

## 地震計の調整に就いて (講話)

森 田 稔

地震計の調整方に就ては地震観測法にも若干の記述があるが、餘り詳しくは述べてゐない。地震計の理論や構造に就ては澤山の書物があるが、調整の仕方を丁寧に説明したものは無い様である。言ふ迄もなく観測はすべての業績の根柢であり、之を忽にしては學問も事業も成り立たぬ。

私は昨年命に依り東北地方の技術査閲に同行し、各所の地震計を見せて貰つた。そしてその際観測者は各所共同じ様な點で手古摺つてゐることを知つた。それ等は必ずしも普通に言はれてゐる地震計の「難所」許りではなく、中には案外と思はれる様な簡単な所もあり、而も夫が何處でも同じ様に手古摺られてゐるのを見るのは一寸意外であつた。然し考へて見ると永年地震計を手掛けて來た経験ある観測者が次第に減つて、未だ経験の浅い新人が急に之に代らざるを得ない様な特別の事情に在る今日、適當な調整の手引きもなくして此の面倒な機械の完全な作動を望むのは無理な話かも知れない。

私はここに本臺地震課の諒解を得て之等調整上の共通の問題に就て経験の浅い人を對象にした簡単な解説を試みることにした。幸ひウイーヘルト式地震計の週期の調整法と水平動の共振れの除去法<sup>(1)</sup>とに就ては鷺坂氏の解説があるので、茲では夫以外の調整法に就て述べることにする。

### I. ウイーヘルト式地震計

**摩擦の原因と其の除去法** ウ式地震計は週期五秒位の状態で最初の半振幅を2種位とした場合、水平動では9回位、上下動でも7回位は振動するのが普通である。振動回数が之より少い場合は過大摩擦の疑があるから一應其原因を調べて見る必要がある。

この地震計では水平動上下動共摩擦の起り易い個所は大部分共通してゐて、大體は次に述べる様な所である。尤もここでは組立方の粗雑や不注意による摩擦は問題外であつて、それ等は地震観測法に據り組立てた以上相當強い地震でもない限り起らない筈のものである。ここでは今迄好調であつた地震計が何時の間にか調子を失つた様な場合に就て解説する。

摩擦の原因を検索する場合は個々の地震計の癖により検索の手順が必ずしも一定ではない。其の地震計に就て豫て最も故障を生じ易い所から順次調べて行けばよい。従つて何の地震計にも共通な一定の順序と言ふものはないから、ここでは大體簡単に直るものから順を逐ふて記載して行く。以下附圖を参照されたい。

1 針先の摩擦 針先の摩擦に二種類ある。一つは針先が重過ぎる場合、他は白金線の角度が適當でない場合に起る。針の尾部を一寸押へて放した場合針が極めて軽くポンポンと數回弾むは良く

\* 仙臺地方氣象臺

然らざるは針先が重過ぎるのであるから、カウンターバランス a を適当な所迄退ける必要がある。又白金線が針先と直角に近いのは不可である。この角度は30度位を適當とする。以上を検することによって針先の摩擦は除去されるが、カウンターバランスの弛いものには刻時の際の衝撃に因り永い間には自然と前進するものもあるからシエラックを少量つけたり、糸を捲いて止める等適當な方法を講じ置く必要がある。併し何れにしても針先の摩擦は以下に述べる各部の摩擦に較べれば本質的には小さい。尤も高倍率の部分であるから力の能率としては相當の大きさになるから忽には出來ないものである。

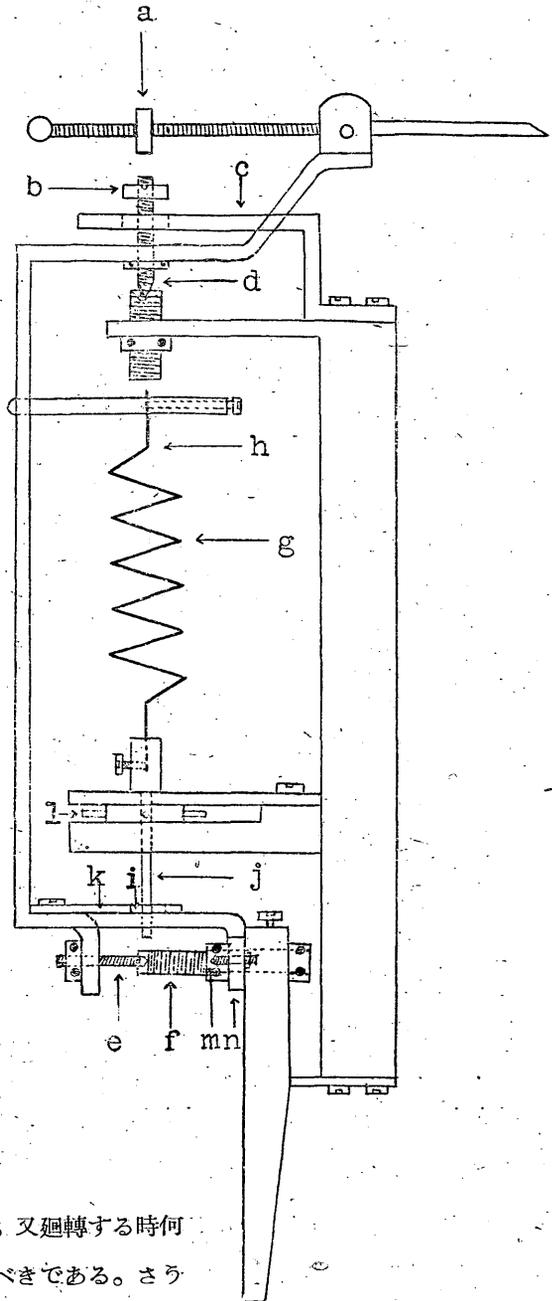
2. **ピボット d** これがホゾから飛出してゐないか、又は枠 c に觸れてゐないかを検する。

3. **ネヂ b** 止めネヂ b が枠 c に接觸してゐないか。これが案外多い故障で而も氣附かれてゐない。これはネヂが弛むとひとりでに上つて來て接觸するから枠と相當離しておく方がよい。

4. **ピボット e** これがホゾ f から飛出してゐないか、ホゾに入れても又獨りで飛出す時は螺旋バネ g が悪いのである。バネの根本の部分を適當に曲げて見ると直ることがある。尙これがホゾに密着しない時は別に摩擦は起らないが不安定である。その場合はホゾを捻ぢて引出せばよい。又これがホゾの中央に來ないで上下に偏つてゐる時はピボット h をまわして調節する。

5. **孔 i** 孔 i が心棒 j と接觸してゐないか。又廻轉する時何處かで接觸しないか、j は常に i の中央に在るべきである。さう

でない場合は板 k を廻して左右の調節をとり、f を捻ぢて前後の調節をとり、j を i の中央に持



来すべきである。尙舊型の地震計には  $i$  が過當に小さいものがある。この孔はたゞ  $e$  が  $f$  から飛出さないための制御物であるから其範圍で大きくした方が取扱易い。

これだけ調整すると杵  $H$  (観測法 43 頁第 38 圖) を外し舵形の輪  $l$  を適當に廻した時それより前の部分が極めて軽く振動する筈である。そしてそれより根元の部分も亦よく振動するならば杵を連結しても亦よい調子が出る。若し杵を入れて調子が落ちる様な場合は、原因は杵を入れたことに在る。その際は次の部分を調べて見る。

6 杵 杵のホゾに入つてゐる石に傷が付いてゐないか。ホゾの角度が鋭過ぎないか。その何れかの疑ある時は豫備品と取替て見るがよい。

7. ビボット  $m$  杵の嵌るビボット  $m$  が錆びたり、先が丸くなつてゐないか。又ビボットの先が短過ぎて杵を入れた時杵の先が板  $n$  に接觸しないか。静止の位置では接觸しなくても、大きく振らすと接觸しないか。この故障が案外多い。これはビボットを捻り出せばよい。

以上の他摩擦の大なる原因となるものに制振器がある。制振器は其構造上自然的な故障の極めて起り易いものであるから、實際には制振器を眞先に檢べる必要のあることが多い。次に之に就て述べる。

8. 制振器 制振器を檢べる際には必ず制振器を開いて行ふ。制振器の摩擦にも色々あるが、大體は次の中の何れか一つである。

(1) 振動子の大圓壻が外壁に接觸してゐる場合。この場合は振動しない。

(2) 同じく小圓壻が外壁に接觸してゐる場合、同前。

以上の場合は吊糸の調節ネヂを加減すればよい。調節ネヂを加減してもどうしても圓壻の側壁への接觸がとれない場合は一應制振器が鉛直に立つてゐるかどうかを檢べて見る。又この場合(1)を避けると(2)が起り、(2)を避けようとするれば(1)が起り、どうにも處置の無いことがある。その時は制振器の硝子を止めてあるネヂを弛め、ガラスを多少ずらし乍ら孔の位置を加減すれば大抵直る。

(3) 吊糸の吊り方が不正な場合。

この場合は振幅の小さい所だけではよく振動し大きく振らすと引掛る。吊糸は制振器を眞横から見た場合鉛直になる様に吊らなければいけない。これを輕視して調整に手古摺つてゐる向が案外多い。

(4) 小圓壻の上側にゴミが溜つてゐる場合。

この部分の間隙の狭い制振器では軽い摩擦を生ずる。尙海岸の測候所や濕氣の多い地震計室等では潮風のため小圓壻のアルミが冒されて粉末狀の錆を生じ摩擦の原因となる。時々分解して拭ひ取る可きである。

以上一通り故障の起りさうな所を點檢し、それでも尙調子が悪い様であつたら、制振器と翼形傾杆との連結を解いて之等を別々に調べる。其の結果別々に調子が良くなつたとすれば之を再び連結

しなければならぬが、其時の注意を次に述べる。

制振器連結の際は制振器を少しづつ上下に動かすと同時に左右に廻轉せしめて大小圓塼と夫々外壁との間隔が何處でも等しくなる様に加減する。この加減が出来たところで制振器の根元の取附ネヂを弛く締め振らせて見る。調子が出なければ何回か微調節をし、好い調子が出たところでネヂを堅く締めておく。

この連結の際連結杆  $k$  (観測法 44 頁, 第 9 圖) は小圓塼の中央軸に一致しなければならない様に考へてゐる向が多いが、決して其必要はないのである。個々の地震計や制振器には夫々多少の癖があつて、幾何學的に正しい位置が必ずしも力學的安定の位置と一致するとは限らないからである。要は振らせて見て良い調子が出る様にすればよいのである。

其他、上下動に特有の摩擦として重錘支杆懸垂用スプリングの木箱への接觸がある。これがあると普通極めて短週期の振動が固有振動に重疊して起るから、その様な際は此部分に疑を持つて檢べて見るべきである。接觸は箱の各部分で起り得るが、最も多いのは箱の底や天井の孔に觸れてゐることである。之は箱の位置を少し移動させればよい。元來此孔は何も小さく造る必要はないのであるが、一旦造つて了つたものは之を擴大するのは容易でない。

#### 其他の調整上の注意

1. 制振度の過小 制振度が小さ過ぎて如何にネヂを締めても効果が無く、観測者の持餘し物となつてゐる制振器をよく見る。これは多くは制振器の小圓塼と外壁との隙間が大き過ぎるのであつて制振器の不良に基くものである。かゝる場合は制振器を取替へる他ない。若し豫備の制振器が無ければ、週期を摩擦が過大にならない程度に長くして、制振度の増大を計る以外に方法<sup>(2)</sup>は無い様である。

2. 回轉の不整 ドラム廻轉の不整即ち刻時符の不揃は大體として起動機各部分の摩擦に因ることが多い。就中齒車及び軸、軸承等の摩擦は最も大きく影響する。極力修理、清掃、注油に努める他ない。其他に風切型の起動機では風切翼の取附ネヂが弛んで翼がブラブラするのが一つの原因となる。又振子型の起動機では振子並に振子の頂部の制動板の調整に缺點があつて生ずることがあり又振子の柱を受ける瑠璃臺が摩擦して回轉が不整になることもある。制動板は大體水平になる様止めネヂで加減し、微細な調整は回轉音を聽いてゐて行ふ。音は微かな摩擦音が萬遍なく聞えるのを良しとする。又磨滅した瑠璃臺は少し位置をズラすか裏返して使ふとよい。

回轉不整の今一つの原因は重錘吊糸をかける滑車の摩擦に在る。永年使用の機械では滑車の孔や心棒が次第に摩擦して偏心的な廻轉をする様になつてゐる。これは甚だ厄介だが根本的な改造をするか新しい品と取替へる他はない。

總じて回轉の著しく不整な起動機は根本的な缺陷を持つものが多いが、併し或る程度までは調整

に依つて直すことが出来る。又日々の記象紙取替の際、錘は成るべく静かに捲上げ静かに手を放す様にすることは回轉の調子を崩さない大切な要訣である。

尙回轉不整はドラム重心軸の偏倚や心棒の不良等に因つても起り、又回轉不整といふよりも寧ろ回轉不能の原因を成すものに回轉驅動子（ドラムの左端に於て心棒に依る器具）の取附不良がある良好な起動機を用ひ乍ら回轉の思はしくない時は之等の點を一々當つて見るべきである。

**3. 記象紙の横ズレ** ドラムの回轉中に記象紙が横にずれ、紙の縁が裂けて捲くれ上つたり、補助ドラムが落ちたりするのは、上のドラムと下のドラムとの軸が平行でない時に起る。之を直すには補助ドラムを支へてゐる支脚を前後に動かして兩ドラムの軸が完全に平行する様に調整すればよい。其の調整が六ヶしい場合は木か何かで補助脚を造つて取付けるがよい。

**4. 温度補正装置に就て** 上下動の温度補正装置がうまく働かないと云ふ聲は何處へ行つても聞く。大抵の所では亜鉛棒が曲つて了つてゐる。一度叩き直したが又直ぐ曲つたといふ報告をよく聞くが、一度曲つたものは初めよりも尙更曲り易いのである。此は實際は觀測者の責任ではなくて、罪はむしろ装置の方に在ると私は考へてゐる。

此型の地震計はもともと獨逸のゲツチンゲンで製作されたものである。従つてその設計は其處の氣候風土を對稱として爲されたことは理の當然であらう。この様な機械をそのまま氣候、風土の異なる我國に輸入したのであるから、一應其點を省察して見る必要があるのである。獨逸でうまく作動する温度補正装置が我國で作動しないと、最大の原因は彼我の氣溫の相異に在りさうに思はれる。今外國氣候表に據つてゲツチンゲンに比較的近いフランクフルトとベルリンの氣溫をとり、之を我國の福岡、東京、札幌の氣溫と比較して見ると、次の如き相異がある。先づ彼地では月平均最高氣溫の年中最高はフランクフルト 23.8 度、ベルリン 23.5 度（何れも 7 月）であるのに對し、我國では福岡 31.2 度、東京 30.1 度、札幌でさへ 26.4 度（何れも 8 月）と相當の差があるのである。この事から補正装置は夏に於て彼地よりも相當伸長し、従つて弱くなることが推定される。次に彼地では月平均最高氣溫の年中最高と月平均最低氣溫の年中最低との差（即ち月平均に於ける年中の最大較差）はフランクフルトで 25.0 度、ベルリンで 26.4 度であるのに對し、福岡では 32.1 度、東京 31.5 度、札幌では實に 37.7 度と格段の差がある。この事から補正装置は年々彼地よりも大幅の伸縮を繰返すことが知れる。これは此装置の有効壽命を縮める結果となるものと考へられる。

此装置の壽命に對して一層大きな影響を持つと考へられるのは氣溫の毎日の較差である。數字は擧げないけれ共それも殆ど年中我國の方が彼國に於けるよりも大きいのである。加ふるに我國の家屋の構造は彼國に比し一層氣溫較差の効果を大きくせしめる様に出来てゐるのである。我國の地震計室はコンクリート建の所も多いけれ共、それすらも彼國の建築に及ぶかは疑問である。況んや木造の地震計室に於てをやである。

獨逸から輸入され、又は之を眞似て造つた温度補正装置の結果が面白くないのは以上の様な原因からではないかと思はれる。従つて之は調整や修理だけではどうにもならない問題で、根本的な改造が必要だと考へられる。多少の私案はあるが未だ述べる迄に至つてゐない。

### 5. 上下動スプリングの伸縮に対する處置 (観測法 50 頁, 第 41 圖参照)

温度補正装置が不完全な場合上下動スプリングの伸縮は當然針先に表はれて来るが、之を日々簡単に調整するためにカウンター・バランス用の皿 e がある。しかし気温は日々變化を繰返す他、更に大幅の年變化を繰返し、且つスプリングは完全弾性體ではないから經年的な伸長をする。これに對處するには重錘支杆を吊上げてゐるネジ j を上下するのが正規の方法である。然るに往々にして此正規の方法を採らないで、カウンター・バランスにうす高く物を積み上げてゐるのを見掛ける。この様な姑息の手段は心得あるものゝ採るべきことでは無い。

皿 e の錘が多くなつて來たら、夫はスプリングが伸びて來たのであるから支杆を適當に吊上げる必要がある。その操作は次の要領で行ふ。先づフレ止めのネジ (c<sub>1</sub> の部分に在り) を締めて支杆を枠に固定する。皿 e の錘 3,4 枚を残して他は全部取去る。支杆を吊つてゐる棒 h<sub>1</sub> の中一方を左手にしっかりと持ち、右手にスパナを持つてネジ j (2 つあれば上方のもの) を右へ廻す。半廻轉位廻したらフレ止めのネジを少し弛めて見る。若し支杆の尾部が上方のネジにくつつけば回轉が過ぎたのであり、未だ下方のネジにくつついてゐる様なら足りないのである。それによりもう一度止めネジを締めておいて、同じ操作を繰返す。かくて二、三度やれば大體よいといふ所迄來るから、フレ止めのネジを適當に開きカウンター・バランスで最後の細かな調整をする。

スプリングが縮み過ぎてカウンター・バランスに何も無くなつて了つた様な時は、上と全く同じ要領でネジ j を左へ廻し支杆を下げてやればよい。

## II. 強震計, 簡單微動計及び地動計

**摩擦の原因と其除去法** 此種の地震計で制振器を備へたものは制振器のために生ずる摩擦を先づ考慮すべきであるが、そのうち空氣制振器を有するものに対する注意はウ式の場合に述べた所が殆どそのまま適用される。磁氣制振器を有するものは銅板又はアルミニウム板の純度が高ければ、簡単に檢出される様な接觸摩擦のみで、他に摩擦の生ずる餘地はない。

かくて制振器に因る摩擦を除けば、之等の地震計の摩擦を生ずる主な個所は機種に係らず殆ど一定してゐる。即ちピボット及び擴大装置の又の部分である。次に之等に就て述べる。

1. **ピボット** 尖端が折損すると急に摩擦が大きくなる。中でも重錘支杆の回轉軸となるピボットの影響が最も大きいから、摩擦が大きくなつたら先づ之を檢査する。尖端が折れてゐたら豫備品と取替へるか、油砥石で磨つて尖らすかしなければならぬ。磨る時は決して急がず、指で廻し乍ら丸く磨らなければいけない。その際注意すべきは先きの方だけを磨いてはいけないことである。

圓錐形の原形を變へない様に根本の方から一様に磨らなければいけない。

ホゾが傷んだ場合も大きな摩擦を生ずる。之は素人では修理が困難だから豫備品と取替へるか、熟練した旋盤工に依頼するがよい。

**2. 擴大装置** 擴大装置では又の根元のピボット及び又の筈棒のピボットの回轉摩擦が利くから先づ之等を十分取除くことは必要であるが最も大きな問題は又と之に依る棒との間の摩擦である。

又と筈棒との摩擦は回轉摩擦と滑りの摩擦とから成る。滑りの摩擦を生ずるのは又の回轉に伴ひ筈棒が又の中を摺動するからである。従つて又の中央空間の間隔は必ず到る所一定で、筈棒に等しく、且つ内側が極めて滑かなくてはならない。又の幅が筈棒の直徑と合はないと又の先端を捕へて擴げたりつぼめたりするが、あれは正しい方法ではないのである。本當は又の方は其儘にして置き、筈棒を取替へるべきである。然し夫は容易でないから精々注意して又の間隔を變へ、清掃、點油に努め、此間の摩擦の輕減を計る他ない。何れにしても又を使つた擴大装置といふものは理想的なものではないのであるが、機械的擴大法で高倍率を得るには目下此外に適當な方法が無いのである。

**3. 針先** 針先が摩擦の原因となるのは強震計位のものである。強震計は強い地震にも針先が飛んだりしない様に頑丈に作つておく必要があるので、現在の如きものが付いてゐる譯であるが、其反面中々摩擦も大きい、これは針の根本にハンダが何かで適當なカウンター・バランスを付けると針先に懸る重量が輕減され、摩擦も少くなると同時に針先の摩擦も減するものである。

**其他** 之は調整上の問題とは關係のないことであるが、現在尙簡單微動計及び地動計の刻時を吸上式にしないで打點式のまゝ使用して居られる所を見受ける。之は是非吸上式に直して貰ひ度いものである。一臺の地震計で吸上式と打點式の兩方を併用する必要も無いと思ふ、時刻の正確さに於て打點式は到底吸上式に及ぶべくも無い。吸上式の刻時装置を有し、よく調整された簡單微動計とは少くも時刻に關する限り決してウ式に劣らない觀測を爲し得るものと信ずる。

以上不十分乍ら地震計調整上の2,3の注意を述べた。筆者の思ひ到らぬ點や思ひ違ひなどがあつたら、どうか遠慮なく御叱正御教示をお願いし、併せて全氣象官署觀測者諸彦が我國の地震學、ひいては天災防止陣の強化に邁進せられんことを切望して止まない。

本稿は中央氣象臺地震課、井上、鷺坂、本間(正)、高木諸氏の校閲と數々の有益な助言を受けて作製されたものである。こゝに記して深甚の謝意を表し度い。尙種々助言された當臺地震係の諸氏にも厚く感謝する。

(昭和 18. 6. 20)

(1) 鷺坂清信、測候時報、第3卷(昭7)、426.

同、天氣と氣候、第5卷(昭13)、14.

(2) 森田 稔、波佐谷慶孝; 測候時報、第10卷(昭14)、131.