

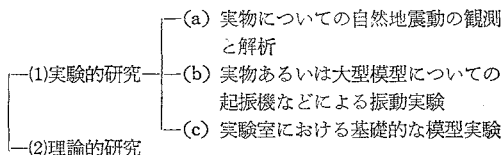
# 陰極線オシロスコープによる定常地震動

## (変位・速度・加速度)の観測装置\*

丹 羽 新\*\*

### 1. 緒 言

耐震構造の研究を大別すれば次のようになると考えられ、これらが総合されて完全なものとなる。



これらのうち起振機を用いた実験は最も基本的なものであり、本報告の測定器も主としてこの実験のために計画されたものである。

従来自然地震の Routine Observation に用いられてきた計器は、待機上必然的に Long Recording を要求されるために記録器の紙送り速度を速くすることに無理があり、適当な点で妥協せざるをえない。従つてこれらの計器から読みとれる地震動の微細構造にはおのずからある限界がある。この点を改良するために磁気録音テープを利用した記録装置<sup>1)</sup> やスターター<sup>2)</sup> を用いることがくふうされたり、また上記 (b), (c) の実験では記録器として電磁オシログラフを用いて、記録の時間軸をのばすことなどが実行されているようである。

さて、われわれの所では数年前人工地震発生装置(大型起振機)をつくり、以来上記 (b) に概当する実験的研究をつづけてきた。この装置は地盤に定常地震動を発生するから、ある一連の振動波形がくり返し続いてくるので、その単位となる一連の波形だけを時間的にひろげて見ればよいことになる。われわれはこの観点に立脚して振動土圧計をつくり振動土圧(圧力)の測定を続けてきたが<sup>3), 4)</sup>、今回は同じ立場で地震動(振動)の測定器をまとめてみた。

図-1 にこの装置の構成を示す。すなわち換振器として可動線輪型のピックアップを用い、この出力を適当に処理して陰極線オシロスコープの Y 軸に加え、X

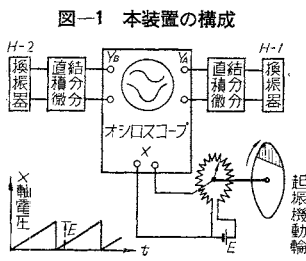


図-1 本装置の構成

軸の全長が上述の単位波形の周期、あるいはその 2 倍の時間になるように時間掃引を行なつて波形をとらうとするものである。すなわちブラウン管のスクリーン全面をつかつて単位波形あるいはそれが 2 つつながつた振動波形を画かせるので、地震動の細かい点まで非常にはつきりあらわれてくる。なおブラウン管には電子銃 2 個を持つ 2 現象用のものを採用したので、異なつた 2 つの波形の位相差もきわめて明りようになる。図-1 のように換振器からの出力は、そのまま、あるいは積分回路、または微分回路をとおして Y 軸に加えるが、これらは次に述べる測定対照について十分な性能をもつようにした。測定対照とは人工地震発生装置によつて起こされる地震動で、振動数は高次振動もふくめて 2~30 c.p.s., 最大変位振幅は 1.5 mm くらいである。

本報告は、これらの測定器およびその校正について述べ、えられたオシログラムを紹介する。

### 2. 測定原理

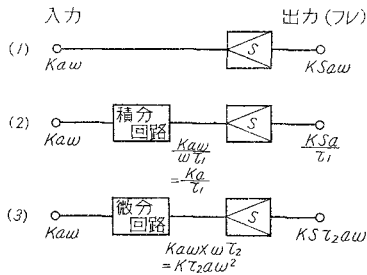
固有振動周期 2 sec の振子を持つ可動線輪型換振器が 2~30 c.p.s., の地震動を受けた場合、この振子が適当な制振状態にあるものとすればこの換振器の出力は振動速度に比例する。この出力電圧を  $Ka\omega$  とする。

ここに、 $a$ : 振動の変位振幅 (cm),  $\omega$ : 角速度 (rad/sec) であり、 $K$ : 比例係数で、換振器の出力インピーダンスを考慮したときの電圧感度 (Volt/kine) である。 $Ka\omega$  (Volt) がオシロスコープの Y 軸増巾器の入力となり、この時のオシロスコープの感度を  $S$  とする。 $S$  はスクリーン上におけるスポットのフレの長さを入力電圧との比 (cm/Volt) で表わされる。図-2 (1) に示すように入力  $Ka\omega$  (Volt) を直接 Y 軸増巾器に加えるとスクリーン上のスポットのフレは  $KSa\omega$  (cm) となる。また図-2 (2), (3) に示すように換振器と増巾器の間に積分回路、あるいは微分回路を入れるとスポットのフレはそれぞれ  $KSa\tau_1$  (cm), および  $KS\tau_2 a\omega^2$  (cm) となる。ここに  $\tau_1, \tau_2$  は積分回路および微分回路のとき定数である。従つて次式をうる。

$$\left. \begin{aligned} \text{速度} &= \frac{x}{KS} && (\text{kine}) \\ \text{変位} &= \frac{x \times \tau_1}{KS} && (\text{cm}) \\ \text{加速度} &= \frac{x}{KS\tau_2} && (\text{gal}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

\* 第 3 回地震工学研究発表会で概略発表  
\*\* 正員 運輸技術研究所港湾施設部

図-2 測定原理の説明図

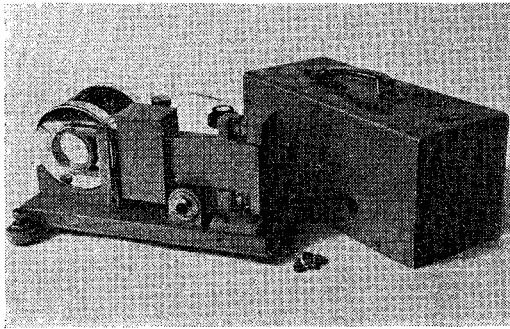


ただし  $\omega$  はスポットのフレを cm 単位で表す。

### 3. 換振器

採用した換振器<sup>5)</sup>は北海道大学地球物理学教室 田望助教授の設計によるもので、固有周期 2 sec の水平動振子 2 台である。これは写真-1 に示すように水平振子方式をとっているが、その回転軸は鉛直で復元力は板バネの

写真-1 換振器



弾性力のみによっている。また永久磁石の材料は MK-5 を用いており、許しうる振子の最大変位は 1.5 mm である。次に器械常数の測定について述べる。

#### (1) 振子常数

振子の部分のみ取りはずして必要な常数を測定した。

- a) 振子の質量  $M=2508$  gr
- b) 回転軸と振子の重心との距離  $H_0=7.38$  cm
- c) 回転軸とコイルの中心との距離  $L=18.1$  cm
- d) 相当単振子の長さ  $l=10.32$  cm

振子の板バネ部にナイフ エッジを取りつけ、これを支点として鉛直に支え重力場内で振動させてその周期  $T$  を測定した。この実体振子は 60 回振動するのに 38.68 sec を要した (60 回振動させる測定を 17 回くり返し行なった平均値)。従つて  $T=0.6447$  sec,  $T=2\pi\sqrt{l/g}$  より  $l=10.32$  cm をえた。

- e) 回転軸のまわりの慣性モーメント  $I$   
 $I=I/MH$  より計算して  $I=1.909 \times 10^5$  gr-cm<sup>2</sup>

#### (2) 電圧感度—静的感度校正—

電圧感度  $G_0$  は次式<sup>6)</sup>で表わされる。

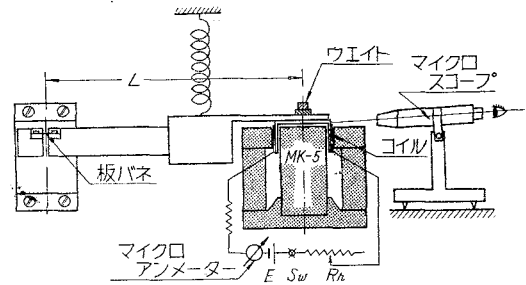
$$G_0 = G/l = 2\pi rNHl/l$$

ここで、 $G$ : コイルの常数 c.g.s. 電磁単位,  $r$ : コイ

ルの半径,  $N$ : コイルの巻数,  $H$ : 磁場の強さであり,  $L, l$  は上述のとおりである。

これらの数値のうち  $H$  の正確な値を求めることがむずかしく、上式を用いて正確な電圧感度を算出することは困難である。その他二、三の方法を試みたがいずれも失敗におわつた。その後田望助教授の指導をえて次に述べる方法を探つたところ、はなはだ正確な値がえられたので、ここに発表する。

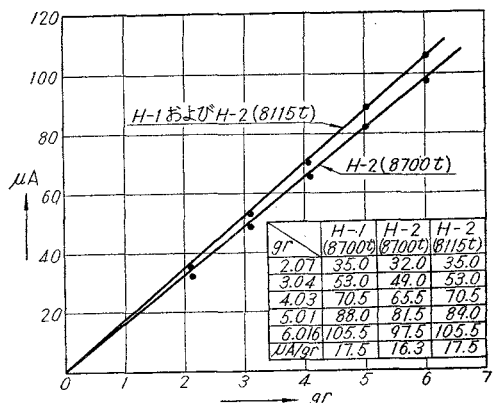
図-3 に示すように水平動振子を横倒しにして、振子  
 図-3 静的感度校正の説明図



の適当な位置をコイル スプリングで吊つて振子を宙に浮かせる(従つて上下動振子の形となる)。コイルの中心にあらかじめ質量  $m$  のわかっているウエイト (純粋な非磁性体) を乗せてコイルを沈ませる。次に外部からコイルに除々に電流を振子を押し上げる方向に流し、ウエイトによる沈下がちようど元にもどつたときの電流値  $i$  を読みとる。この沈下量の復元を監視するためにマイクロスコプを用いた。しかるとき  $G$  および  $G_0$  は次式で求められる。

$$\left. \begin{aligned} G &= mgL/i \text{ (c.g.s. 電磁単位)} \\ G_0 &= G/l \times 10^{-8} \text{ (Volt/kine)} \end{aligned} \right\} \dots\dots (2)$$

図-4 静的感度校正の結果



この方法によつてえた結果を図-4 に示す。この図でわかるように H-2 の換振器は H-1 にくらべて電圧感度が高いので、コイルの巻数を 8700 t から 8115 t に減らして、再び校正したところ両者は完全に一致した。1 アンペアは  $10^{-8}$  c.g.s. 電磁単位であることを考慮に入

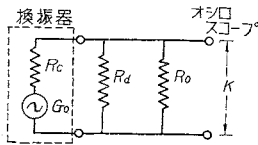
れて、図-4の結果を式(2)に代入して次の値をえた。

$$\left. \begin{aligned} G &= 1.013 \times 10^{10} \text{ (c.g.s. 電磁単位)} \\ G_0 &= 9.81 \text{ (Volt/kine)} \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

### (3) 制動抵抗

振子に適当な制動を与えるために換振器のコイルの両端を適当な抵抗  $R_d$  で短絡する方式をとつた。それゆえ図-5のようにコイルの内部抵抗  $R_c$ 、制動抵抗  $R_d$ 、オシロスコープの入力インピーダンス  $R_0$  の3つが並列に接続された形となり、電圧源  $G_0$  に対する全負荷インピーダンスを  $R$  とすれば、 $R = R_c + (R_d // R_0)^*$  である。

図-5 コイルに連がる回路



$R_c$ : コイルの内部抵抗  
 $R_d$ : 制動抵抗  
 $R_0$ : オシロスコープの入力インピーダンス

この  $R$  に電流が流れてコイルの機械的運動は制動力を受けることになる。この制動の度合を示す数値として減衰常数  $h$  をとると、 $h$  と  $R$  (Ohm) との間には次の関係<sup>7)</sup> があることが知られている。

$$h = \frac{1}{4\pi \times 10^9} \cdot \frac{1}{f_0 I} \cdot \frac{G^2}{R} \dots (4)$$

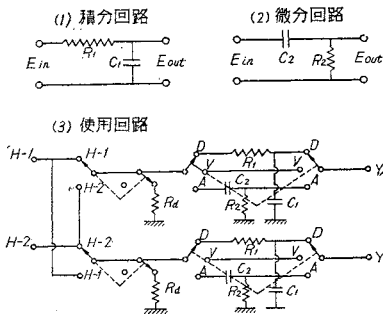
ここで、 $f_0$ : 振子の固有振動数である。

変位計の共振曲線より明らかなように、 $h^2 = 0.4$  付近の曲線が最も平坦部が広い。いま  $h^2 = 0.4$  ( $h = 0.632$ )、 $f_0 = 0.5 \text{ c.p.s.}$ 、および上に求めた  $I, G$  の値を式(4)に代入し、さらに  $R_c = 10 \text{ k}\Omega$ 、 $R_0 = 2 \text{ m}\Omega$  の値を用いて  $R_d$  を計算すれば  $135 \text{ k}\Omega$  となる。従つて図-5に示すオシロスコープの入力端子における電圧感度  $K$  は、 $K = 0.926 G_0$  となる。

## 4. 積分回路と微分回路

換振器の出力電圧を積分あるいは微分するために図-6(1), (2)に示すようなCR回路を用いた。図にお

図-6 積分回路と微分回路



\*  $R_d$  と  $R_0$  の並列接続

いて  $E_{in}$  として角速度  $\omega$  の正弦波  $E_m \sin \omega t$  を加えた場合次式<sup>8)</sup> が成立する。

積分回路;  $C_1 R_1 = \tau_1$  とする。

$$E_{out} = \frac{E_m}{\sqrt{1 + (\omega \tau_1)^2}} \sin(\omega t - \delta_1) \approx \frac{E_m}{\omega \tau_1} \sin(\omega t - \delta_1) \dots (5)$$

ここで、 $\delta_1 = \tan^{-1} \omega \tau_1$ 、 $\omega \tau_1 \gg 1$  とする。

微分回路;  $C_2 R_2 = \tau_2$  とする。

$$E_{out} = \frac{E_m \omega \tau_2}{\sqrt{1 + (\omega \tau_2)^2}} \cos(\omega t - \delta_2) \approx E_m \omega \tau_2 \cos(\omega t - \delta_2) \dots (6)$$

ここで、 $\delta_2 = \tan^{-1} \omega \tau_2$ 、 $\omega \tau_2 \ll 1$  とする。

すなわち積分回路では  $\tau_1$  をできるだけ大きく、微分回路では  $\tau_2$  をできるだけ小さくすればよい。 $C_1, R_1, C_2, R_2$  の決定には次のことを基準とした。周波数  $2 \sim 30 \text{ c.p.s.}$  の正弦波に対して  $\delta_1 = 87^\circ$  以上、 $\delta_2 = 3^\circ$  以内。この基準とオシロスコープの感度とを考え合わせて、 $C_1 = 2 \mu\text{f}$ 、 $R_1 = 1 \text{ m}\Omega$ 、 $C_2 = 0.006 \mu\text{f}$ 、 $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$  (いずれも製品表示値) を選んだ。なおこれらの回路は2回路ずつ使用するの、あらかじめ同じ常数のものを選び出した。 $\tau_1, \tau_2$  の値は式(1)によつて重要な数値であるので、次の2つの方法を用いてさらに精密に測定した。

a)  $C_1, R_1, C_2, R_2$  をべつべつに交流ブリッジを用いて測り、 $C_1 R_1, C_2 R_2$  の積を求める方法。

b) 図-6(1), (2)の  $E_{in}$  として低周波発振器を用い、 $E_{in}$  と  $E_{out}$  を同時に2現象陰極線オシロスコープに加えてこれらを測定し、式(5), (6)を用いて  $\tau_1, \tau_2$  を逆算する方法。

以上の方法を数回くり返えしその平均値として次の値をえた。

$$\left. \begin{aligned} \tau_1 &= 2.1 \text{ sec} \\ \tau_2 &= 0.00030 \text{ sec} \end{aligned} \right\} \dots (7)$$

図-6(3)は実際に使用している回路で、換振器 H-1 と H-2 それぞれの変位、速度、加速度の6つのうち任意の2つを  $Y_A$ 、あるいは  $Y_B$  軸に加えるようになっている。写真-2は矩形波とその積分波形、写真-3は矩形波とその微分波形を示すオシログラムである。これらから  $\delta_1, \delta_2$  にもとづく位相誤差は事実上問題にならないことがわかる。換振器とオシロスコープとの間にこのような回路が入つたため換振器の負荷インピーダンスの値がききに決定したものと異なってくる。そのために  $K$  と  $h$  の値がかわり、従つて振子の周波数特性もかわってくることになるので次にその影響を調べて見よう。

$2 \sim 30 \text{ c.p.s.}$  の正弦波に対して積分、微分回路のインピーダンスを計算し、式(4)を用いて  $h^2$  をそれぞれの場合について求めると、 $h^2 = 0.355 \sim 0.45$  の偏差がある。いま  $h^2 = 0.35 \sim 0.45$ 、 $u = 0.25 \sim 0.08$  ( $u = n/p =$  振子の振動数/地動の振動数) の範囲で倍率係数<sup>9)</sup> を計算して見ると表-1 のようになる。この表よりわかるように

写真-2 矩形波とその積分

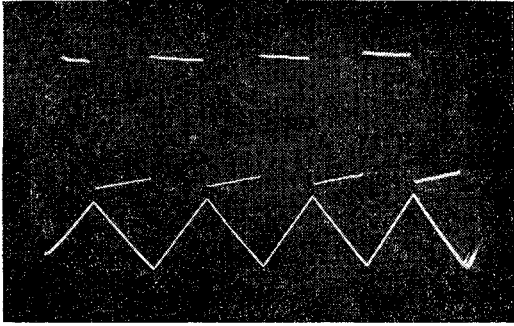


写真-3 矩形波とその微分

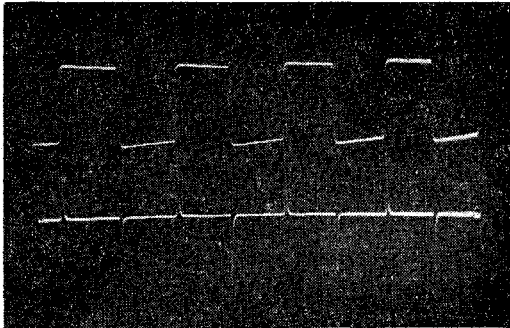


表-1 倍率係数  $\left(\frac{1}{\sqrt{(u^2-1)^2+4h^2u^2}}\right)$  の値

$u$	$h^2=0.35$	$h^2=0.40$	$h^2=0.45$
0.08	1.002	1.001	1.001
0.10	1.003	1.002	1.001
0.15	1.007	1.004	1.002
0.20	1.011	1.007	1.003
0.25	1.017	1.011	1.004

2 c.p.s. 以上の地動に対して振巾誤差は 1.7% 以下である。同様にして  $K$  と  $G_0$  の関係を調べると  $K=(0.922 \sim 0.931)G_0$  の偏差をもつ。平均値として  $K=0.925G_0$  としても 1% 以下の誤差しかふくまれない。ゆえに

$$K=0.925G_0=9.07 \text{ (Volt/kine)} \dots\dots\dots (8)$$

### 5. 陰極線オシロスコープ

写真-4 に記録器として採用した陰極線オシロスコープ<sup>10)</sup>を示す。これは 2つの電子銃を持つ 2現象ブラウン管 (130 TB 11) を使用し、垂直水平両軸とも平衡型直流増巾器を内蔵した 2現象オシロスコープである。図-7 は本器の構成を示す系統図である。各部の概略の要目は図中に記入したとおりである。較正用標準電圧として 0.1 および 1.0  $V_{p-p}$  の矩形波電圧を持ち、これを用いてその時々  $S$  の値 (式 (1) 参照) を簡単に知ることができる。その他同期輝度変調方式による標準刻時、トリガー掃引、単掃引などの機能を備えている。なお測定に際しては写真撮影装置、電子管式交流定電圧装置などを併用している。

このオシロスコープは 直流増巾器 を内蔵しているの

写真-4 陰極線オシロスコープ

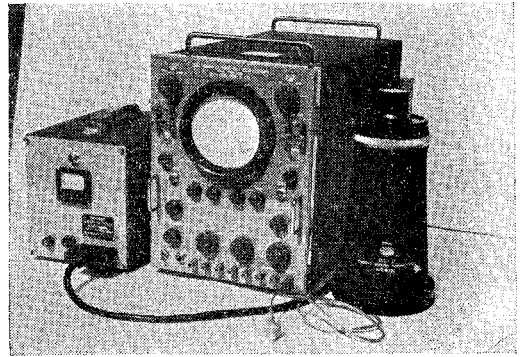
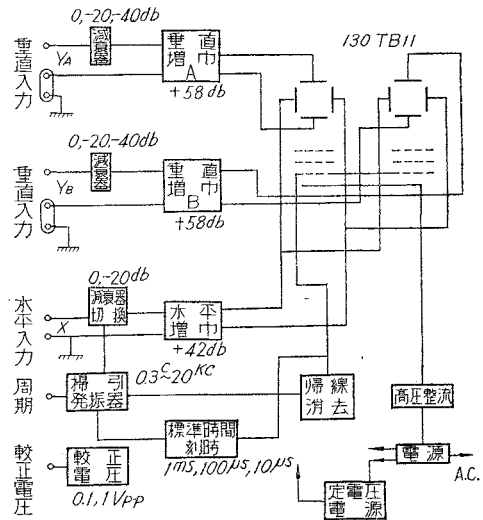
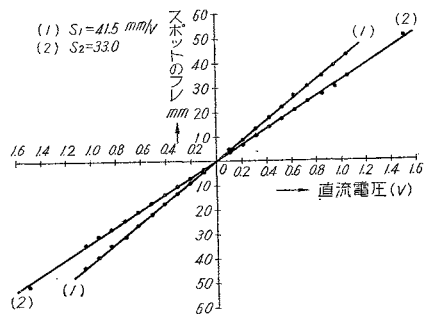


図-7 2現象オシロスコープの系統図



で、その周波数特性は直流からかなり高い周波数 (Y 軸は 200 KC, X 軸は 30 KC) まで平坦であると考えられるので、較正としては直流電圧による直線性の試験のみを行なった。 $Y_A$ ,  $Y_B$ , X 増巾器について数回調整をやりなおし大体満足すべき結果がえられたので、一例として  $Y_A$  軸の結果を 図-8 に示す。直線性からの最大のずれは 1.5% 程度である。

図-8  $Y_A$  軸の直線性



### 6. 総合較正—動的感動較正—

静的に求めた電圧感度  $G_0$ 、オシロスコープ入力端における電圧感度  $K$ 、およびいままで述べた諸常数をチェックし、あわせて換振器、積分、微分回路、オシロスコープを組合わせた総合精度を調べるために振動台による動的試験を行なった。振動波形ごとに加速度波形のきれいな振動台が無く二、三度失敗したが、最後に田望助教が試作された振動台<sup>11)</sup>を拝借してかなり良い結果がえられた。この振動台は可動線輪型で、永久磁石の中にある可動線輪に外部発振器より交流をとおし、板バネによって支えられた台を振動させる型式のものである。この振動台の加速度波形はほぼ完全な正弦波であり、すぐれた特性を持っているが、外部発振器のパワーが小さいため、振動数を高くすると振巾が急激に小さくなるのが欠点である。測定した振動数は 2~15 c.p.s. であり、振巾は 0.53~0.025 mm の範囲である。H-1、H-2 ともに変位と速度、速度と加速度のオシログラムをとりこれを整理した。一例として H-2 の速度の較正結果を 図-9 に示す。これらの結果と式(1)を用いて電圧感度を逆算すれば表-2 のようになる。ただし  $\tau_1$ 、 $\tau_2$  は式(7)の

図-9 動的感度較正の一例

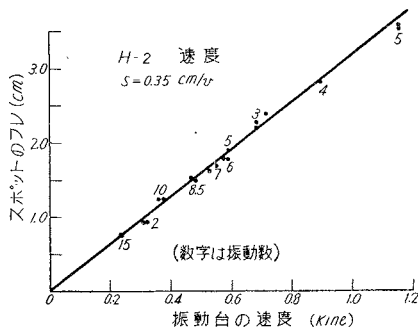


表-2 動的電圧感度 (Volt/kine)

	H-1	H-2
変位	8.75	8.90
速度	8.91	9.05
速度	9.00	9.05
加速度	8.21	8.95

表-3 静的電圧感度 ( $K=9.07$  Volt/kine) と動的電圧感度との誤差の%

	H-1	H-2
変位	3.5	1.9
速度	1.8	0.2
速度	0.8	0.2
加速度	9.5	1.3

値を用いた。この表に示された数値は静的感度較正の  $K$  に相当するものである。さきに求めた  $K$  の値 (式(8)) と表-2 のおのおの場合と比較して、誤差の%を求めれば表-3 のようになる。この表から明らかなように、静的電圧感度と動的電圧感度との間の誤差は一つの場合をのぞいて 3.5% 以内である。H-1 の加速度の場合のみ誤差が極端に大きくなっているが原因は不明である。

いま一応この場合を除外して考えると、以上の節で定めた諸常数を用いた場合総合振巾誤差は 3.5% 以内といえる。これはこの測定器を計画した当初に予定した、総合振巾誤差 3% 以内という目標を大体満足する。式(7)、(8)の数値を式(1)に代入してこれらの数値の精度を考慮して次の結果をえた。

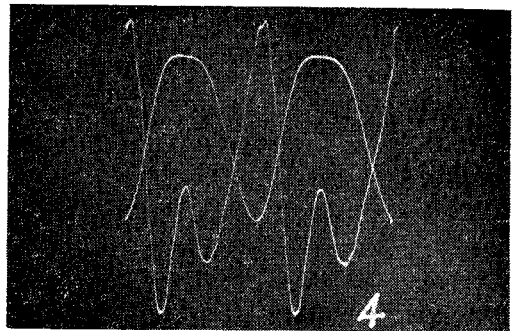
$$\left. \begin{aligned} \text{速度} &= 0.11 \times x/S \text{ (kine)} \\ \text{変位} &= 0.23 \times x/S \text{ (cm)} \\ \text{加速度} &= 370 \times x/S \text{ (gal)} \end{aligned} \right\} \dots\dots (9)$$

ここに、 $x$ : スポットのフレ (cm)、 $S$ : オシロスコープの感度 (cm/Volt)、である。

## 7. 記録の紹介

以上に述べた測定器で人工地震動を観測する場合、 $X$  軸はオシロスコープ内部の鋸歯状波発振器を用いず、外部で振動現象と完全に同期した鋸歯状波電圧をつくりこれを掃引電圧としている。すなわち 図-1 に示したように人工地震発生装置主軸回転数の 1/2 に Gear down した軸に (図-1 は直結の場合)、Endless の回転摺動抵抗を直結して鋸歯状波電圧をつくり、これを  $X$  軸増巾器に加える。こうするとスクリーン上には 2 サイクルの波形が画かれる。この方法を採用すれば“波形の同期”について考慮する必要はなく、いつでも摺動抵抗の Slider が抵抗の切れ目をとおる瞬間から掃引が始まり、必ず静止した 2 サイクルの波形を画くのではなはだつごうがよい。われわれは掃引の始まる瞬間を、試験壁体がわから見て震源の水平力が最大になる時刻に一致させている。このようにしてえられたオシログラムの一例を 写真-5 に示す。これは試験壁体壁頂の変位と加速度であり、周

写真-5 オシログラムの一例



期は 0.184 sec、振巾は peak to peak で変位 0.64 mm、加速度 114 gal である。掃引の始まりはさきに述べたように振動土圧試験の Phase Mark<sup>12)</sup> と一致している。

## 8. 結 言

以上に可動線輪型換振器、積分、微分回路、および 2 現象陰極線オシロスコープを組合わせて人工地震発生装置による定常地震動—変位・速度・加速度—の測定法に

ついて述べた。この測定法は従来われわれが用いてきた振動土圧の測定法に良く適応したものであり、その精度も十分であると考えられる。ただ換振器の動的感度校正の精度をさらに向上させたいと思う。しかしこの問題にはむずかしい点が多く、現段階では静的感度校正の方が精度が高い。上に述べた校正の結果から見て振子の倍率係数に注意を払いさえすれば、静的に求めた電圧感度を動的な場合に用いてもその誤差は数%以内である。

これらの装置を振動土圧の測定に併用しすでに沢山のデータをえた。これらについては後日改めて報告するつもりである。最後に2つの振動波形と同時にその周期をオシログラムに記録させるために、輝度変調を用いて波形を点線図形にする方法があり、回転摺動抵抗を用いて外部掃引する場合の装置を試作中である。

換振器の校正やその使用上の要点などについて田望助教授に多大の御指導と御協力を頂いた。また学習院大学近藤正夫教授、当研究所 市原松平室長からも数々のすぐれた御指導を頂いた。ここに記して三人の方々に厚く御礼申し上げる。

#### 参考文献と注

- 1), 4) Kondō, M. · Hasegawa, G. · Ichihara, M. · Niwa.

S.: Researches on Earth Pressures Part I, Report of Transportation Technical Research Institute. No. 15 May 1955.

市原松平・丹羽 新: 人工地震発生装置 および 地震時土圧測定装置について, 土木学会論文集第 38 号, 昭. 31. 10

丹羽 新: 壁体自身の振動による 裏込土圧の実測, 土木学会論文集第 39 号, 昭. 31. 12.

丹羽 新: 振動土圧に関する 研究, 運輸技術研究所報告, 8 卷 3 号, 1958 年 9 月.

丹羽 新: 人工地震発生装置による振動土圧の実測, 土木学会論文集第 60 号, 昭. 34. 1.

- 2) 表 俊一郎・宮村撰三・山崎良雄: 地震観測用磁気テープ利用ひきがね式遅延記録装置, 地震研究所集報, 第33号, 第3冊, 昭. 30. 9.
- 3) スターターについては, 田中貞二, 河角 広, 高橋竜太郎, 田望, 岡本舜三の各氏およびその他二, 三の報告がある。
- 5) 保坂振動計器製作所製品, M.T.D.H.-2
- 6) 萩原尊礼: 振動測定, 233ページ, この式はこのままの形で慣用されているが, 正しくは  $H$  (磁場の強さ) の代りに  $B$  (磁束密度) を用いるべきである。ただ真空中 (空气中) では  $\mu=1$  で  $B=H$  となる。ちなみに  $B=M^{1/2}L^{-1/2}T^{-1}\mu^{1/2}$ ,  $H=M^{1/2}L^{-1/2}T^{-1}\mu^{-1/2}$ ,  $V$  (電位)  $=M^{1/2}L^{3/2}T^{-2}\mu^{1/2}$  c.g.s. 電磁単位
- 7), 8), 9) 萩原尊礼: 振動測定
- 10) 東京電気精機KK製品, TDO-130 D
- 11) 田望: 平衡変調波を利用した振動台の駆動方式について, 地震学会秋季大会, 1957 年 10 月
- 12) 上記土木学会論文集 第 60 号, 56 ページ

## 豆 知 識

### 下 水 の 海 中 放 流

市街地あるいは工場より 排出される汚水は, 処理場もしくは処理施設によつて 無害なものとなされ, 河海に放流されるのが普通である。しかしそれには莫大な施設費と軽視できない維持管理費とを要する。そこで無限に大きな海洋に着目し, パイプを海底深く布設し下水をほとんど未処理の状態で放流し, 海流による希釈拡散の作用を利用して 処分しようとするのが海中放流である。日本各地でし尿を船舶で海上に投棄したり, あるいは直接海岸に吐口を設けて汚水を放流したりして 話題をにぎわしているのはここでいう海中放流ではない。

この試みは古くから世界各国において行なわれてきたが, 近代的な意味での処分が行なわれ始めたのは そう古いことではなく, せいぜい20世紀に入ってからである。この海中放流による処分法が普及しているのはアメリカで大規模に行なっているところだけでも140の多きを数える。下水処理にともなつて生ずる汚泥の処分にも次第に窮してきた現況から考えても, その数はさらに増大すると思われる。日本ではまだ実施した例はないが, 現在函館市で実験中であり, その結果が注目されている。日本は島国で大洋に面した都市が多いが, これらの都市に従来どおりの処理場を築造するには約 600 億円を要し, 維持管理に毎年約 30 億円を要するであろう。いまこれらの都市に本法が採用できるならば, 施設費を節減できるうえ維持管理費がそのまま節減できると考えられるので, 早晩この方法の普及をみることになる。

放流管には, 前記アメリカの 140 カ所の例によると, 鑄鉄管 45%, 鉄筋コンクリート管 27%, 錬鉄管 13%, 鋼管 10%, その他の管 5% が使用されている。函館市では, 硬質塩化ビニール管が実験的に使われる予定である。鑄鉄管は割合に細い管の場

合に用いられ, その 55% が 600 mm 以下である。鉄筋コンクリート管はその逆に 900 mm 以上の大口径の場合に多く用いられている。継手は海底水道管布設の場合と同様に, 溶接可能な錬鉄または鋼管以外は 普通海中で施工するため, できるだけ簡単な構造としなければならぬ。放流管の先端には拡散装置を設けるが, これは放流口付近の第 1 次拡散を目的とし, 種々の方式が試みられている。一般に, できるだけ広く拡散させるよう, 放流管の先端を Y 字型にしたり枝管を設けたり, あるいはさらにそれらに多数のノズルをつけたりする。

放流地点を選定するには, 放流下水が沿岸漁業や 公衆衛生上障害とならぬよう, 綿密な事前の調査実験が必要である。アメリカでは 海中放流につき多くの研究がなされてきたが, なお次のような諸問題が残っているとされている。

- (1) 放流点付近の海洋学的因子
  - a) 放流点付近の循環流の測定法
  - b) 海流監視方式の確立
- (2) 拡散に対する基礎的研究
- (3) 拡散におよぼす風, 波の影響
- (4) 下水細菌の海水中の動態
  - a) 最適指示細菌の研究
  - b) 細菌検査法の改良
- (5) 消化汚泥の放流に関する研究
  - a) 油脂類の量に関する問題
  - b) 汚泥の海水による凝集効果および細菌濃度
- (6) 下水の海水中の生物に対する影響

(建設省 寺島・記)