、この地震の震源が内陸に存するか、深海底に存するかといふ事を、地震記象を一見して知り得れば好都合である。勿論海岸に發現した大地震にても津浪を生ずること上記の如くであるが、其の場合には海岸に於ける地震動による直接の被害が著しく、津浪の害は之に比しては寧ろ軽い場合もあるが、その警戒を怠つてはならない。深海底に發する深海地震の特性については次項に述べるが、この特性によつて深海地震なる事を知り、若し其の地震の規模が大津浪を生ぜしめるに充分であると思惟するときには、早速その警戒をなすべきである。

## 3. 深海地震の記象型及び群發生と餘震の續發

(i) 深海地震の地震記象を見るに、その初動は多く微弱且不明瞭であるが、漸進的に増大し所謂初期微動なる範圍を判然と見せずして主要動に入る。主要動には大なる振動が甚だ長く続き後徐々に振幅を減じてゆく。振動は全體に亙つて甚しく緩慢なことが大なる特徴である(次頁の附圖參照)。之を人體で感ずる場合も全く同様で、振動は割合に水平動が多く徐々に始り漸次振幅を増し、比較的緩やかに大いなる振動が長く続く。人體感覺に於ても振動が緩やかで長いと云ふことが著しい特徴である。斯くしてS相の現出が不明瞭で初期微動の長さを嚴密に知る事は困難な場合が多いが、振幅増大の模様から大體



津浪を作った地震記象の一例  
昭和8年3月3日三陸大津浪地震を東京  
(震央距離: 580 軒)に於て強震計にて観  
測したるもの

の見當が附くから其れによつて震央距離を推定し、従つて地震規模の大小を前表によつて知ればよい。大なる深海地震の観測には實動強震計が適當である。

(ii) 同程度の大きさの地震が頻々と同地域に起る所謂群發生にて數ヶ月又は數十日位の間にかかなりの大きさの地震が屢々起るものである故か、太平洋岸の沖合に繁く發生する様な場合は殊に注意を要する。尙又大津浪を生ずる程の大規模の地震があれば、それに引續いて餘震が頻々と起り、その餘震は震央距離數百軒程度の所にては充分に明瞭に(體感にてさへも)感ぜられるものである故、大なる深海地震性の震動を感じ、其の後に餘震が多く續く様な場合には津浪の警戒に対する注意が必要である。換言すれば初期微動が餘り長くはないのに餘震を觀測せぬ位の地震なら、相當激しい地動であつたとしても津浪の心配は大して要らないと云ふことになる。

の見當が附くから其れによつて震央距離を推定し、従つて地震規模の大小を前表によつて知ればよい。大なる深海地震の観測には實動強震計が適當である。

(ii) 同程度の大きさの地震が頻々と同地域に起る所謂群發生にて數ヶ月又は數十日位の間にかかなりの大きさの地震が屢々起るものである故か、

## 附録2 津浪の來襲の仕方

津浪の大なる波浪が今迄平靜なる海岸に突如來襲する事は先づないと考へられる。地震動後暫くして海岸に於ける海水が異常に後退すること、又は前進する事を認めたならば、後程なく大津浪が來ると思つてよい。而してこの様な大浪は2回3回と續くもので其の中第2回のものが最大である場合が多い。従つて地震觀測者は地震後海岸に於ける海水の運動を觀察するか或はかゝる海岸の觀測者と連絡をとる事が大切である。地震後一時間も二時間も経て尙海岸の海水に少しも異常らしいものが見えない場合には地震による大なる津浪の襲來はないものとしてよい。夜間等に於て最初の海水の後退や押し寄せ等に氣付かぬ時も、海鳴り又は沖の方から津浪の來襲し來るのを目撃する事等によつても、尙避難する上に非常に役立つ事がある。故に兎に角大なる地震後は暫くは海水の動向に對し充分なる注意を怠らぬことが肝要である。

## 第2章 火山噴火に対する處置

本章に述べる所は、火山が噴火活動をなした場合其の現象を觀測し得る位置にある測候所等に於いてとるべき處置の概要である。火山觀測所として火口に近き所に設けられ、専ら火山活動調査をなすべき様に定められた觀測所に於ては、勿論下記の事柄以上に種々の事をなすべきであるが、其等については附録火山觀測所の項を参照され度い。

### 1. 爆音

火山を望見出来ない位置にある観測所、或は望見し得る観測所に於ても當日の氣象状態に依つてそれが不能の場合に噴火活動が起つた事を吾人が知る最初の現象はこの爆音である。噴火の際の爆音は火山近傍の観測所に於ては、その異常に強大なる爆音或は空氣振動に依つて容易にそれと察する事が可能であるが、火山より百軒以上の遠隔の地にある観測所に於て聞く時その爆音はあまり強大なものでないから、之を聞き損じない様に注意を要する。普通の音響と異り遠雷の如き音、或は時に地震の際の地鳴にも似ることあり、多くの場合戸障子がガタガタするもので有感局發地震と誤ることがある位である。この音響は耳に聽へず單に戸障子、窓ガラス等を揺る空氣振動を認める事もある。音は數秒又は數分の間隔を置いて數回聞える事もある。この様な音響を聞いた場合には直ちに其の時刻を調べ、音の聞へた回数、夫々の方向、強さと凡その響き方等を記し置く。

## 2. 地震

爆音を聞いた場合は直ちに地震計の記象を調べ、この爆發に伴ふ地震を記録してゐるか否かを確認する。若し地震を記象して居る場合は、其の記象中に爆音を聞いた旨を記入しておく。

## 3. 降砂降灰

噴火の爆音を聞いた場合には、其の後降砂又は降灰あるやも知れざる爲適當なる場所にガラス板を置く等、それ等を採集する準備を要する。而して若し降砂降灰等が生じて來た場合には、時間別にその採集したものを集める。この際出来るならば

ガラス板に乗つてゐるものをその儘顯微鏡にて覗くか又は顯微鏡寫眞をとるなりして、其の砂灰の互に附着し合ひたる纖細なる構造を記録し置く。尙最後に單位面積に何程の降砂降灰があつたかを測る。採集した灰は之を化學的に調査すれば尙結構である。

## 4. 爆音、空振の器械觀測

音響又は空振を自記する爲に特別に設計された器械は、日常觀測にはあまり使用されてゐないが、之等のものは地震計或は自記氣壓計の記象に現はれることがある。但し餘程強大なる爆音でない限り單に痕跡として記象上に印すに過ぎないことが多い。従つて音響を聞き或は空振を認めた場合には直ちに之等の器械の自記する處を點檢して、音響を記録して居る様な場合は其の印を附け置く。地震計の記象に於ては後日之を地震と見誤ることがあるから注意を要する。而してこの記象より音響空振の起時及び回数等を檢する。

## 5. 噴煙其の他の觀測

噴火の噴煙を望見し得る観測所に於いて、當日の天候時刻等にてそれを目撃する事が出来る場合には出来ればその寫眞を撮影し時刻を記し置く。或は簡単な寫生をしてもよい。而して噴煙の高さを凡そ測定し、その量、状態、變化、電光、雷鳴の有無等も大略記しておく。而してこの噴煙の流れる方向或は其の速度等も知り得る時は之を記す。噴火が音響、噴煙、降砂等の他、鳴動、發光現象或は其の他の特異現象等を伴ふ事ある故に注意を要する。尙噴火のあつた場合に於て當時の氣象状態が後日の



参考になることが多いものであるから、その際特別に氣象觀測に對して遺憾なきを期し度い。

#### 附録 火山觀測所

火山觀測所は特別に火山現象を研究する爲に設けられた觀測所であつて、危險のない程度に於て噴火口に近く位置するを要する。其の場所を撰定する條件としては、水を得るに便利なこと、展望よきこと、なるべく電燈線を引き得ること等である。建物は鐵筋混凝土を可とし、屋根扉等悉く極めて堅牢でなくてはならない。

火山觀測所にてなすべき仕事は、日常觀測としては、地震、鳴動、火山性微動、地盤の傾斜、地電流、地磁氣、空中電氣、附近の温泉湧水の溫度、井水の高低及び pH の増減、火口内に於ける熔岩の状態と昇降、山頂の高さの變化、噴煙の量、色彩及び氣象等の觀測である。之等の觀測は出来る限り、自記装置を有する器械或は定時觀測を以つて觀測が切れぬ様に續けて行ふべく、この際自記器の回轉は1日巻、半日巻の如く成るべく早廻しがよい。而して噴火時に於ては上記觀測に加へて噴火前後の氣象状態の精密な觀測、噴煙の變化、分布、色彩、多寡等、降灰及び音響に對する觀測、寫眞の撮影、飛來物及び噴出物の調査及び日常觀測をなし居る地震、傾斜、電磁氣的現象等の自記装置を特に早廻しとなして精密に觀測すること等それぞれの場合に應じてなすべきことが多い。觀測所の設備、器械等は從つて前記の仕事を行ふに要するもの及び之に加ふるに噴火後火口附近に實地調査するに要する諸器械を備ふべきである。

### 第3章 地震、津浪、噴火の野外調査

此處には大なる地震、津浪或は噴火があつた場合、取り敢へず現場に赴いて調査する場合の心得が述べられ、特別の器械を用ゐる様なものは省略されてゐる。

#### I. 地震の部

##### (i) 一般の注意

大地震があつた場合、果して之は實地踏査に赴く必要あるものか否かを其の時の地震觀測結果及び情報により適確に判斷を下す。而して出掛ける時期はなるべく早い方がよいが、それ迄に多少情報が得られた場合は踏査の方針を大體定めた後に出發した方がよい。一般に云へば文化開け、交通の發達した場所の大地震には時を移さず出掛けるがよく、僻地の不便な所の場合は充分に用意を整へて然る後出掛けるがよい。出發に際しては其の時の地震の程度及び其の土地により携帶品、服裝等を考慮すべきである。實地踏査に當つては時を経ては調査の出来ない様なものを第一に一通り調べ、時を経た後に於ても調べ得るものは後に再び調べ直す様にし度い。而して該地に赴いては先づ其處の地形、地質、風俗等の大體及び今回の地震の大勢を觀察し、調査の方針を定め、然る後に細部の調査に及ぼす様にし度い。尙要塞地帯を含む場合には寫眞撮影は勿論其の他の調査及び公表について要塞司令部の許可を得る事等は前以つて注意を要する。以上の事は津浪、噴火の野外調査の場合に

も通ずるものである。

(ii) 調査に携帯すべき品

1. 手帳(方眼紙で出来てゐるものが便利である)、鉛筆、万年筆、小刀等。
2. 地圖 陸地測量部の20万分の1と5万分の1、或は2萬5千分の1、時に海圖が役立つことがある。
3. 磁石 クリノメーターが便利であるが、之を用ゐる時はその器差に注意を要するハンドレベル等。
4. 時計 普通の懐中時計でよい。その遅速を時々確かめること。
5. 寫眞機 寧ろ小型がよく、三脚、フィルタ等はなるべく持参すること。
6. 卷尺。
7. 其の他双眼鏡、定規等を持参すると便利なおことがある。

(iii) 調査要項

實地踏査に出掛けて調査すべきことは場合に應じて種々あるであらうが、普通に行はれる主なものは次の如くである。

1. 餘震。其の起時を分の桁迄記し、震度と、若し測り得れば初期微動時間等も記し置く。
2. 地鳴。其の起時、音色及び聞えて來た方向等を記し置く。
3. 家屋、鐵道、橋梁、其の他築造物の被害調査。家屋の被害の程度を示すに通常下の如き分類が用ゐられる。  
全壊—一度毀してしまつて建て直さなければ、用をなさない程度に破壊された家、

半壊—主要な架構の部分的破損で修理補強によつて使用に堪へる場合、

破損—主要でない架構の一部の損傷。

この際壁や障子の損害は問題にしない。之等の被害の程度は建築物の強弱によつて同一地域に於ても甚しく異なるから、家屋の損傷の程度或は家屋の被害數の全體の家屋數に對する割合等より、該地方の地震の強さを定めんとする爲には、家屋の構造、新古による耐震的強弱を充分調べねばならない。尙家屋として別に破損はないが、全體として傾いたり、移動したりすることがあるから之の觀察も重要である。家屋のみならず土藏、塀、堰堤、煙突等の被害に就いても注意を要する。

4. 物體の移動、轉倒、其の他。墓石、石碑、石燈籠の如き物體が地震動の爲に移動、廻轉、轉倒等をするため、之を測つて其處の震度及び地震動の有様を知る事が出来る。従つて之等の物體の大きさ及び運動した量及び方向等は精しく測つて置かなければならない。最も普通に用ゐられる物體の轉倒よりの地震の加速度の計算法は、四角柱について上下動がない場合と考へて

$$\alpha \geq \frac{b}{h}g$$

の式を用ゐるのである。此處で $\alpha$ は地震の水平加速度、 $b$ は物體の倒れた方向に平行な底邊の長さの半分、 $h$ は底面から倒れた部分の重心迄の高さ、 $g$ は重力の加速度である。物體の倒れた方向はクリノメーター又は磁石に依つて測る。この際底面の圓形の場合は一層適當で $b$ に半徑を用ゐればよい。若し上下動がある時は物體は更に倒れ易い。但し實際の場合には物

體の倒れるのは上記の如き簡単な關係でなく甚だ複雑な運動經過をとることを知らねばならない。而して物體が地震動のため移動したとすると物體の底面に於ける摩擦係數 $\mu$ が分つて居るときは

$$\alpha \geq \mu g$$

と云ふ關係がある。此の際該物體は倒れなかつたのであり、然も前記の式により $\alpha$ の上限が求められるから従つて $\alpha$ がある範囲内の値を取らなければならない事が分る。 $\mu$ の値はそれぞれの場合について非常に異なる値をとるから之に注意を要する。兎も角も此の種の精確なる調査は、地震計觀測の無い震央地域の地震動の有様を推定する手掛りであるから充分になすべきである。

5. 地割れ,斷層,山崩れ,山津浪。大地震の震央地域にては種々の地變が起る。最も普通のものゝ地割れ即ち地面の割れ目である。割れ目は其の方向及び水平,垂直それぞれの移動量を測つて詳しく地圖内に書き入れる。其の際特に地質地形即ちそのあたりの斜面,川,崖,盛土,家等の配置を見て置かねばならない。

地震斷層といはれるものは、地表より地下の相當に深所迄地震の爲に大規模の地層の喰ひ違ひが生じたものを指す。従つて地割れが地表附近の極めて淺處に於て其處の小範圍の地形上からその成因が説明出来る小規模の現象であるのに比して、斷層では地形に影響なく山とか谷とかを問はず殆ど直線的に地面に割れ目即ち上下或ひは水平方向の喰ひ違ひを示しつゝ、

相當廣い範圍に起る。斷層線は詳しく調べて地圖上に記入すべく、時に雁行性となることがある故注意を要する。斷層線に沿つて其の兩側の上下及び水平の相對移動量を精しく測つて地圖上に記入し置く。

山津浪或は山崩れの調査については、それが斷層と關係あるや否や、又崩れ落ちた所の馬蹄形の恰好,大いさ,崩れ落ちた方向,落下した岩石土砂の分布,田畑人家に對する被害状態を調べる。山津浪に於ては出来るならば其の時の土砂の流下速度を推測するに役立つ様な材料を求めて置く。崩れ落ちた岩石や土砂のため河流が堰止められ従つて大なる被害を生ずることがある。

6. 土地の隆起,沈降,地沁り其の他。大地震に際しては大規模の土地の移動變形を生ずることが多い。其の量が局所的に著しい場合等は特別の測量器械を用ゐずとも觀察され得ることがある。特に海岸,湖岸に於ては地震前後に於ける昇降變化が水の浸蝕作用,生物の状態等より明瞭にそれより知り得ることがある。

地沁り現象はある範圍の土地の表層の土砂が何等かの原因により下層との間の相對運動を起す様になり、其れ自身の重量及び之に積雪,降雨等の荷重ある時は一層力が加はつて低地に除々に移動を開始するものである。普通は地震とは無關係である事が多いが地震動により此の現象が誘發され得る故に注意を要する。調査に當つては地沁りを起してゐる地域の範圍、その爲に生ずる地割れの有様,移動量の變化等を調べる可きで

ある。

7. 地下水の變化、湧水温泉の變化。地震の前後に於ける井水の増減や濁り或は湧水温泉の増減や其の溫度變化其の他含有物の變化等も出来るだけ詳しく調べる。尙又地震の際土砂が水と共に割れ目より噴出することの調査に對する注意も肝要である。

8. 火災。大地震の時には多くの場合火災を生ずるものであるが其の火元の起時原因、延焼の仕方及び範圍等も分明する限りを記し置く。尙當時の風向風速其の他の氣象狀態も其の局所に於て其の際如何様であつたかを調べ置くべきである。

9. 發光現象、電磁氣的現象、生物的現象等。上記の事柄については震災地に於て信用のおける人より出来るだけ詳しく聞き置く。之等は當時の天變地異に結びつけて誇大に傳へられるもの、或は全く地震と無關係な偶然事のことが多い故充分注意して正確と思はれるもののみを採用せねばならぬ。

## II. 津浪の部

津浪の調査に於ても大體の趣旨は地震の調査と似たものであるが特に重要な事を列挙すれば次の如くである。尙此處で津浪といふのは地震津浪を指す。

1. 津浪來襲前の様子其の他。地震の揺れ方の體感及び其の後海岸に於て何分位の後に海水がどの位引いたか或は異常音響等が聞えたかなどと云ふこと。

2. 津浪來襲の回数とその時刻。津浪來襲が何回あつたか、其等は何時頃であつて第1回と第2回との間の時刻差は如何

程であつたか等のこと。

3. 津浪の來襲の様子。津浪が來襲する時及び引く時の水の増し方、減り方、流速方向等の様子を出来る限り詳しく調べる。

4. 津浪の高さ。津浪來襲の各回に於ける浪高特にその最高の浪の高さである。この際の値は風波(週期が10sec内外のもの)或は流水が押し寄せるために水位が高過ぎて求められる様な影響をなるべく省いて得られる様にせねばならない。従つて物體の蔭等の浸水あとを擇んで測定する必要がある。浸水した最も高い場所の高さは浪高と異り別に之を求める。即ち津浪による高潮が陸地内に流れて高所に匍ひ上る爲である。浪高は灣内沿岸到るところ異なるものであるから、灣口より灣奥到るところでハンドレベル等を用ゐて出来るだけ精細に求めねばならない。之等の高さを測定する際の基準面は調査當時の水面を用ゐ、測定の時刻を記入し置き、後潮汐補正をなして來襲當時の海水の高さを求める。尙場合によつて平均海面等が知られる場合には之を用ひてもよい。

5. 浸水區域。津浪の爲海岸より奈邊まで陸地内に潮が押しよせたかを地圖上に記入して浸水區域を求め、出來得れば各所に於ける水の高さを求め置く。

6. 音響と海鳴。地震及び津浪前後に於ける異常音響の調査である。

7. 津浪による被害。人畜の死傷、家屋、船舶、橋梁、漁具等の流失、田畑、鐵道、築堤等の被害調査である。

8. 發光現象、生物現象、其の他異常現象。地震或は津浪に前

後して起つた之等の特殊現象の調査は地震の調査の場合と同じ注意を要する。

携帯品としては地震の調査の場合と殆ど同じものでよいが特にハンドレベルは必要である。

### III. 噴火の部

噴火後火口附近に赴いて實地調査をなす普通の場合につき簡単に述べる。

調査に赴くには登山服装を整へ、携帯品としては地圖、卷尺、磁石、採集器、寫眞器(活動寫眞ならば尙良し)ピツケル、寒暖計(500°までのものと100°までのものと少くとも2種類)、鐵兜等にして、更に詳しく行ふには測量器械を持参すべきである。

調査すべき事項としては種々あるがなるべく廣範圍に行ふがよく、熔岩或は噴氣の溫度(之は同一物を或る時間を置いて測り溫度變化の割合を求める)岩石、降灰其の他の噴出物の採集、瓦斯の採集、放出された岩石の種類と分布、火口内の熔岩の模様と昇降等である。火山の調査に就いては尙他に色々の方法があるが其等は其の場合に應じて適當になすべきである。(終)

昭和11年6月20日印刷

(非賣品)

昭和11年6月25日發行

編輯兼  
發行者

中央氣象臺

印刷者

島 連 太 郎


東京市神田區美土代町十六番地

印刷所

三 秀 舎

東京市神田區美土代町十六番地



351-1001  
  
1200501406914

351  
1001

終