はこの頃より既に吾人に對して警告を發して居たかの如き觀がある。

本文を草するに當り故今村明恒博士及び辻村太郎博士の著書並に論文，並に兩先生より親しく教示せられた所に負ふ點が甚だ多い。爰に筆を擱くに當り上記兩先生に深甚なる感謝を捧げる次第である。（昭和 23 年 10 月）

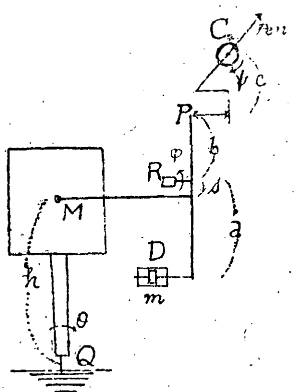
ウイーヘルト式地震計の常數間の關係

本 間 正 作*

§.1 ま え お き.

ウイーヘルト式水平動地震計の固有週期を加減する時アルミニウム・レバーを支える板バネとスラスト・アームとの距離を調節するが，これに伴つて制振度や摩擦値がどのように變るはずか調べて見た結果を報告する。この文を讀まれる前に昭和 7 年の測候時報 3 卷 34 号(426—432) 所載の鷺坂清信氏の論文「ウイーヘルト式地震計の週期の調整について」を一讀されると參考になる。

§.2 方 程 式.



圖において M は質量 M なる重錘，R は板バネ，Q は十字バネ，D は空氣制振器，C はチョウチンバネである。Q の廻りの系の慣性能率を I，制振器の振動子の質量を m，吊糸の長さを l とする。板バネ，十字バネ及びチョウチンバネの單位屈曲角によつて生ずる力のモーメントをそれぞれ k_R, k_Q 及び k_C，各々の屈曲角を φ，θ 及び Ψ とする。その他 a, b, c, s, h 等の長さは圖にあるようなものとする。

$$h\theta=s\varphi, \qquad b\varphi=c\Psi \tag{1}$$

と言う關係がある。各部の復元力 F を重錘の重心に引きなおすと，(1) を參照して，

$$\left.\begin{aligned}
F_R&=k_R\frac{\varphi}{s}=k_R\frac{h}{s^2}\theta,\\
F_G&=Mg\theta,\\
F_Q&=k_Q\frac{\theta}{h},\\
F_D&=\frac{mga\varphi}{l}\times\frac{a}{s}=\frac{mgh}{l}\left(\frac{a}{s}\right)^2\theta,
\end{aligned}\right\} \tag{2}$$

* 松代地震觀測所

$$F_C = k_C \frac{\Psi}{c} \times \frac{b}{s} = k_C \frac{b^2 h}{c^2 s^2}\theta.$$

次の制振係數を λ とすると，重心に引きなおした制振力は

$$\lambda a\dot{\varphi} \times \frac{a}{s} = \lambda\left(\frac{a}{s}\right)^2 h\dot{\theta}.$$

固体摩擦力はペン先とか連結杆の兩端等圖の P 点より先の方で作用するのが主要なものであるから，これらを一括して P 点に引きなおしたものの大きさを S とすると，重心に及ぶ力は $\frac{b}{s}S$ である。

(2) の復元力と上記の制振及び摩擦力を入れて自由振動の式は，

$$I\ddot{\theta} = -\left\{F_R - F_G + F_Q + F_R + F_S + \lambda\left(\frac{a}{s}\right)^2 h\dot{\theta} \pm \frac{b}{s}S\right\}\cdot h,$$

$$\therefore\quad I\ddot{\theta} + \lambda a^2\left(\frac{h}{s}\right)^2\dot{\theta} + \left[\left\{k_R + \frac{mga^2}{l} + k_C\left(\frac{b}{c}\right)^2\right\}\left(\frac{h}{s}\right)^2 - (Mgh - k_Q)\right]\theta$$

$$\mp b\left(\frac{h}{s}\right)S = 0$$

となる。

記象紙上の振巾を ξ，幾何倍率を V とする。鷺坂氏の前出論文によると

$$I = Mh^2 \tag{3}$$

とおいても大過ないから

$$\xi = Vh\theta \tag{4}$$

と考えてもほとんどさしつかえない。そこで上の方程式の兩辺に $\frac{Vh}{I}$ をかけて，

$$\alpha = \frac{1}{I}\left\{k_R + k_C\left(\frac{b}{c}\right)^2 + \frac{mga^2}{l}\right\}, \tag{5}$$

$$\beta = \frac{h}{I}\left(Mg - \frac{k_Q}{h}\right), \tag{6}$$

$$\alpha\left(\frac{h}{s}\right)^2 - \beta = \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2, \tag{7}$$

$$2\varepsilon = \frac{\lambda a^2}{I}\left(\frac{h}{s}\right)^2, \tag{8}$$

$$\gamma = \frac{b\frac{Vh}{I}\left(\frac{h}{s}\right)S}{\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2} \tag{9}$$

とおくと

$$\ddot{\xi} + 2\varepsilon\dot{\xi} + \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2(\xi \mp \gamma) = 0 \tag{10}$$

と言う標準の運動方程式になる。T_0 は地震計の固有週期になる。

§.3 制振度と週期の關係

§.1 にも述べたように T_0 を調節するのに s を變化させる。この時制振度がどう變るかは，(7) と (8) から $\left(\frac{h}{s}\right)^2$ を消去すれば分るので

$$\varepsilon=\frac{\lambda a^2\beta}{\alpha I}\left(1+\frac{4\pi^2}{\beta}\cdot\frac{1}{T_0{}^2}\right) \tag{11}$$

となる。

他の狀態は一定にしたまゝ s を色々に變化させた時の ε と T_0 の觀測値から $\frac{\lambda a^2\beta}{\alpha I}$ 及び $\frac{4\pi^2}{\beta}$ の値をきめうるはずである。ε と制振比 v との關係は

$$\varepsilon=\frac{2\pi}{T_0}\cdot\frac{\frac{1}{\pi}lg_e v}{\sqrt{1+\left(\frac{1}{\pi}lg_e v\right)^2}}=\frac{2\pi}{T_0}\cdot\frac{0.733lg_{10}v}{\sqrt{1+(0.733lg_{10}v)^2}} \tag{12}$$

で與えられる。

§.4 摩擦値と週期との關係

(9) 式で V は b/s に比例する量だから，s に無關係な値 U を適当に選ぶと

$$V=U\cdot\frac{b}{s} \tag{13}$$

とおける。したがつて (7) を參照して

$$\begin{aligned}\gamma&=U\cdot\frac{b^2S}{I}\cdot\left(\frac{T_0}{2\pi}\right)^2\left(\frac{h}{s}\right)^2\\&=U\frac{b^2S}{\alpha I}\left(1+\frac{\beta}{4\pi^2}T_0{}^2\right).\end{aligned} \tag{14}$$

摩擦係數を f とすると

$$f=\frac{\gamma}{T_0{}^2}=U\frac{b^2S\beta}{4\pi^2\alpha I}\left(1+\frac{4\pi^2}{\beta}\frac{1}{T_0{}^2}\right) \tag{15}$$

となる。(14) と (15) から摩擦値は週期と共に増加し，摩擦係數は逆に減少することが分る。この結論は J. Lacoste の論文 "Observations sur le Frottement dans les Inscriptions sur Noir de Fumée," Publ. Bur. Centr. Séism. Intern., Séris A, (1935), p.167 に述べられてある實驗結果と定性的に一致している。

(14) で r と T_0 の觀測系列が與えられると $\frac{\beta}{4\pi^2}$ が決るはずである。

§.4 實 測 例

ある地震計で s を色々にかえた實驗を行つたら，次表のようになつた。そこで一方では (11) 式により ε と $\frac{1}{T_0{}^2}$ の一次關係を使い，他方では (14) の r と $T_0{}^2$ の關係を使いそれぞれ最小二乘

法で常數を求めて β を計算すると

$$\beta_v=10.85 \qquad \beta_r=8.45$$

となつて大變に違つた値になつた。

T_0(秒)	v	r (粍)
2.70	3.01_5	0.216
2.84	3.03	0.229
3.00	3.20_5	0.240
3.22	3.50_5	0.265
3.51	3.44	0.309
4.11	4.07	0.381

さて (6) に (3) を入れて變形すると

$$k_Q=I\left(\frac{g}{h}-\beta\right) \tag{16}$$

で $g=980$, $h=97$, $M=2\times10^5$, $I=1.88\times10^9$ (いずれも C.G.S. 單位) を入れると

$$k_Q=1.88\times(10.10-\beta)\times10^9 \quad (\mathrm{C.G.S}) \tag{16'}$$

となるから，β_v から出る k_Q は負になる。β_r から出るのは 3.10×10^9 となる。鷺坂氏の實驗 (前出) から得られた値から k_Q を換算すると 1.94×10^9 となるからオーダーは合うが値が5割方大きい。これは鷺坂氏の使われた地震計と私の用いた地震計の十字バネが本當に強さが5割違つているのではなく，おそらく (i) v とか r の値には大きい誤差が入りやすい事と (ii) 前節にのべた理論が不十分な點に由來するものと思われる。

(i) の困難については西澤義則氏と私の共著「地震計の摩擦値の正確さについて」本誌20頁を參照されたい。(ii) については次のような事實があつた。すなわち上の實驗の延長としてもつと週期の長い場合があと3個あつて，(最長の $T_0 \fallingdotseq 6.2$ 秒) そのような長い週期に對しで v は (11) による計算値より大きい方に變化し，r は (14) 式による計算値より小さい方に變化し，いずれも變化量は T_0 と共に大きくなる。 (昭和 24.5.3)

上下動地震計の吊バネの質量の影響

本　間　正　作*

§1. まえがき　ふつう上下動地震計の理論においては重錘を吊るバネは彈力を持つだけで質量はないものと考えているが，ウイーヘルト式地震計などではずい分大きなバネが使つてあり，强震計ではバネは小さいが重錘もまた可成り小さいからどの程度に理論が有効なものか一應調べておく必要がある。バネの質量の固有週期に及ぼす影響については B. Galitzin の公式[1] があるが强制振動に對する影響も考慮すべきであろう。[2]

* 松代地震觀測所

(1) B. Galitzin, Vorlesungen über seismometrie (1914) 386—387. 公式 (18) たゞし證明はのべていない。