電気容量変化型換振器を用いた 長周期地震計の試作

松代地震観測所 宇 津 徳 治

(昭和 29 年 7 月 2 日受理)

A Long Period Seismometer with a Variable Capacity Type Transducer

Tokuji Utsu

Matsushiro Seismological Observatory

(Received July 2, 1954)

A long period seismometer with a variable capacity type transducer is produced to use in routine observation. The seismometer can record more than 1,000 times as large the horizontal displacement of the ground of 0.1~10 sec. in period on smoked paper. The principle of the transducer is shown in Fig. 1~2 and the whole circuit including a capacity compensator and power amplifier is shown in Fig. 3. Some of the seismograms obtained by this seismometer at Tokyo and Matsushiro are reproduced in Fig. 4 (1)~(6).

§ 1. はしがき

高倍率の長周期地震計としてルーチン観測に使うために、電気容量変化型の換振器を用いたものを作った。この種の換振器は以前から、いろいろの型のものが考案されているが⁽¹⁾、今回筆者の試みたものは、簡単な回路で、比較的高倍率が得られ、製作、保守も容易であるので、以下その概要を記すことにする。

§ 2. 換振器の原理

Fig. 1 (a) は普通のハートレー発振回路であるが、(b), (c) のように⁽²⁾、この回路の中の適

Fig. 1

Fig. 2

当な個所にクリスタルを挿入すると、 L, C の同調周波数 $f=1/(2\pi\sqrt{LC})$ がクリスタルの周波数 f_0 (4 MC) に一致したとき発振が最も強くなり、発振管のプレート電流 I_p は最小になり、 f が f_0 から離れると発振は急激に弱まり、 I_p は大となる。したがって、このとき C を変えれば f が変り、 I_p が変るわけで、Fig. 2 にはこの関係が示されている。 I_p の変化は C の大きい側が急激で、この側を用いれば高感度の換振器が得られる。それには、地震計の振子にコンデンサーを附けて、振子が動けば容量が変るようにし、振子が静止した位置で容量が Fig. 2 の a, b 間の中点 c となっているようにしておけば、振子の微少な変位と、発振管のプレート電流の変化は比例することになる。

しかし、地動で振子が動かない限り、容量はいつでも Fig. 2 の中点 c に保たれている必要があるが、電源電圧の変動、温度変化、地震計台の傾斜その他容量を変える原因があるため、しばしば中点がはずれることがある。そこでこのようなときに、容量を自動的に最適値に戻すような装置として、リアクタンス管による AFC 回路を附けてみた。すなわち、何かの原因で容量が変ると、発振電圧が変るが、それが発振管のタンク回路に並列に入れたリアクタンス管のグリッドに伝わり、その g_m 、したがってその等価 L (または C) が変って、タンク回路の C の変化を補償するわけである。この際リアクタンス管は、発振電圧の直流ないし長周期変動 (10 秒程度以上) によってのみ動作し、地震のときのように、比較的短周期の変動に対しては動作しないようにしておく。

§ 3. 実際の回路および部品

(i) 地震計振子部：これには手もとにあった岸上式水平動地震計の振子部分を改造し、大型の空気バリコンをとりつけた。バリコンは羽根を四角に切り、その枚数を 3~12 枚の間で加減することにより感度を調整することができる。周期は 10 秒前後で用いる。将来は専用に設計したものを作る予定である。

(ii) 電気回路：回路の配線の一例を Fig. 3 に示す。使用真空管は 6V6 (発振), 6V6 (出力), 6AC7 (リアクタンス管), 5GK4 (整流) の 4 個で、その他の部品もみなラジオ用の普通のものである。この回路でリアクタンス管は $L=R_3C_4/g_m$ のインダクタンスとして働いている。6V6—6V6 間は直接結合にすると零線の移動が著しいので、RC 結合にしたが R_3C_3 の値は十分大きくとってある。記録電流計に直流が重ならないよう、抵抗 R_{12}, R_{14} で B 電圧を分割し出力管のプレート電圧と釣合わせてあるが、抵抗の代りに定電圧放電管 VR 105, 2 個を用いれば、倍率も 2 倍ほど増し、安定度も更によくなるが、抵抗のままでも実用上差支えない。

(iii) 記録装置：記録電流計は酒井技官⁽³⁾が電磁式高倍率地震計用として作られたものを

Fig. 3

V_1 : 6V6,	$R_1=50\text{ K}\Omega$,
V_2 : 6AC7,	$R_2=10\text{ M}\Omega$,
V_3 : 6V6,	$R_3=15\text{ K}\Omega$,
V_4 : 5GK4,	$R_4=50\text{ K}\Omega$,
M_1 : 20 mA DC,	$R_5=150\text{ K}\Omega$,
M_2 : $\pm 10\text{ mA DC}$,	$R_6=10\text{ K}\Omega$,
M_3 : 150 V AC,	$R_7=5\text{ K}\Omega$,
C_1 : 20 PF Max.	$R_8=2\text{ M}\Omega$,
$C_2=0.1\text{ }\mu\text{F}$	$R_9=250\text{ }\Omega$,
$C_3=10\text{ }\mu\text{F}$,	$R_{10}=30\text{ K}\Omega$,
$C_4=15\text{ PF}$,	$R_{11}=5\text{ K}\Omega$,
$C_5=500\text{ PF}$,	$R_{12}=5\text{ K}\Omega$,
$C_6=0.1\text{ }\mu\text{F}$,	$R_{13}=1\text{ K}\Omega$,
$C_7=1\text{ }\mu\text{F}$,	$R_{14}=5\text{ K}\Omega$,
$C_8=4\text{ }\mu\text{F}$,	$L_1=7\text{ }\mu\text{H}$,
$C_9=40\text{ }\mu\text{F}$,	$L_2=4\text{ mH}$.

使用した。直流感度 $1.5^\circ/\text{mA}$ ，固有周期は長さ約 18 cm の麦わらをつけてすす書き用としたとき約 10 c/s 程度，ペンをつけてインク書き用にとそれよりやや長くなる。ドラムは廻転速さ 30 mm/min ，であるが，精密観測の際には 120 mm/min のものを用い，毎秒刻時を入れる。

§ 4. 特性，記象例

以上の換振器と記録装置を組合わせて，長周期水平動地震計として，1953 年 4 月より東京で，10 月から松代で，連続使用しているが，だいたい満足すべき動作をしている。倍率は最大 $3,000$ 倍くらい出せるが，種々の事情から東京では約 700 倍，松代では約 $1,000$ 倍程度で用いている。振子の周期は 10 秒，制振比 6 ，全体の周期特性は $0.1\sim 10$ 秒の間はほぼ平らである。倍率の検定は振子の自由振動の記録と，それを機械光学的に拡大してラムプスケールで読みとったものと比較して行う。

Fig. 4 (1)～(6) には東京および松代で得られた記録のうち，手ごろな大きさのものを例示しておいた。松代では現在坑内に換振器および電気回路部をおき，その出力を長さ約 600 m のケーブルで坑外の事務室に導きインク書きの記録を行っている。1954 年 1 月より 5 月までの 5 カ月間(うちのべ約 1 カ月間は停電および実験のため休止)に，記録紙上の全振幅が 3 mm 以上の地震が約 50 回記録されたが，その約半数は $P\sim S$ 3 分以上の，いわゆる遠地地震であった。

- (1) 1953. VI. 26, 21 h 02 m (J.S.T.) ; Ibaraki Pref. $36.^{\circ}3\text{N}$, $140.^{\circ}2\text{E}$; $\Delta=90$ km (Tokyo, N~S Component)
 (2) 1953. IV. 30, 05 h 21 m (J.S.T.) ; Hokkaido $42.^{\circ}2\text{N}$, $143.^{\circ}2\text{E}$; $\Delta=780$ km (Tokyo, N~S Component)

- (3) 1953. XI. 26, 09 h 04 m (J.S.T.) ; Aftershock of the Boso Earthquake 34.4°N , $141.^{\circ}8\text{E}$; $\Delta=400$ km (Matsushiro, E~W Component)

- (4) 1953. XI. 11, 08 h 44 m (J.S.T.) ; Kamchatka $50^{\circ}1/2\text{N}$, 157°E ; $\Delta=2,200$ km (Matsushiro, E~W Component)

- (5) 1954. II. 21, 03 h 42 m (J.S.T.) ; Flores Sea 7°S , $124^{\circ}1/2\text{E}$, Depth 600 km; $\Delta=6,200$ km (Matsushiro, N~S Component)

- (6) 1954. IV. 1, 03 h 37 m (J.S.T.) ; Arabian Sea $13^{\circ}1/2\text{N}$, 58°E ; $\Delta=8,400$ km (Matsushiro, N~S Component)

Fig. 4 (1)~(6)

§5. むすび

この地震計は、電源や真空管の特性の変動で倍率が変わることや、振子と電気回路部をあまり離せない(3m くらいまで)ことなど、いくつかの欠点もあるが、小型軽量の割に高倍率が得られ、無摩擦で、遠隔記録のできることなど電磁式地震計の特長は備えており、取り扱いも簡便なので、存在の価値はあるものと思う。しかし改良すべき点も多いし、現在かなり違った方式のものも実験中なので、今回の報告はごく簡略にしておいた。なお Fig. 3 の回路のほか、MT 管 35C5, 2 本, 35W4 1 本を用いたトランスレス式のものも作ってみたが、倍率が約半分になるが、十分使えるようである。

終りにいろいろと有益な御忠告をたまわった和達台長、井上課長、実験上の種々の便宜をはかって下さった広野研究室長、樋口、清水両研究官、酒井予報官、小野崎係官にあつくお礼申し上げる次第である。

文 献

- (1) たとえば、波江野清蔵；地震 2 (1930) 435；P. Morald；Ann. de Geophys. 3 (1947) 24
その他多数ある。
- (2) この他にも同じような回路がいろいろ考えられよう。笠原氏が弾性波模型実験の際用いられたものも、ほぼ同じ特性をもっている。K. Kasahara；B. E. R. I. 30 (1952) 259.
- (3) 酒井乙彦，1952 年 11 月地震学会講演。