

# 地震計の常數檢定に關する二つの問題

本 間 正 作\*

## 1. 摩擦値の求め方に就て

變位地震計の摩擦値  $r$  を求めるには、制振器を開放して自由振動を行はせ、相續く全振幅を  $l_1, l_2, \dots, l_n$  等とした時残留振度を  $v'$  とすれば、

$$\frac{l_1 - 2r}{l_2 + 2r} = \frac{l_2 - 2r}{l_3 + 2r} = \dots = \frac{l_{n-1} - 2r}{l_n + 2r} = v'$$

又は之を變形した

$$l_i = v' l_{i+1} + 2r(1 + v') \quad (i = 1, 2, \dots, n-1) \dots \dots \dots (1)$$

と言ふ關係があるから、 $l_i$  を縦座標、 $l_{i+1}$  を横座標にして、直角座標中に實測の値をプロットすると、之等の點は一直線上に並び、その方向係數から  $v'$  を知り、直線が縦軸を切る長さから  $2r(1 + v')$  が求まるから、先に求めた  $v'$  と組合せて  $r$  を求め得る。この方法<sup>(1)</sup>は實務に當つて居る者はあまねく知つて居る様に極めてうまく常數が決定出來て、而も現在使はれてゐる振動方程式や固體摩擦の取扱ひが物理的に満足なものと考へる以上最も合理的な手段であるに違いないのである<sup>(2)</sup>。所が昔は  $v'$  は殆ど 1 に等しいものだからと言ふので (1) で  $v' = 1$  と置き

$$l_i = l_{i+1} + 4r$$

従つて、
$$l_1 = l_n + 4(n-1)r \quad \text{又は} \quad r = \frac{l_1 - l_n}{4(n-1)} \quad (n \text{ は 整 數}) \dots \dots \dots (2)$$

と言ふ簡便極まる公式を使ふ人もあつたので、現今でも之で  $r$  の値の目安をつけようとする向きもある。茲に  $n$  を導入するのは、之をやゝ大きく探つて擾亂に依る誤差を小さくしようと云ふ用心である。實際に (2) が使へれば (1) の作圖法より遙かに簡便であるし、又特別な場合を除けば  $r$  の値は地震計の状態の良、不良を示す目安とする位にしか使はないから、少々誤差なら許しても簡單

\* 中央氣象臺

(1) B. Galitzin; Vorlesungen über Seismometrie, (1914) 491.

よく教科書等に載つてゐる  $r = \frac{1}{2} \cdot \frac{l_2^2 - l_1 l_3}{l_1 - l_3}$  と云ふ公式等より求めようとすれば、種々の擾亂の爲に  $r$  が負の値に出たりして如何に惱まされる事か、又もつと見掛けの堂々とした最小二乘法等を使ふ方法の如何に面倒臭い許りで實效薄きかを考へられよ。種々の方法については例へば J. Lacoste; Observations sur le Frottement dans les Inscriptions sur Noir de Fumée, Publ. Bur. Centr. Séism. Intern., Sér. A, (1935) p. 167. 等参照。

(2) 實際本邦で使用されてゐる微動計類では、この方法で極めてきれいに實測點が直線上に並ぶ事から振動方程式や固體摩擦の取扱ひは略々正鵠を得て居るものと考へられてゐる。然し J. Lacoste の詳細な實驗によると (上掲文獻) ウェーヘルトやマイソカの微動計では固有週期  $T_0$  の増加と共に  $r$  は増加、 $f = r/T_0^2$  は減少すると云つてゐる。従つて詳しく言へば餘り安心は出來ない。

な方が現業員には好都合なのである。それに  $v'$  等の如き不用の値を求めずに済み直接的である<sup>(1)</sup>。そこで(2)を使つて差しつかへない爲にはどんな条件が必要であるかを吟味して見よう。

先づ(1)により

$$l_1 = v'l_2 + 2r(1+v')$$

$$l_2 = v'l_3 + 2r(1+v')$$

$$l_3 = v'l_4 + 2r(1+v')$$

.....

$$l_{n-1} = v'l_n + 2r(1+v')$$

第 1, 第 2, 第 3, ..., 第  $n-1$  番目の式に夫々  $1, v', v'^2, \dots, v'^{n-2}$  を掛けて邊々相加へると

$$\begin{aligned} l_1 &= v'^{n-1}l_n + 2r(1+v')\{1+v'+v'^2+\dots+v'^{n-2}\} \\ &= v'^{n-1}l_n + 2r(1+v')\frac{v'^{n-1}-1}{v'-1} \end{aligned}$$

今  $v'$  は十分 1 に近く

$$v' = 1 + \delta \quad (\delta > 0) \dots\dots\dots(3)$$

とおけるならば,  $0(\delta^2)$  を省略した近似に於て上式は,

$$\begin{aligned} l_1 - l_n &= 4r(n-1) + (n-1)\delta\{l_n + 2r(n-1)\} \\ \therefore r &= \frac{l_1 - l_n}{4(n-1)} - \frac{\delta}{4}\{l_n + 2(-n1) \cdot r\} \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

(2) が成立すれば右邊第一項だけで摩擦値  $r$  が決る筈であるから, (2) が成立する条件は

$$\frac{\delta}{4}\{l_n + 2(n-1)r\} \ll r \dots\dots\dots(5)$$

で示される。  $l_n$  も  $2(n-1)r$  正であるから, 先づ  $\frac{n-1}{2}\delta \cdot r$  が  $r$  に比し十分小さい事, 即ち  $\frac{n-1}{2} \cdot \delta$  が 1 に比し十分小さい事が絶対必要である。従つて振動回數  $n$  を餘り大きく採る事は(2)の方法を使ふ上には面白くないので擾亂の影響を脱れる爲  $n$  を大きくしようと輕率に考へては失敗に歸する。その様に  $\delta$  が十分小さいとした上で更に  $\frac{1}{4}\delta l_n$  が  $r$  に比し十分小さい程度に  $l_n$  が小さい事が必要である。もう少し具體的に言へば(2)式の方法が使へる爲には, 先づ (i)  $\delta$  が 0.1 程度以下以下即ち  $v' = 1.1$  より以下である事がどうしても必須である。

(1) 地震計の自由振動記象から固有週期  $T_0$  を求める時残留制振  $v'$  があると, 測定された週期  $T_0'$  は  $T_0$  と少し違ふ。それで  $v'$  は不用ではない様にも思はれるが, 實際問題としてはこの補正は甚だ小さいので殆ど  $T_0 \doteq T_0'$  と置いて差支へない。之は  $v'$  の値が 1 に近い時は近似的に

$$T_0 \doteq T_0' - \frac{1}{2} \left( \frac{v'-1}{\pi} \right)^2 T_0' \doteq T_0' - (v'-1)^2 \cdot \frac{T_0'}{20}$$

と云ふ簡明な公式から明らかである。

$\delta=0.1$  なら  $n$  は精々 3 振動位しか採れない。(従つて小擾亂による或る程度の誤差は覺悟すべきである。) 而して  $l_n$  も  $r$  と同じ位の値又は夫以下に採る必要がある。普通本邦で使つてゐるウキーヘルト式や簡單微動計等の  $r$  は 1 耗のフラクションの程度だから、さう言ふ小さな振幅迄  $l_n$  を決める事は無理であるし、第一  $l_n$  が  $r$  の程度迄小さくなれば摩擦力のためにペンの運動が止る事が考へられ、又一方から考へると脈動其の他の擾亂で実際には中々止らないかも知れない。従つて少し前の振幅の減少具合から大體、 $l_n$  が無視出来る程小さくなるだらうと思へる場所を外挿的に見定めて、夫より 2, 3 回前の全振幅を  $4(n-1)$  で割つて  $r$  を求めるがよいのである。

(ii)  $\delta$  が 0.01 位に小さければ  $n$  を 10 回近くしても  $\frac{n-1}{2} \cdot \delta \cdot r$  の方は差つかへを生じない。故に小擾亂に依る誤差は先づ問題とならない。しかも  $l_n$  は  $r$  の 10 倍程度迄なら許せる事になる。即ちウキーヘルト式や簡單微動計等について言へば  $l_n$  が數耗でも構はない事になる。

$\delta$  がもつと小さければ振動回数  $n$  も  $l_n$  も、もつと大きくて構はないのであるが、實際には制振器を全部開放しても  $\delta=v'-1$  はそんなに小さくはならないもので、普通は 0.01 の數倍以上である。

以上の關係は實際にも或る程度確める事も出来る。第 1 表の  $l_i$  は中央氣象臺で使用中のマイン

第 1 表

$i$	$l_i$	$n-i$	$\frac{l_i-l_n}{4r}$
1	70.9耗	15	25.3
2	62.1	14	22.1
3	54.3	13	19.3
4	48.6	12	17.3
5	43.4	11	15.5
6	38.1	10	13.6
7	32.9	9	11.7
8	28.0	8	10.0
9	23.8	7	8.5
10	19.4	6	6.9
11	15.8	5	5.6
12	12.5	4	4.5
13	8.8	3	3.1
14	5.4	2	1.9
15	3.2	1	1.1
16	(0)	—	—

カ式水平動地震計の検定に際し讀み取つた全振幅の値で、 $l_1$  から  $l_{15}$  迄は實測値で之より外挿して  $l_{16}$  は殆ど無視出来る程小さくなるものと假定したのである。 $l_1$  から  $l_{15}$  迄の材料を使ひ(1)式に依る作圖法を行ふと、點は例の通り極めてよく一直線上に並びその結果<sup>(1)</sup>

$$v'=1.064 \text{ 即ち } \delta=0.064$$

$$r=0.70 \text{ 耗}$$

と求まる。

次に公式(2)から求める爲の  $l_n$  として  $l_{16}(=0)$  と假定す)を採り、振動回数を色々に變へて見る。 $\delta \rightarrow 0$  と考へれば

$$r = \frac{l_i - l_n}{4(n-i)} \text{ 又は } n-i = \frac{l_i - l_n}{4r}$$

の筈であるが、第 1 表の  $n-i$  と上の  $r$  を使つて計算した  $\frac{l_i - l_n}{4r}$  を較べて分る通り  $n-i$  が 3 即ち振動回数 4 以下では極めてよく一致する。元來  $n-i=3$  なら  $\frac{\delta}{4} \{l_n + 2(n-i)r\} = \frac{0.064}{4} \times \{0 + 6 \times 0.70\} = 0.067$  で、之は  $r=0.70$  の 10 分の 1 であるからうまく合ふのが當り前で之より  $n-i$  が大きくなると段々合はなくなる。然しこの方法で求めた  $r$  の値は最終振幅  $l_{16}=0$  に對して第一の振

(1) 尙ほ  $T_0=9.6$  秒である。

幅の番號  $i$  が色々の場合に次表の如くなり、振動數が十分小さい時でも、相當の誤差を伴つてゐる。之は前に述べた様に種々の小擾亂が影響したものと見做れる。

$i$	1	6	8	10	11	12	13	14	15
振動回數	15	10	8	6	5	4	3	2	1
$r$	1.18	0.95	0.875	0.81	0.79	0.78	0.73	0.675	0.775

ウキーヘルト式其の他の微動計に就ても大體同じ結果になる。

之を要するに、(2) 式の方法は心得あつて使へば中々の重寶な利器であるが、無暗に使つたのではあやまちの源なる事を知るべきである。

## 2. 變位微動計の適正制振度

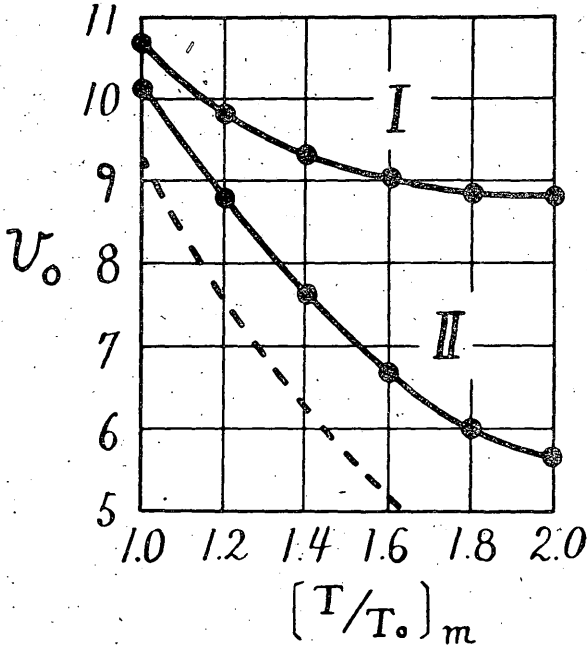
地震計の制振度をどの位の値に保たせて使用するのが適當であるかと言ふ事は現業員として一應考へて置く必要があるであらう。之は地震計の種類で全然話が違ふのであるが、茲では現在本邦測候所で主に使はれてゐる變位地震計に話を限定する。夫でも未だ地動計の様な長週期のもの、強震計、微動計等の別により同一には論ぜられないから、最も頻繁に使用する微動計（ウキーヘルト式地震計、簡單微動計等）について専ら考へる事にする。

この様に地震計を限定しれ上で、次に制振度の適、不適は如何なる基準で決めたらよいかと言ふ問題が起る。それに対しては色々の答もあるだらうが、少し考へて見ると之は中々難しい問題で制振器の種類（磁氣制振器、空氣制振器等）やその實際上の構造等にも關係してゐるものと思はれる。例へば地震計を一度調整したらその制振度は勿論いつまでも一定の値を保つてゐる事即ち制振度の安定性が必要なのであるが、制振器に與へられる小擾亂により、制振度が變る割合はその時の制振度に關係すると思はれる。實際どんな擾亂が起り得て、夫と制振度との關係がどうなつてゐるかは色々の實驗をして見なければ分らない。假に制振器の状態と言ふものは減多に變るものでないとしても、例へば氣温の變化等に因り固有週期が變るかも知れず、固有週期が變れば當然制振度も變り<sup>(1)</sup>、その變り方が又制振度に依ると言ふ次第だから中々複雑である。

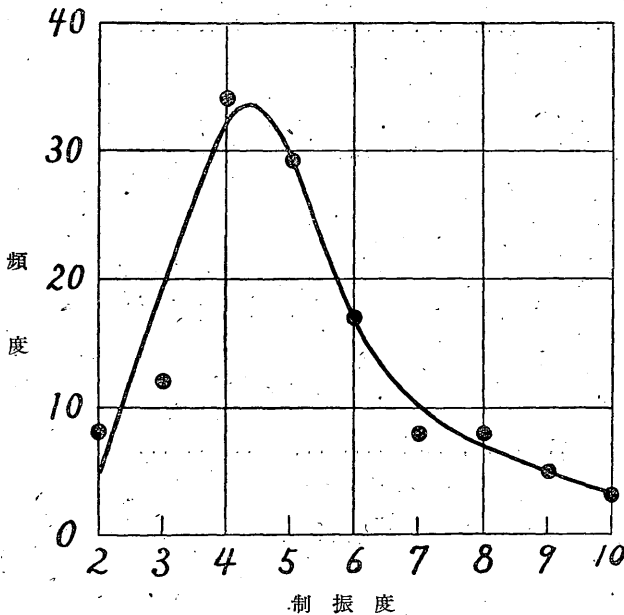
一方制振器を付ける目的は、第一に地震計の自己振動の影響を速かに除去するにあり、その點からは制振度  $v$  を大體 3 位より大きく採つて置けば普通十分である。他の目的としては地震の主要動の振幅を測るのに引續いた正弦波に對する振動倍率  $\mathcal{A}$  を使ふのであるが、之が共鳴に依り非常に大きくなる事を避けるにある。この  $\mathcal{A}$  は勿論地動の週期  $T$  と地震計の固有週期  $T_0$  の比、 $T/T_0$  の函數であるが、共鳴があると  $\mathcal{A}$  の變化が劇しいから  $T/T_0$  の僅かの差、即ち  $T$  や  $T_0$  の少しの測り違ひで  $\mathcal{A}$  の値が非常に違ふ爲に振幅の測定が不正確になると、 $T$  の僅かの違ひにより、記象上に非常に擴大される場所と然らざる場所が出來、一つの地震の記象の型に依り大體地動振幅の

(1) 森田稔、波佐谷慶孝；制振度と週期との關係、測候時報、10 卷 4 號（昭和 14 年）p. 131.

第 1 圖



第 2 圖



時間的變化を概観しようと言ふ様な目的<sup>(1)</sup>に沿はない。之等の點から見ると振動倍率と基本倍率  $V$  との比  $\mathcal{A}/V$  が成るべく 1 に近い事が望ましいのである。斯様な考へは夙に B. Galitzin が名著「驗震學講義」に述べて居るもので<sup>(2)</sup>, Galitzin は

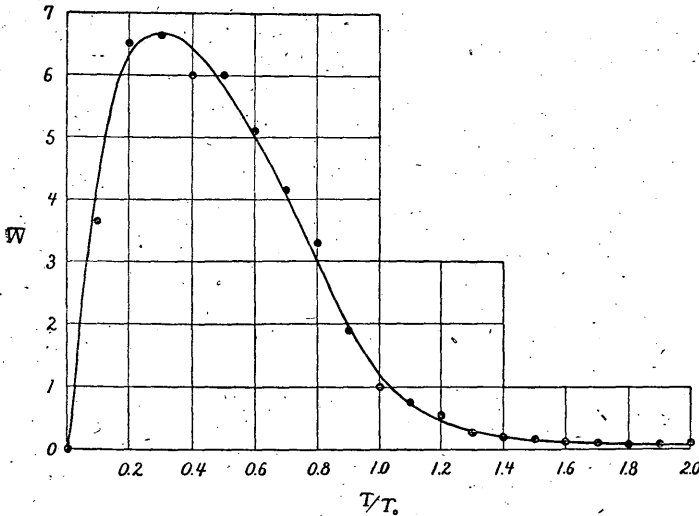
$$\frac{\partial}{\partial v} \int_0^{(T/T_0)_m} \left(\frac{\mathcal{A}}{V} - 1\right)^2 d\left(\frac{T}{T_0}\right) = 0 \dots\dots\dots (6)$$

なるべき制振度  $v$  を數値積分で求めた。茲に  $(T/T_0)_m$  はその地震計による驗測に際し普通現はれる最大の  $(T/T_0)$  の値である。即ち普通使ふ  $T/T_0$  の範圍に對して  $\mathcal{A}$  と  $V$  との差が全體として尤も小さい様な  $v$  を定めたもので之は確かに一理ある考へ方である。Galitzin の答を圖にしたのが第 1 圖の點線である<sup>(3)</sup>。

この結果に依ると  $(T/T_0)_m = 1.6$  で  $v = 5$  位、それより  $(T/T_0)_m$  が小さければ  $v$  をもつと大きくすべきである。一方昭和 15 年夏に或る用で各測候所のウキーヘルト式地震計の制振度  $v$  の頻度を統計に採つた處が、水平動 2 成分と上下動に就て 127 個の値中  $v > 10$  のものが 3 個で、 $v \leq 10$  のものの分布は第 2 圖の様になつた。即ち 4 や 5 位

(1) 記象の型の重要性については、實際驗測に従來する者の熟知する處である。  
 (2) B. Galitzin; Vorlesungen über Seismometrie, deutsch von O. Hecker, (1914) s. 285.  
 (3) Galitzin の答には  $T/T_0 < 1.0$  の範圍のものもある。それはこの曲線を外挿して得られる。

第 3 圖



が極大で3や6となると急に減つてゐる。即ち Galitzin の基準によれば  $(T/T_0)_m = 1.7$  位なら現在の使用制振度の状況は大體良好であると言へる。處が  $(T/T_0)_m$  はどんな値を探ればよいかは實は問題なので、之は實際に現はれる  $T/T_0$  の頻度を調べて見なければ分らない。

第3圖は昭和15年後半から同16年迄の主な地震に於

ける水平最大動の週期  $T$  を方々の測候所で測つた値と、測定當時の固有週期  $T_0$  の比  $T/T_0$  の頻度曲線で、材料は2452個あるが縦座標  $W$  の數字は單に頻度の比だけを表はしてゐる<sup>(1)</sup>。この様な頻度曲線が得られた以上は(6)より寧ろ

$$\frac{\partial}{\partial v} \int_0^{(T/T_0)_m} W \cdot \left(\frac{2l}{V} - 1\right)^2 d\left(\frac{T}{T_0}\right) \dots \dots \dots (7)$$

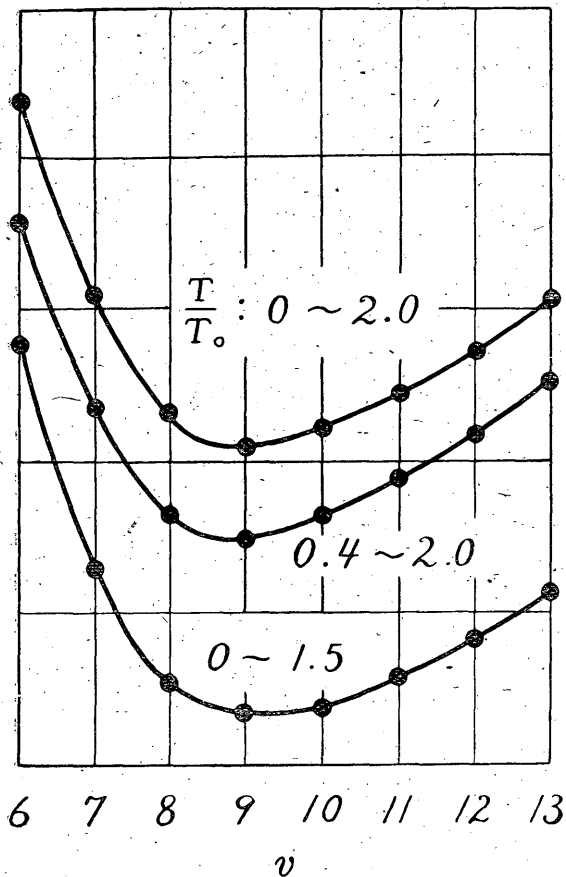
とした方がよいので、 $W$  の曲線が理想的に得られさへすれば  $\left(\frac{T}{T_0}\right)_m \rightarrow \infty$  と探つてよいのだから  $(T/T_0)_m$  の選擇に関する疑問は起らない。然し實際には  $T/T_0$  が大きくなると頻度が少なくなつて點がバラつくし、又種類の違つた地震計で測つたものも相當混り込んでゐると思はれるから、先の方迄  $W$  曲線を正しく追跡する事は出來ない。又  $T/T_0 = 1.2$  位迄は  $W \propto \left(\frac{T}{T_0}\right) \cdot e^{-a(T/T_0)}$  で可成り迄實測値を表はせるが、その先ではもうあてはまらない事が確められたから、簡單な式で外挿すると云ふのも適當と思はれない。そこで圖上から  $W$  の平滑値を読み取つて之を用ひて、色々の  $(T/T_0)_m$  及び  $v$  に對して

$$\int_0^{(T/T_0)_m} W \left(\frac{2l}{V} - 1\right)^2 d\left(\frac{T}{T_0}\right) \dots \dots \dots (8)$$

を數値積分で求めた。第4圖の一番上の曲線は  $\left(\frac{T}{T_0}\right)_m = 2.0$  とした時、種々の  $v$  に對する積分の値<sup>(2)</sup>で、之により極小を與へる  $v$ 、即ち適正制振度  $v_0$  は約8.8位である事が分る。一番下のは

(1) もつと澤山の材料を探り度かつたが、昭和15年の雷災で古い常數表が焼失したので  $T_0$  の値が分らなかつた。然し之だけでも思ひの外に滑らかな曲線が得られた。尙實際には  $T/T_0 = 6$  位のもの迄あるが先の方は打ち切つて、圖示しなかつたのである。  
 (2) 積分値は任意のスケールで書いてある。又3本の曲線の0線も一致してゐない。

第 4. 圖



$(T/T_0)_m=1.5$  の例である。其の他種々の  $(T/T_0)_m$  に對する  $v_0$  を計算してグラフにしたものが、第1圖の曲線Iで、之より  $(T/T_0)_m \rightarrow \infty$  の漸近値を外挿すれば8~9でなければならぬ事を知る。この時實際の頻度曲線(W)の形に應じて、 $v_0$ が速かに漸近値に收斂する事は、上述の考へ方が Galitzin のものより遙かに合理的である事を示すものである。

實際振動倍率を使つて振幅を計算する頻度と言ふ點から見ると、 $(T/T_0)$ が0に近い時は  $v$ に關せず  $\mathcal{W}/V \doteq 1$  と言ふ事が分つてゐるのでわざわざ倍率曲線を参照する人はないのだから、 $T/T_0$ の0~0.3位の範圍の使用頻度  $W$  は0と考へる事も出来る。夫で(8)の代りに

$$\int_{0.4}^{(T/T_0)_m} W \left( \frac{\mathcal{W}}{V} - 1 \right)^2 d \left( \frac{T}{T_0} \right)$$

を作つて見た。第3圖中央の曲線は、 $(T/T_0)_m=2.0$ の例で、之からも分る通り、

$T/T_0$ の0附近の値は入れても入れなくても結果には殆ど關係しない事が分る。

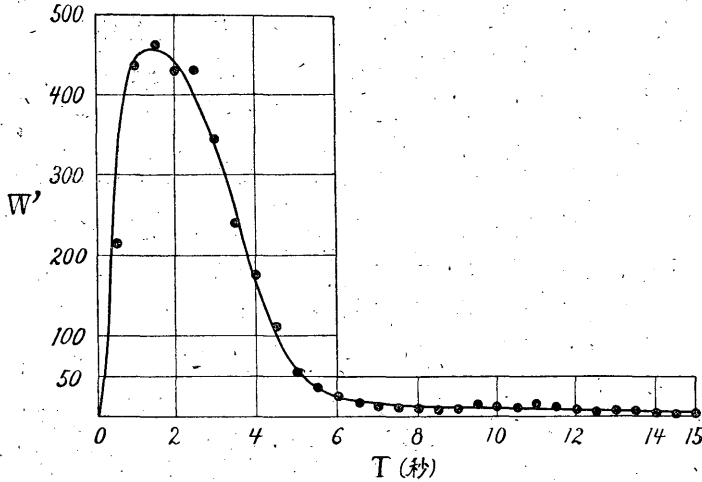
以上の結果と第2圖とを比較すると現在各地で使用してゐる制振度は、この見方からすれば小さ過ぎると言ふ事になるのであるが<sup>(1)</sup>、元來制振度と言ふものは固有週期  $T_0$ の大小と聯關して決るものであるから、色々の  $T_0$ に對して適正制振度  $v_0$ が決る筈である。其處で先づ大きい地震の主要動の水平最大動の週期  $T$ の日本全國に於ける測定頻度  $W'$ を統計して圖示すると第5圖の様なつた<sup>(2)</sup>。即ち1.5秒位の處に極大がある。之は近地地震が多いからである。この  $W'$ を使ひ色々な  $T_0$ に對し前と同様な方法で

(1) 之は制振器の出來の良否にも關係するのであらうが、近來空氣制振器でも磁氣制振器でも使用範圍の廣い良好なものが出來て來た。

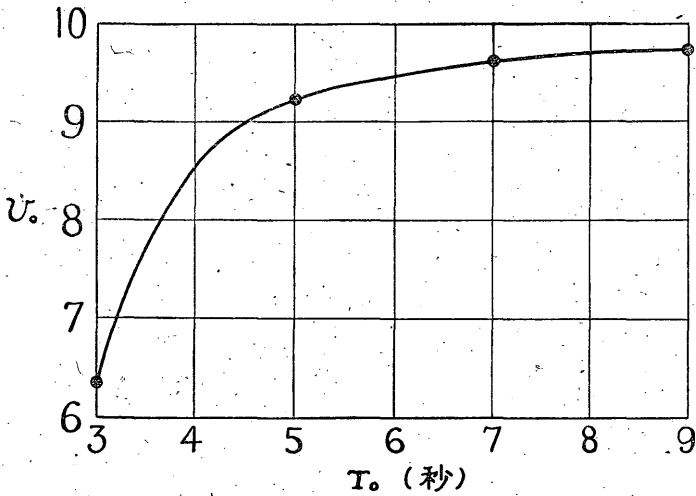
(2)  $T$ の最も大きいのは31秒迄であつたが圖には15秒以上は略した。觀測される  $T$ の頻度は勿論使用地震計に關係するわけであるから、地動の中に尤も頻繁に現はれる  $T$ と一致するとは限らない、然し今は使用する地震計を微動計と限定して話を進めてゐるから之でよいのである。

$$\frac{\partial}{\partial v} \int_0^{(T/T_0)_m} W' \left( \frac{2l}{V} - 1 \right)^2 d \left( \frac{T'}{T_0} \right) = 0$$

第 5 圖



第 6 圖



ならしめる  $v_0$  を求めた。この際にも  $(T/T_0)_m$  の値を、色々變へて外挿的に  $(T/T_0)_m \rightarrow \infty$  に對する  $v_0$  の漸近値を求むべきであるが、そう詳しい數値が必要なわけではないから手数を省いて  $(T/T_0)_m$  は總て 2.0 とした。その結果は第 6 圖に示してある。  $T_0$  を 3~9 秒にしたのは大體現用微動計にあてはめる爲である。之に依ると  $T_0$  を大きくする程、制振度  $v$  も大きくすべき事になり、一寸常識に反する様に見えるが、元來  $T_0$  が大きいとか小さいとか言ふのは、測るべき地動の週期に對して、非常に大きいとか同程度とか言ふ事で變位地震計の性能が質的に違つて來ると言ふ意味で、只今の計算の様な  $T_0$  の 3~9 秒と言ふ狭い範圍では第 5 圖の頻度曲線の影響が

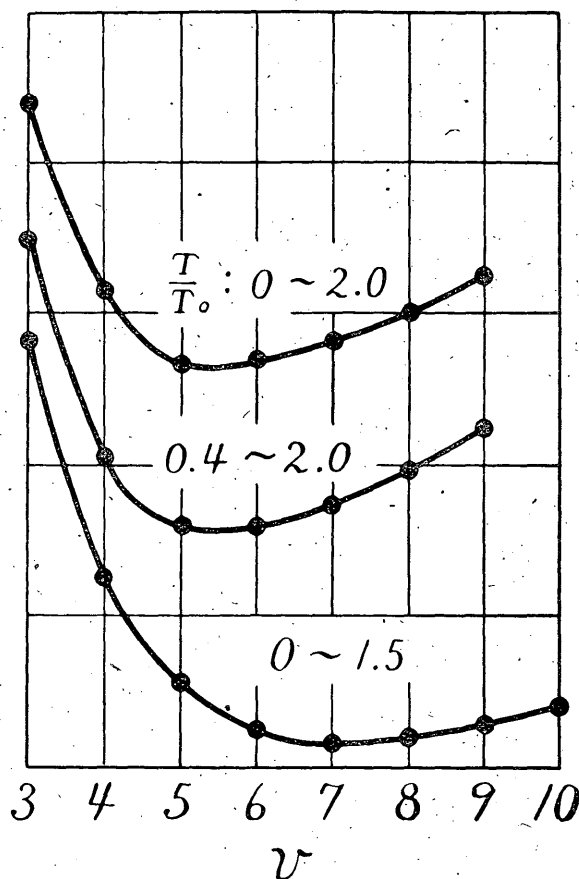
強く働いて上の如き結果を生むのは當然である。尤も先に述べた様に  $(T/T_0)_m$  を 2.0 と採つた缺點があるから、茲に得た  $v_0$  の一々の數値に重きを置く積りではないので、唯大體の見當として、少く共 6 か 7 以上の制振度にしたと言ふわけである。

制振度を大きくすると、固有週期  $T_0$  が小擾亂の爲少し變つた時その影響に依る  $v$  の變化が劇しい<sup>(1)</sup>と言ふ缺點があるが、その代り倍率曲線を見れば分る通り、 $v$  の變化による  $2l/V$  の變化が極

(1) 森田稔, 波佐谷慶孝, 前出



第 7 圖



めて小さいから好都合である。又制振器が直接小擾亂を受けた時でも勿論同様である。即ち  $\nu$  の値は假令安定でなくとも  $\mathfrak{A}/V$  の値が割合安定になるから普通の目的には  $\nu$  が大きい方がよい。然し乍ら餘り大きくし過ぎるのは又感心出來ないので、夫は第 6 圖が適正曲線である事から明らかである。就中無週期的にするのは面白くない。即ちその様に大きな制振作用は振子の自己振動の影響を却つて長引かせる事になり、又初動の振動幅の測定等にも大制振は不利であるはよく知れて居る事である。

之等の點から綜合して現在各測候所で使用中の週期 4, 5 秒程度の微動計に對して制振度は 7 乃至 9 位で少く共 6 位迄に保たしめるのが適正であると考へる。之は實際に多數の地震を處理した經驗とも一致するものである。

之迄は  $\mathfrak{A}/V$  を對照として考へたが、

この逆數  $V/\mathfrak{A}$  は Galitzin が  $U$  と言ふ記號で表はして使つたもので<sup>(1)</sup>、實際計算尺等を使つて振動倍率  $\mathfrak{A}$  により澤山の地動の振幅を測定する時は  $\mathfrak{A}/V$  の表を使ふより  $U$  の表を使ふ方が便利な事は經驗した者の熟知する處である。故に  $U$  が平均に於て 1 に近い様に  $U$  を定めると言ふ見方も成立する筈である。

第 7 圖は  $\mathfrak{A}/V$  に於ける第 4 圖に相當するものを  $U$  について書いた圖で

$$\int_0^{2.0} W(U-1)^2 d\left(\frac{T}{T_0}\right)$$

等を表はす。又第 1 圖の曲線 II は色々の  $(T/T_0)_m$  に對する適正制振度を表はすものであるが、

(1) B. Galitzin, Seismometrische Tabellen, (1911), 之をノモグラフにしたものは A. Sieberg の Erdbenkunde (1923) p. 513 頁等に W. Schmidt のものがあり、又驗震時報第 10 卷第 1 號 (昭和 12 年) に喜多村技師のがある。普通のグラフにするには縦に  $\log U$  を入れた片對數方眼紙を使ふのが一番便利である。横軸  $T/T_0$  の方も對數を採つたものもある。(A. Sieberg 上掲, 512 頁)

曲線 I の様に漸近値に近づかない。之は  $U-(T/T_0)$  曲線が  $(T/T_0)$  の増すと共に急に  $\infty$  に向つて増大する爲、 $(T/T_0)$  の大きい値に對する正當な  $W$  の精しい値が必要となる爲で、 $U$  を對照としたのでは、このやり方で基準を決め難い事を示す。然し何と言つても固有週期  $T_0$  の 2 倍以上もある地動の振幅を測らうと言ふのは相當無理な事なのだから、そう言ふ場合を取り除いてよいものとするれば矢張り 6 程度より大きい制振度を要求する事になるもので、先の結論と矛盾しないと思ふ。尙ほ位相の後れについては全然考慮しなかつたが、實際の場合にも現業としては餘り考慮しないから大して問題にはならない。

終りに當り、材料の蒐集や退屈な計算に御助力戴いた鈴木實枝子、松本澄兩嬢及び製圖をして頂いた高見良枝嬢に深甚の謝意を表する。(昭和 17 年 7 月 於、中央氣象臺)