

車 輛 用 窓 バ ラ ン サ ー

Window Sash Balance for Railway Car

藤 岡 多 喜 男* 大 谷 徹 太 郎*

Takio Fujioka Itsutaro Otani

内 容 梗 概

客電車の窓構造は最近一段と進歩するとともに、釣合性能の優秀なる窓バランサーが要求され始めたが、日立製作所においても新しい構造の窓バランサー（実用新案申請中）を製作し、静的および上下振動に対する動的な釣合試験を振動試験機によつて行つた。その結果、静的状態における釣合は死点附近を除いて完全に釣合うことが確認できた。また振動試験機によつて上下方向に加振した場合の窓に相当する重錘の運動状態および釣合の破れる限界に対しては、実験値と理論値とがよく合致した。

〔I〕 緒 言

近時客電車の窓は車内からの見晴らし、明るさをよくするため窓幅が次第に大きくなる傾向にあるから、このような窓においては当然昇降に要する力を軽くするための窓バランサーが設備されている。しかし従来の車輛に使用された窓バランサーは窓を軽く昇降させることのみを目的としたものであるから、さらに一歩進めて

- (1) 窓の重量と完全に釣合状態を保つ窓バランサーを設け、窓の昇降を任意の位置で停止したい。
- (2) 従来の窓に設けられていた窓止棒、窓止錠を除いて窓構造を「スッキリ」したものにしたい。

との要望にこたえるべく、新しい構造の窓バランサーを試作し、静的および上下振動に対する動的な釣合状態について検討した。本報告はこの結果について述べる。

〔II〕 窓バランサーの構造

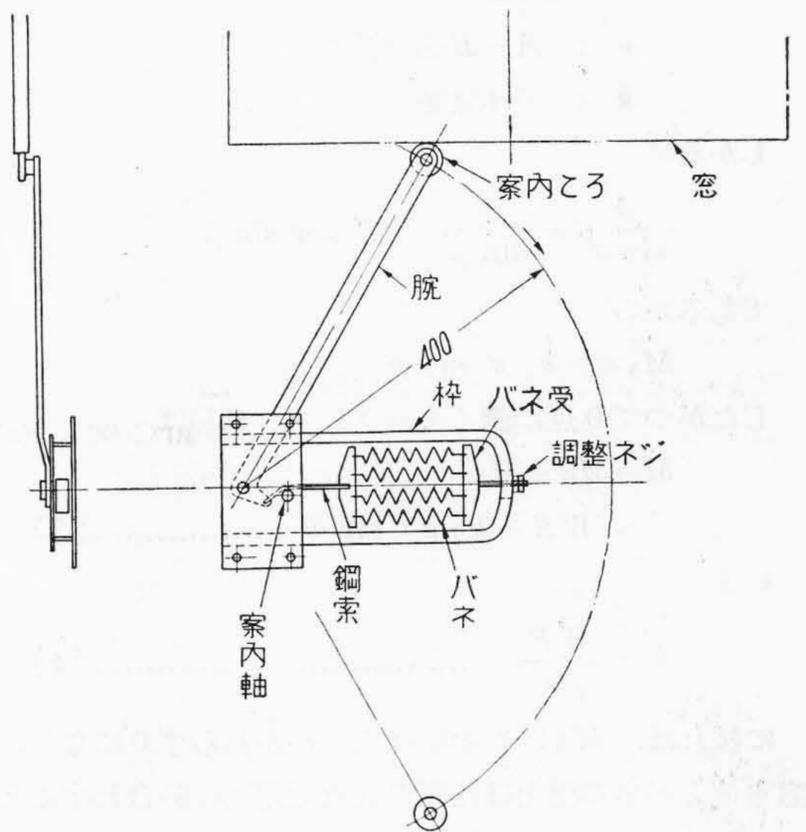
(1) 構造の説明

第1図は試験に用いた窓バランサーの構造図である。図において窓は枠に回転自在に取付けられた腕によつてささえられ、腕の先端には案内ころを設けて腕が窓に対して滑動するようになっている。腕の他端は鋼索によりバネ受を介してバネに結ばれており、窓が下降すれば腕の傾斜角に応じて鋼索が引張られ、バネの張力がそれに応じて変化する。すなわち窓の重量によつて腕を矢印の方向に回転しようとする力に対して、バネの張力が対抗し、窓は釣合を保っている。またバネの緊張度は調整ネジにより適宜に調節することができる。

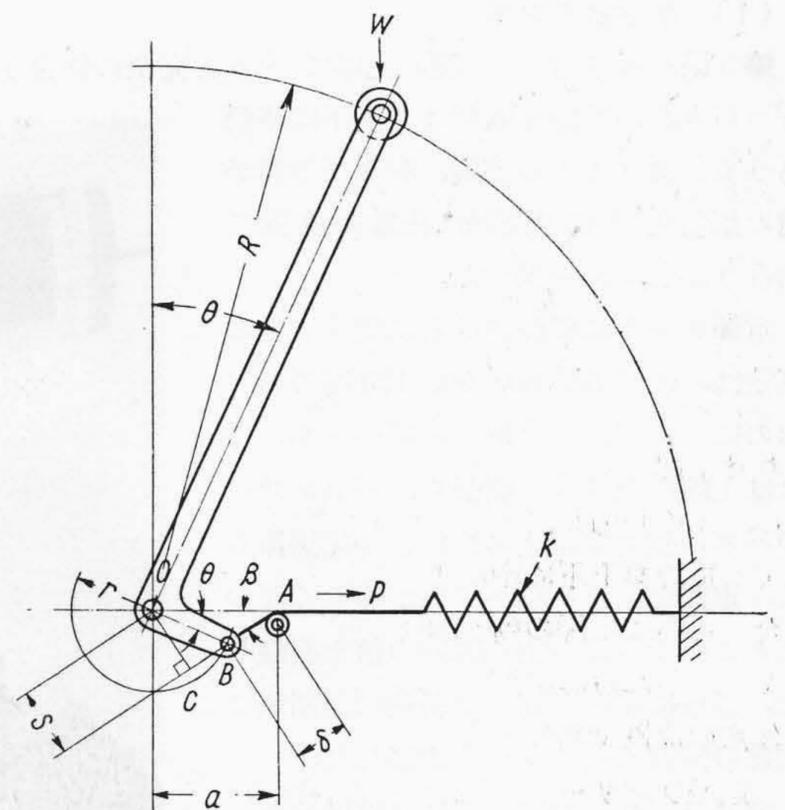
窓バランサーが腕の傾斜角に無関係に任意の位置で窓重量と完全に釣合を保つためには、バネのバネ常数、腕のリンク比を最も適当した値に選択することが必要である。

(2) 静的状態における釣合理論

第2図において窓重量 W によつてO点に働くモーメントは



第1図 窓バランサー



第2図 窓バランサー機構説明図

* 日立製作所笠戸工場

$$M_W = WR \sin \theta \dots\dots\dots(1)$$

W : 窓重量
 R : 腕の長さ
 θ : 腕の傾斜角

バネによつて0点に働くモーメントは

$$M_S = -PS \dots\dots\dots(2)$$

P : バネの張力
 S : 0-C間の長さ

いまバネの引張力が0になる状態において $\delta = 0$ であるとすれば、 δ だけバネが伸びたときの張力は $P = k\delta$ である。したがつて(2)式は

$$M_S = -k\delta S$$

δ : A-B間の長さ
 k : バネ常数

しかるに

$$\frac{\delta}{\sin \theta} = \frac{r}{\sin \beta}, \quad S = a \sin \beta$$

であるから

$$M_S = -k\gamma a \sin \theta$$

したがつて0点に働くモーメントの総和は

$$M = M_W + M_S = (WR - k\gamma a) \sin \theta \dots\dots\dots(3)$$

いま

$$k = \frac{WR}{\gamma a} \dots\dots\dots(4)$$

に採れば、 M は θ のいかにかわらず0になり、窓重量とバネの張力は任意の位置で完全に釣合わすことができる。

〔III〕 試験の方法

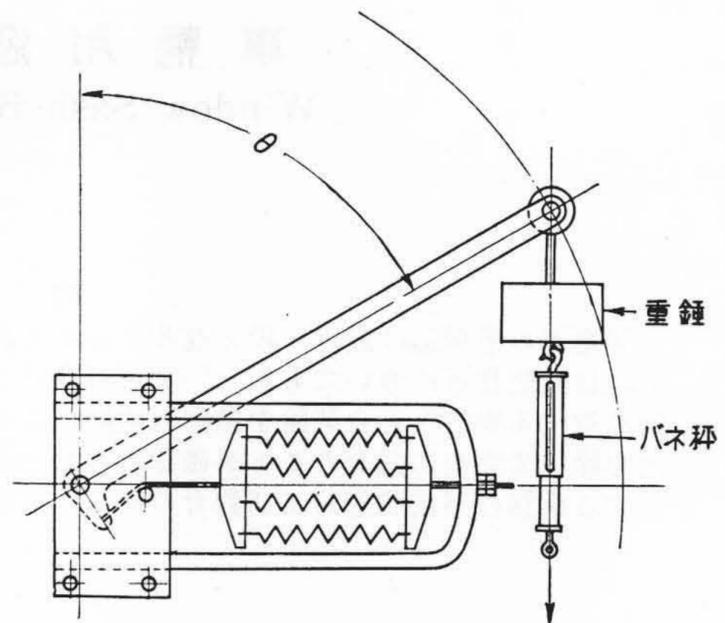
(1) 静的釣合試験

第3図に示すように腕の先端にバネと完全に釣合う

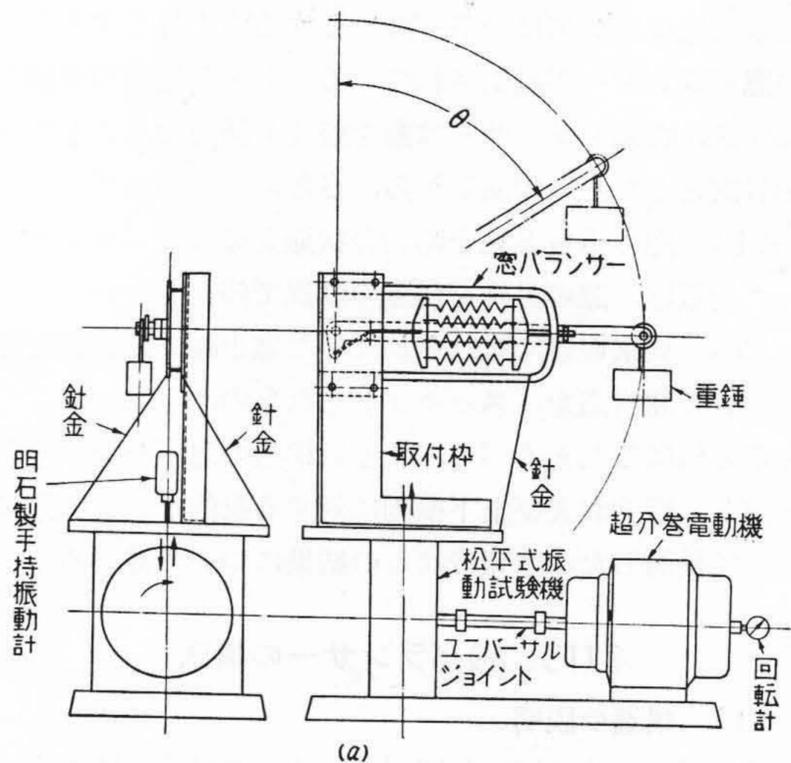
$W = 11 \text{ kg}$ の重錘を取付けて上下に移動させるに要する力の測定、および重錘が腕の傾斜角 θ に無関係に任意の位置で釣合うかどうかを調べた。

重錘を上下に移動させるに要する力の測定は、 θ が 30, 60, 90, 120 度のおのおのについて、バネ秤を重錘の下端、または上端に取付けて引張り、バランスのバネの張力を調整ネジによつて調節して、重錘を上下に動かす力が等しくなつたところで重錘の動く瞬間の値を記録した。さらに重錘が腕の傾斜角に無関係に任意の位置で釣合うかを観察した。

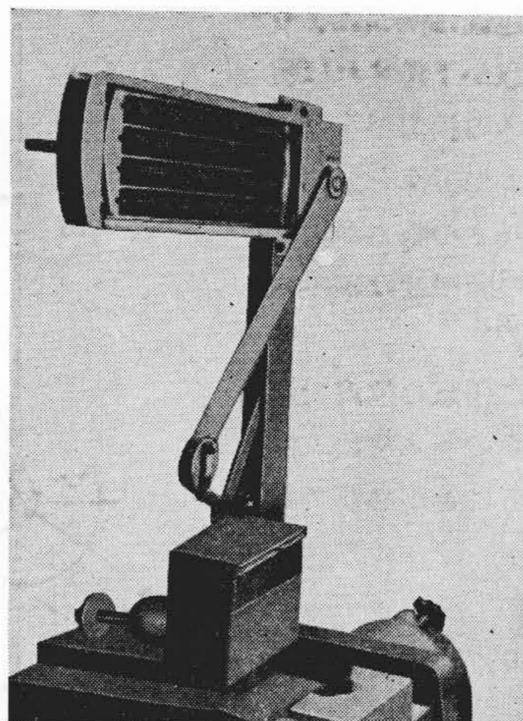
窓バルンサーの摺動部には機械油を少量塗布した程度である。



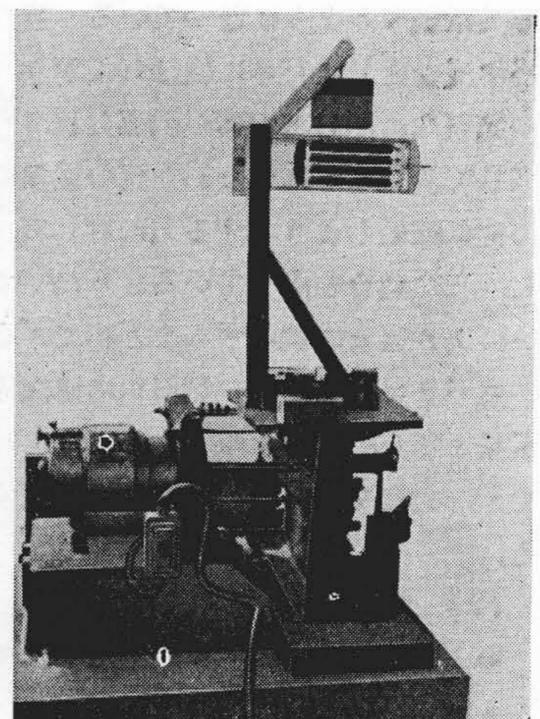
第3図 摩擦力測定試験要領



第4図(A) 動的釣合試験装置



第4図(B) 動的釣合試験装置



第4図(C) 動的釣合試験装置

第1表 窓バルンサーの静止摩擦力 (kg)

回数	θ (度)		30	60	90	120
	引張 の方向					
1	上		1.8	1.3	1.7	1.5
	下		2.0	1.8	1.5	1.5
	差		0.2	0.5	0.2	0
2	上		1.8	1.8	1.8	1.7
	下		1.8	1.7	1.6	1.7
	差		0	0.1	0.2	0
3	上		2.3	1.8	1.7	1.8
	下		2.3	1.7	1.8	1.9
	差		0	0.1	0.1	0.1

(2) 動的釣合試験

第4図は松平式 UB-4型振動試験機の台上に窓バルンサーを取付枠によつて取付けたところを示す。なお加振中に窓バルンサーが前後左右に動揺しないように針金でステーを取つた。

試験は窓バルンサーを振動試験機によつて上下方向に加振し、 θ が 30, 60, 90, 120 度のそれぞれについて同一の振動数のもとに振幅を増していく途中重錘が動いて釣合が破れるときの振動数および振幅を測定した。振動数は 5, 10, 15, 20 サイクル/S の4種類とし、超分巻電動機の回転数で規正し、振幅は明石製手持振動計により振動台中央上面で測定した。また重錘が動いたかどうかの判定は目視によつた。

[IV] 試験結果と検討

(1) 静的釣合試験

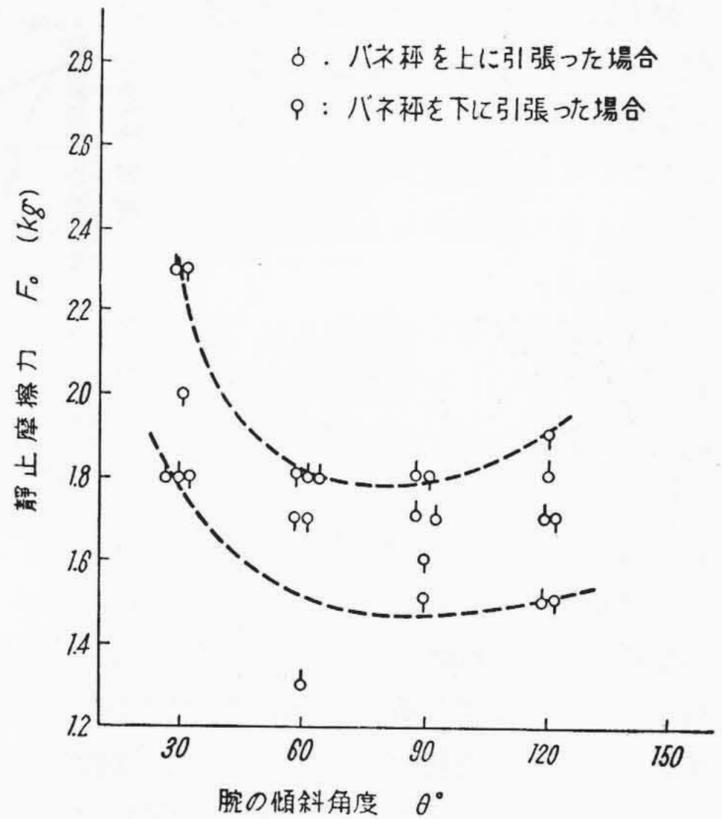
第1表は重錘をバネ秤によつて上または下に引張つて動いた瞬間の力(静止摩擦力)である。第5図は腕の傾斜角 θ と引張の力の関係を示したものである。

この図から θ が 90 度附近において最低の値になつており、0.3~0.4 kg の幅がある。これは試験中に重錘を一度上に動かして引張つた場合と、上から下に順次に引張つた場合では違つた値を示したことから、摩擦力の履歴現象と考えられる。

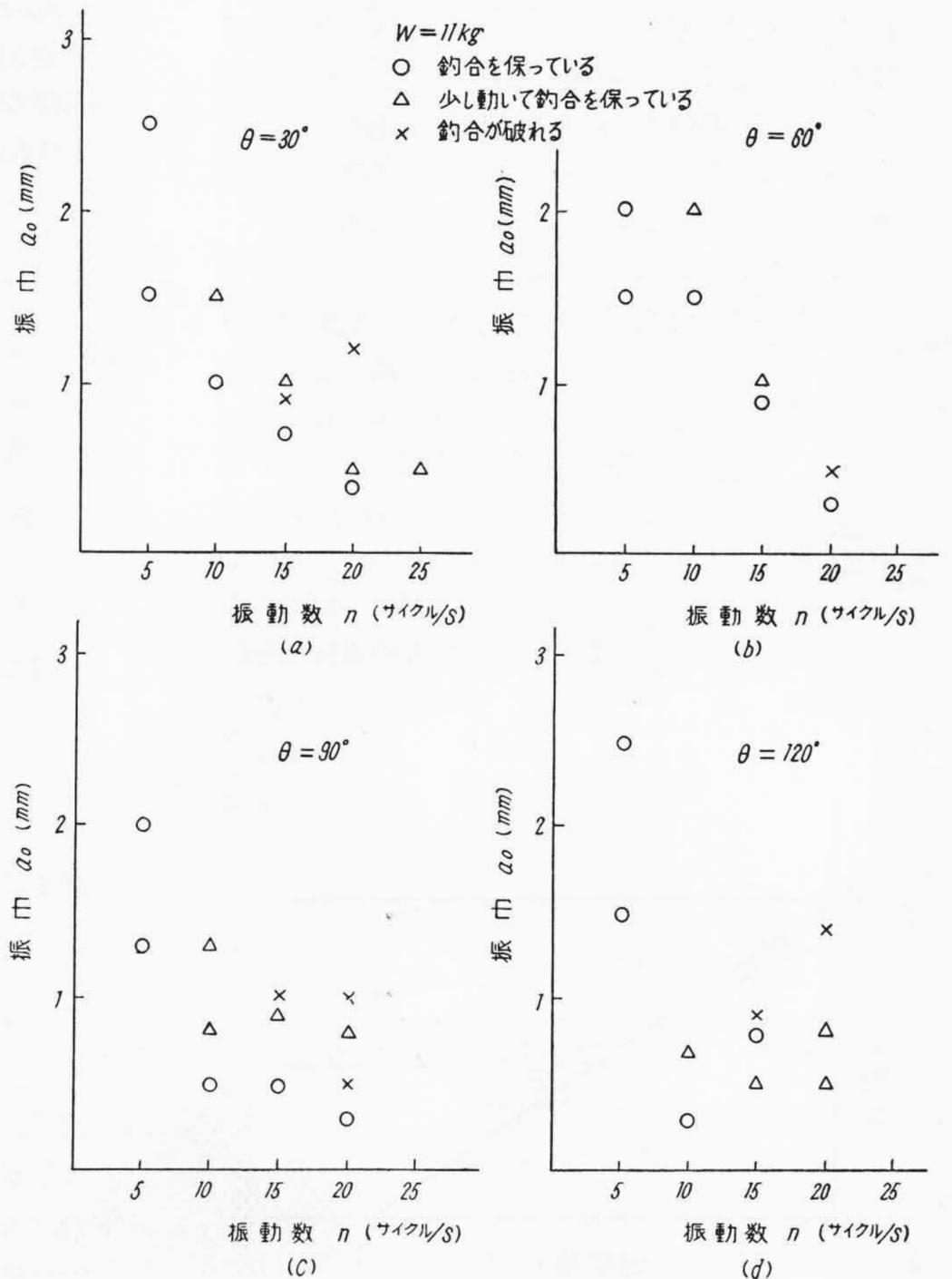
重錘の釣合状態を観察すると、 θ が 30~150 度の範囲では完全に釣合つているが、 θ が 0 または 180 度の死点附近では製作の寸法誤差の影響であろうか、少し釣合が破れる傾向にあつたので腕の傾斜角一杯に使用することは避けた方が良いと思う。

(2) 動的釣合試験

(A) 試験結果



第5図 窓バルンサーの静止摩擦力



第6図 動的釣合試験結果

第6図は窓バランサーを振動試験機によつて上下方向に加振し、同一の振動数のもとにだんだんに振幅を増していく途中重錘が動いて釣合が破れるときの振動数および振幅の実験値である。

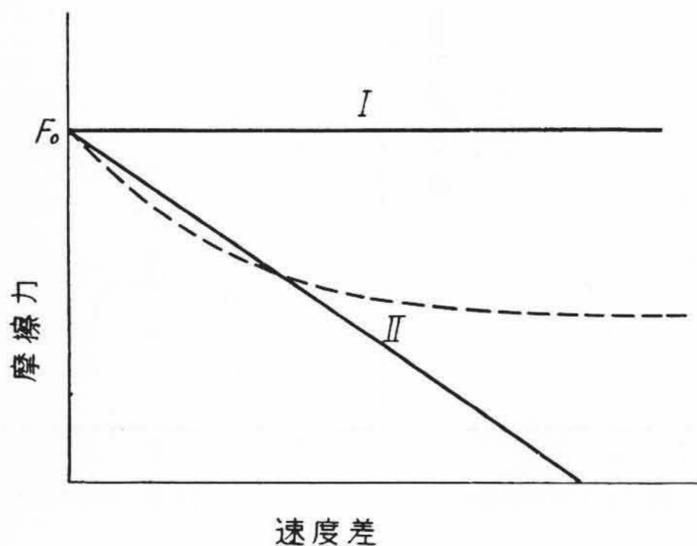
重錘の運動状態を観察すると、振動加速度が少いときは重錘が振動試験機と一緒に揺れているが、次第に加速度が増してくると重錘の揺れ方が少なくなつて停滞する。このとき第6図でも見られるように最初に重錘が5~10mm動いた後に停滞するものがある。さらに加振されると釣合が破れて重錘は上下いずれかの方向に連続的に変位する。この観察は目視によつたものであるが、次に重錘の運動を理論的に考察して見ることにする。

(B) 重錘の運動状態の考察

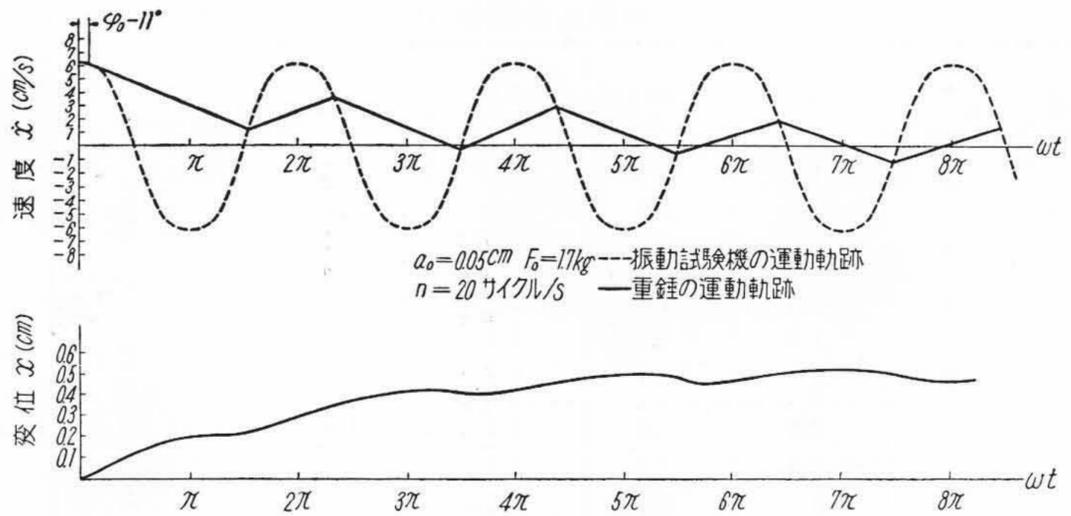
振動試験機によつて窓バランサーを上下に加振すれば、最初は重錘も窓バランサーと一体となつて運動しようとする。この場合重錘の質量を m 、重錘の上下方向の変位を x とすれば、重錘に作用する力は $m\ddot{x}$ である。一方窓バランサーの摺動部には第5図のような静止摩擦力 F_0 が存在しており

$$m\ddot{x} > F_0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

となれば重錘は窓バランサーと別々の運動を始めると。このとき窓バランサーの摺動部には、窓バランサーを上下に加振するときの変位を $a_0 \sin \omega t$ とすれば、重錘の上方下向の運動速度 \dot{x} との間に $\dot{x} - \frac{d}{dt}(a_0 \sin \omega t)$ なる速度差が生じ、摩擦力が第7図の点線のように変化すると考えられるが、今実線1のように摩擦力が速度差に無関係に常に一定であると仮定すれば、 $m\ddot{x} > F_0$ になつた後の重錘の運動方程式は



第7図 摩擦力と速度差の関係



第8図 重錘の運動状態 (計算例)

(i) $\dot{x} - a_0 \omega \cos \omega t > 0$ の場合

$$m\ddot{x} + F_0 = 0 \quad \dots\dots\dots (6)$$

である。(6)式の解は

$$\dot{x} = -\frac{F_0}{m} t + K_1 \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\therefore x = -\frac{F_0}{2m} t^2 + K_1 t + K_2 \quad \dots\dots\dots (8)$$

K_1, K_2 は初期条件によつて決る定数である。いま重錘と窓バランサーが別々の運動を始めようとする瞬間の時間を $t = \frac{\varphi}{\omega}$ 、重錘の上下方向の変位を x_0 とすれば K_1, K_2 は

$$K_1 = a_0 \omega \cos \varphi + \frac{F_0 \varphi}{m \omega}$$

$$K_2 = x_0 - \frac{F_0 \varphi^2}{2m \omega^2} - a_0 \varphi \cos \varphi$$

(ii) $\dot{x} - a_0 \omega \cos \omega t < 0$ の場合

$$m\ddot{x} - F_0 = 0 \quad \dots\dots\dots (6')$$

である。(6')式の解は

$$\dot{x} = \frac{F_0}{m} t + K_1 \quad \dots\dots\dots (7')$$

$$\therefore x = \frac{F_0}{2m} t^2 + K_1 t + K_2 \quad \dots\dots\dots (8')$$

同様に K_1, K_2 は

$$K_1 = a_0 \omega \cos \varphi - \frac{F_0 \varphi}{m \omega}$$

$$K_2 = x_0 + \frac{F_0 \varphi^2}{2m \omega^2} - a_0 \varphi \cos \varphi$$

第8図は(7), (8), (7'), (8')式を用いて

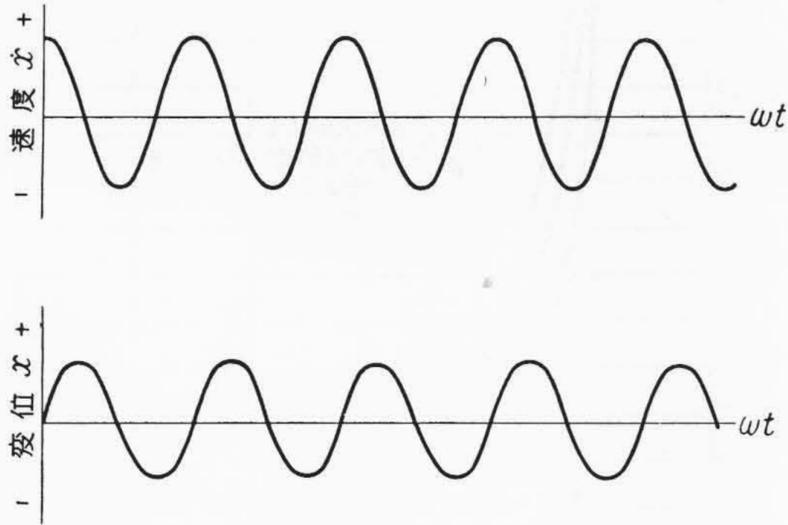
$$a_0 = 0.05 \text{ cm}, \quad n = 20 \text{ サイクル/s},$$

$$F_0 = 1.7 \text{ kg}$$

の場合の重錘の運動速度および変位が時間とともにどのように変化するかを計算した一例である。この図から重錘の運動状態を次のように分類することができる。

(a) $m\ddot{x} \leq F_0$ の場合

第9図は $m\ddot{x} \leq F_0$ の場合の重錘の運動速度および変位である。重錘に作用する力 $m\ddot{x}$ が窓バ



第 9 図 重錘の運動状態 (1)

ランサー摺動部の静止摩擦力 F_0 より小であるため重錘は窓ランサーと一体となつて運動している。

このときの変位および運動速度は

$$x = a_0 \sin \omega t \dots\dots\dots (9)$$

$$\dot{x} = a_0 \omega \cos \omega t \dots\dots\dots (10)$$

である。

(b) $m\ddot{x} \cong F_0$ の場合

振動試験機により窓ランサーを加振し、徐々に振動加速度を増していくと、重錘に作用する力 $m\ddot{x}$ と静止摩擦力 F_0 との間に

$$m\ddot{x} < F_0 \quad m\ddot{x} > F_0$$

の二つの場合が起つてくる。しかるに $m\ddot{x} = -F_0$ なるときは重錘と窓ランサーが別々の運動を始めようとする瞬間でもあるから、この時間を

$$t = \frac{\varphi_0}{\omega} \text{ とすれば重錘に作用する加速度は}$$

$$\ddot{x}_0 = -a_0 \omega^2 \sin \varphi_0$$

$$\therefore m a_0 \omega^2 \sin \varphi_0 = F_0$$

$$\therefore \varphi_0 = \sin^{-1} \frac{F_0}{m a_0 \omega^2} \dots\dots\dots (11)$$

第 10, 11, 12 図はそれぞれ $m\ddot{x} \cong F_0$ の場合の重錘の速度および変位の状態を表わす図である。図において A-B 間が $m\ddot{x} < F_0$, B-C 間が $m\ddot{x} > F_0$ であり、B 点が $m\ddot{x} = -F_0$ に相当する。そしてそのときの ωt は φ_0 である。

また B 点, C 点の重錘の運動速度 \dot{x} は (7), (8), (9), (10) 式より

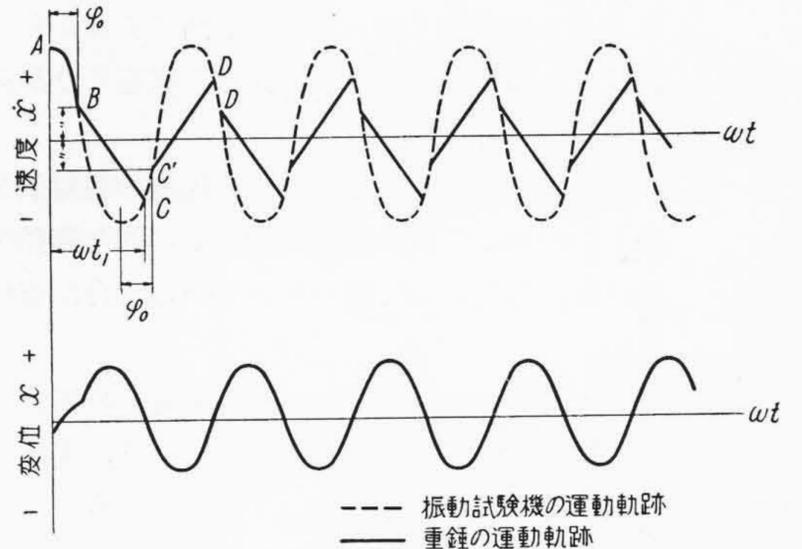
B 点 $a_0 \omega \cos \varphi_0$

C 点 $a_0 \omega \cos \omega t_1$

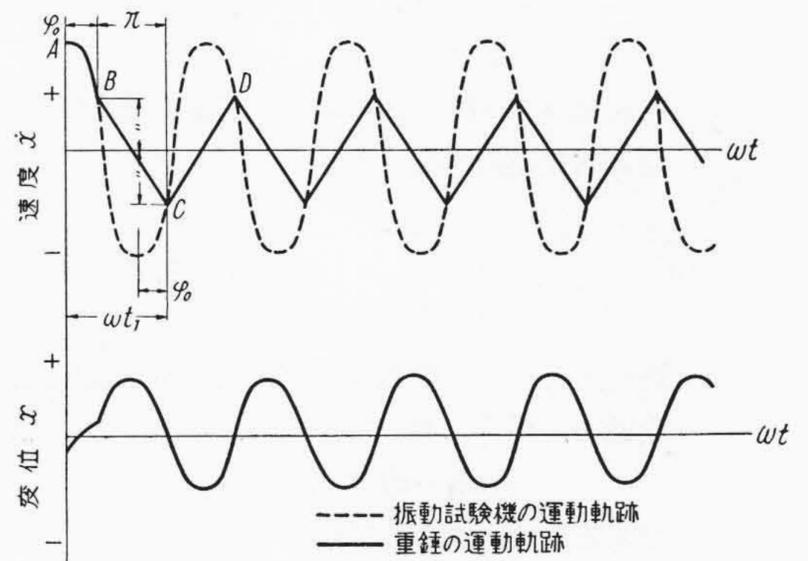
または $-\frac{F_0}{m} t_1 + a_0 \omega \cos \varphi_0 + \frac{F_0 \varphi_0}{m \omega}$

で表わされる。しかるとき

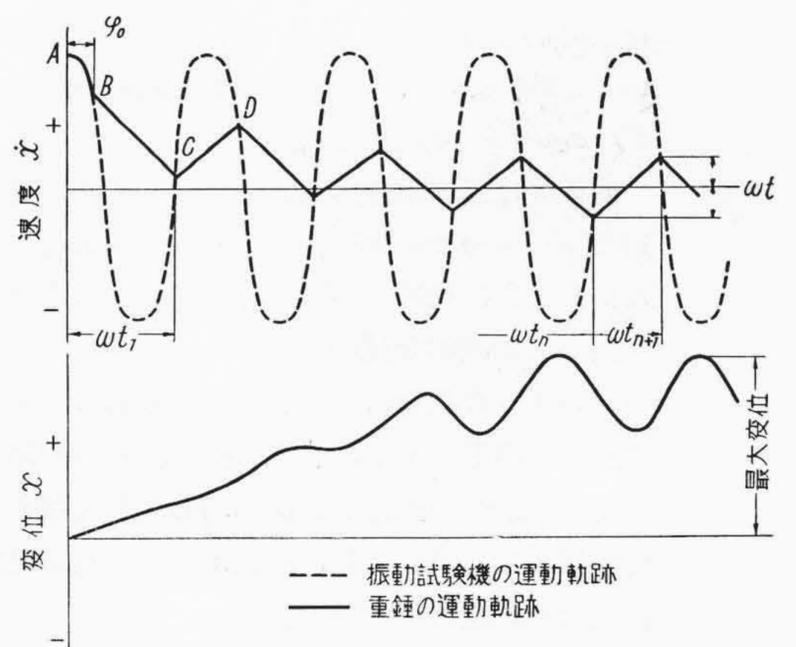
(i) $|a_0 \omega \cos \varphi_0| < |a_0 \omega \cos \omega t_1|$ の場合には重錘は第 10 図の運動状態を続ける。重錘の運動速度 \dot{x} は A-B 間では重錘と窓ランサ



第 10 図 重錘の運動状態 (2)



第 11 図 重錘の運動状態 (3)



第 12 図 重錘の運動状態 (4)

ーが一体となつて運動しているが、B 点において別々の速度で運動を始め、C 点においてふたたび一緒になる。しかるにこの点は

$$(\omega t_1 - \pi) < \varphi_0$$

であるため、重錘は窓ランサーと一体となつ

て $m\ddot{x} = -F_0$ である C' 点まで移動する。ここは B 点とまったく同一条件の箇所であるから、次は $C' - D - D'$ 間を前と同様の状態くりかえして運動を続ける。

変位 x は B 点および C' 点の速度の絶対値が等しいから、二次曲線を書いて周期的な運動を続ける。したがって窓バランスーの釣合は破れない。

- (ii) $|a_0\omega \cos \varphi_0| = |a_0\omega \cos \omega t_1|$ の場合には重錘は第11図の運動状態を続ける。重錘の運動速度 \dot{x} は B 点において別々の速度で運動を始め、 C 点においてふたたび一緒になるが、 $|a_0\omega \cos \varphi_0| = |a_0\omega \cos \omega t_1|$ であるため C 点は B 点とまったく同一条件の箇所であるから、次は $C - D$ 間を前と同様の状態をくりかえして運動を続ける。

変位 x は第10図と同様に二次曲線を書いて周期的な運動を続けるから窓バランスーの釣合は破れない。

- (iii) $|a_0\omega \cos \varphi_0| > |a_0\omega \cos \omega t_1|$ の場合には重錘は第12図の運動状態を続ける。重錘の運動速度 \dot{x} は B 点において別々の速度で運動を始め、 C 点において一緒になるが、この点は $(\omega t_1 - \pi) > \varphi_0$

であるため、ふたたび別々の速度で $C - D$ 間を運動する。しかるに $B - C$, $C - D$ 間は (7), (7) 式からわかるように $\frac{F_0}{m}$ の角度で直線的に増減しているから、 D 点の速度は B 点の速度より必ず小さい。そしてこの状態を続けていくと時間が t_n, t_{n+1} 後には $|a_0\omega \cos \omega t_n| = |a_0\omega \cos \omega t_{n+1}|$ となる。

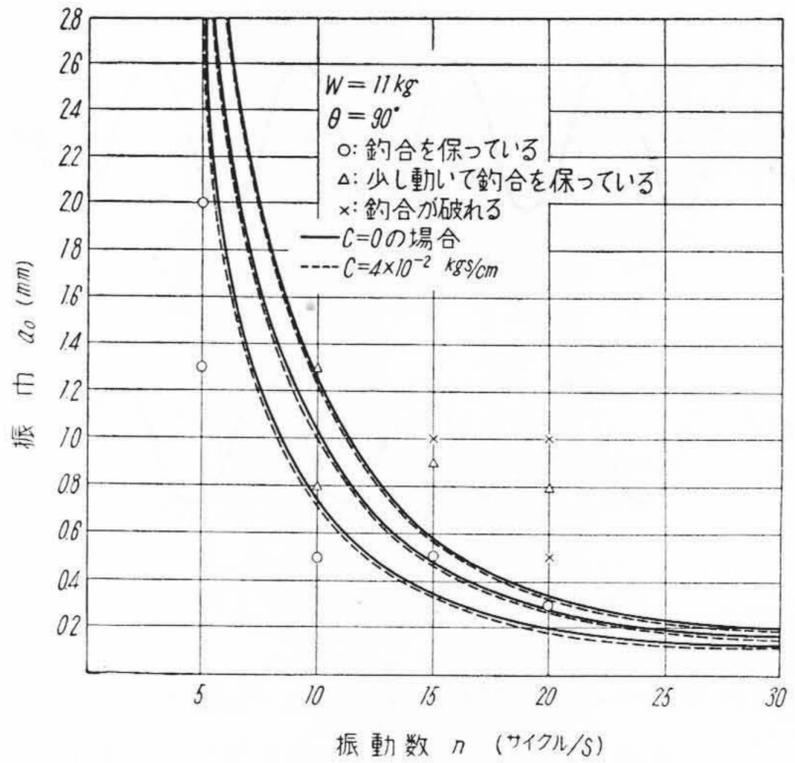
変位 x は最初は片方向にずれてゆくが、運動速度が $|a_0\omega \cos \omega t_n| = |a_0\omega \cos \omega t_{n+1}|$ となつたときに初めて第11図と同様の二次曲線を書いて周期的な運動を続ける。

このような状態になると重錘が最初はわずかに動いて停滞するが、次第に振動加速度を増してゆくと重錘の動きが次第に増して行く現象を起すはずである。これは試験にもしばしば見られ前記の理論で説明ができる。

以上で $m\ddot{x} \cong F_0$ の中には3種類の重錘の運動があることがわかつたが、窓バランスーの釣合の破れる限界は明らかに (ii) 項の $|a_0\omega \cos \varphi_0| = |a_0\omega \cos \omega t_1|$ のときを解明すればよいことがわかる。

(C) 釣合の破れる限界の考察

前述したように重錘が第11図のような運動状態



第13図 釣合の破れる限界

には B 点, C 点の運動速度の絶対値が等しいから

$$-\frac{F_0}{m} (t_1 - \frac{\varphi_0}{\omega}) + 2a_0\omega \cos \varphi_0 = 0$$

とおくことができる。しかるに

$$t_1 = \frac{\varphi_0}{\omega} + \frac{\pi}{\omega}$$

となるから

$$\frac{F_0\pi}{m\omega} = 2a_0\omega \cos \varphi_0$$

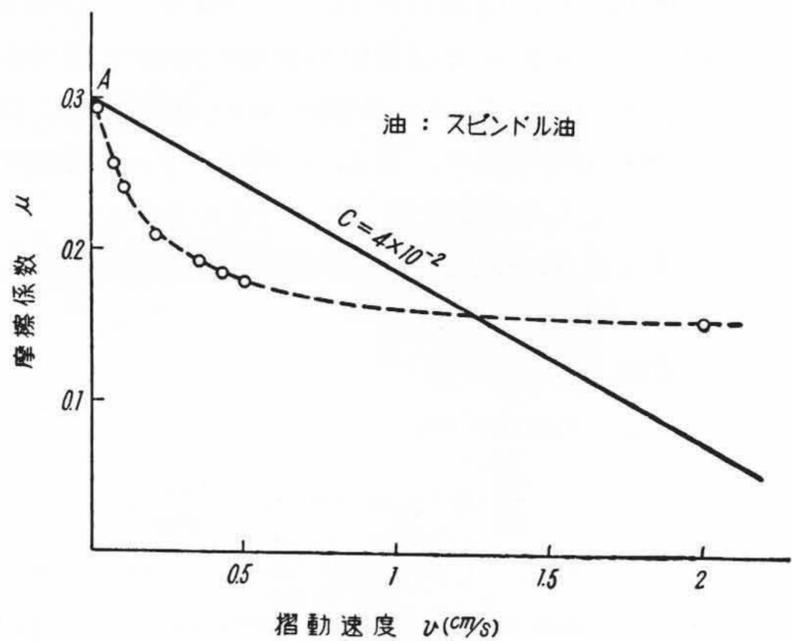
また B 点, C 点においては $m\ddot{x} = -F_0$ であるから

$$\sin \varphi_0 = \frac{F_0}{m a_0 \omega^2}$$

を満足しなくてはならない。したがって窓バランスーの釣合の破れるときの振幅 a_0 および振動数 n は

$$\therefore a_0 = \frac{F_0}{2\omega^2 m} (\pi^2 + 4)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (12)$$

ただし $\omega = 2\pi n$



第14図 振動速度と摩擦係数

で表わされる。

第13図の実線は(12)式に

$$F_0 = 1.7 \text{ kg}, 2.5 \text{ kg}, 3 \text{ kg}$$

を代入して a_0 および n の値を計算し第6図(C)の実験値と比較したものである。試験に用いた窓バランサーの静止摩擦力 F_0 の値は第5図から $\theta = 90$ 度のときの平均値が 1.7 kg 第13図であるが、この付近で実験値と大体よく合っている。

(D) 摩擦力の変化を考えた場合の考察

摩擦力の変化が第7図の実線Ⅱのように摺動部の速度差に直線的に比例すると仮定したときの窓バランサーの釣合の破れる限界は

$$\left. \begin{aligned} & \left(a_0 \omega \cos \varphi_0 + \frac{C a_0}{m} \sin \varphi_0 - \frac{F_0}{C} \right) \left(1 + e^{-\frac{C}{2mn}} \right) \\ & + 2 \frac{F_0}{C} = 0 \\ & \varphi_0 = \sin^{-1} \frac{F_0}{a_0 \omega^2 m} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (13)$$

で表わされる。 C は第7図の実線Ⅱに示すように摩擦力と摺動部の速度差から決まる定数である。一般に境界潤滑状態において軟鋼と軟鋼が接触した場合の摺動速度と摩擦係数の関係は第14図⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾の点線のようになるが、これを実線のように直線として置換えればA点においては静止摩擦力 F_0 に合致するから定数 C は

$$C = \frac{F_0}{v \xi}$$

ξ : 窓バランサーの力の倍率

v : 摺動速度

で表わされる。第13図の点線は(14)式に $C = 4 \times 10^{-2} \text{ kgs/cm}$ のとき

$$F_0 = 1.7, 2.5, 3 \text{ kg}$$

を代入して a_0 および n の値を計算したものである。 $C = 0$ すなわち摩擦力が速度差に無関係に常に一定であると仮定した実線とほとんど一致しており、窓バランサーの釣合の破れる限界値には摩擦力の変化が摺動部の速度差に直線的に比例すると考えたときの C の影響はまったく考慮に入れなくてよいといえる。また F_0 を 2.5, 3 kg と増してやれば釣合の破れる限界が上ってくるから、窓バランサーに摩擦力を機械的に増減できる装置(特許

申請中)を設けておけば車輛の上下振動に対して適切な釣合性能を保持することができる。

郊外電車の上下振動はわれわれが今まで実測したうち、よいもので

$$\text{振幅 } a_0 = 0.05 \text{ cm}, \quad \text{振動数 } n = 20 \text{ サイクル/s}$$

悪いもので

$$\text{振幅 } a_0 = 0.075 \text{ cm}, \quad \text{振動数 } n = 30 \text{ サイクル/s}$$

であるから、第13図より $F_0 = 1.7 \text{ kg}$ 付近であればよいことがわかる。

[V] 結 言

本報告で得られた結果をまとめてみると

(1) 静的状態における釣合は θ が 30~150度の範囲では完全に釣合っているが、 θ が 0 または 180 度の死点附近では釣合が破れる傾向があるから腕の傾斜角一杯に使用することは避けなくてはならない。

(2) 試験に用いた窓バランサーの静止摩擦力(昇降に要する力)は腕の先端において、 $\theta = 30 \sim 150$ 度の範囲では $\pm 1.5 \sim 2.3 \text{ kg}$ である。

(3) 窓バランサーを振動試験機により上下方向に加振した場合、釣合の破れる限界は次式によつて表わされ実験値とよく一致している。

$$a_0 = \frac{F_0}{2 \omega^2 m} (\pi^2 + 4)^{\frac{1}{2}} \quad \text{ただし } \omega = 2 \pi n$$

(4) 窓バランサーの釣合の破れる限界値は摩擦力が摺動部の速度差に直線的に比例して変化すると仮定して導いた式と、摩擦力が速度差に無関係に常に一定であると仮定して導いた式から計算した値とほとんど一致しており、摩擦力が速度差に直線的に比例して変化すると考えたときの定数 C の影響はまったく考慮に入れなくてよい。

終りに実験および解析の御指導を賜つた日立製作所笠戸工場桑江主任に深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 宮川: 潤滑 1, 148 (1956)
- (2) 金井: 機械の研究 9, 610 (1957)
- (3) 會田: 機械の研究 2, 488 (1950)



実用新案第449393号

酒井真平

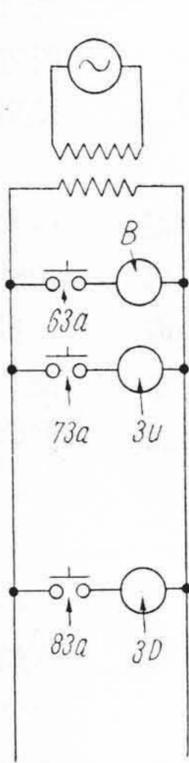
エレベータ信号装置

本案は各階よりの呼寄信号を乗籠に送るに二点押しボタンを使用し、この押しボタンの前後にブザー継電器および信号継電器をつなぎ、押しボタンを押圧している時間だけブザー継電器を動作させ、押しボタンを放せばブザー継電器は消勢され、信号継電器は直列抵抗を挿入されて電圧を低くし、乗籠が呼寄階に着床し扉を操作したとき、フロアコントローラの接触により信号継電器を短絡して、信号灯を消灯するようにしたものである。

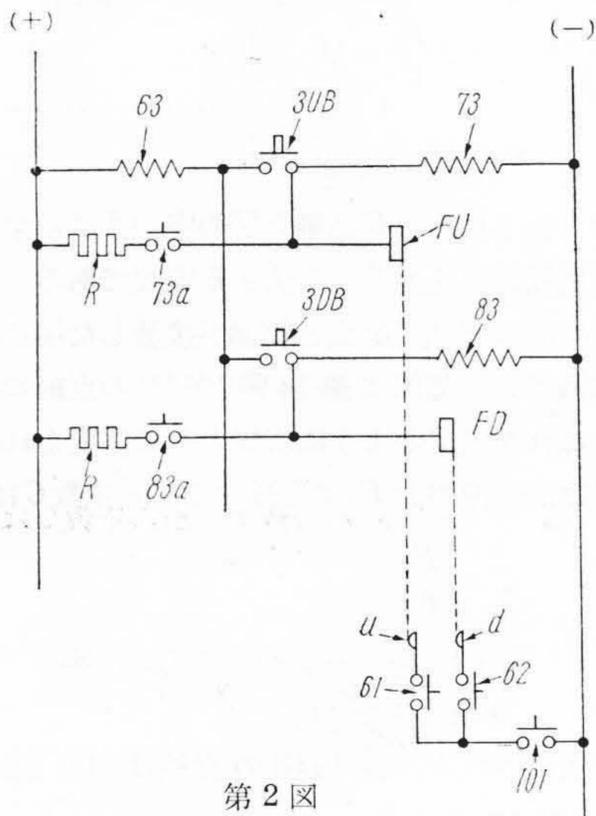
第1図は乗籠の信号灯回路、第2図は呼寄信号回路を示すもので、今三階の待客が下降押しボタン3DBを押すと、ブザー継電器63および信号継電器83が附勢され、接点63a、83aが閉合し、ブザーBを鳴らすと同時に信号灯3Dを点灯し、三階に下降待客のおることを乗籠内の運転手に知らせる。なお信号継電器83の回路は直列抵抗Rを挿入した状態で自己保持される。乗籠が三階に向って始動すると、方向性継電器の接点62が閉じ、乗籠が3階に着床するとフロアコントローラの固定接触片FDと可動接触子dとが閉合する。扉を開いて待客を収容し、扉を閉じると、閉扉用接触器の補助接点101が閉合し、信号継電器83はFD-d-62-101の回路によつて短絡されて消勢し、接点83aを開き、信号灯3Dを消灯する。

3UBは三階の上昇呼ボタンであつて、これが押圧によつてブザー継電器63および信号継電器73を附勢し、接点63a、73aを閉じ、呼寄信号を行うこと、および方向性継電器の接点61、フロアコントローラ接点FU、uなどにより信号回路を制御しうること、前記下降呼の場合と同様である。

従来の信号装置においては、信号継電器として動作巻線と復帰巻線とを備えた構造複雑なものを使用し、乗籠が呼寄階に着床したとき、フロアコントローラの動作により復帰巻線を附勢して継電器接点を開く方式を採用していたが、本案によれば復帰巻線を必要としないから、単一卷線の簡単な信号継電器73、83を使用することができる。なお呼寄押しボタン3UB、3DBなども、従来は三点押しボタンを必要としたが、本案では二点押しボタンを使用することができ、全体として信号装置をきわめて簡単とすることができる。(滑川)



第1図



第2図

Vol. 39

日立評論

No. 11

- ◎800 mm φ×2,400 mm L 可逆二重分塊圧延機駆動用 300 HP イルグナ式電気設備
- ◎B&C 式 CO ボイラについて
- ◎電力用ゲルマニウム整流器とその制御
- ◎日立不燃油ヒタフネン入り変圧器
- ◎新型空気作動式調節計
- ◎EPI 型日立赤外分光光度計
- ◎日立 GHL-300S 型平面研削盤
- ◎名古屋鉄道株式会社納 PPM-AM マイクロ波多重通信装置

- ◎私設線レピータの一方式
- ◎名古屋地下鉄電動車
- ◎ケーブル鉛被用各種鉛合金の耐クリープリ性
- ◎ライニング用ヒタフラン
- ◎ポリエステルレジソール各種充填剤系懸濁液の粘度
- ◎JIS 耐熱鋼 SEH 1, SEH 2 および SEH 3 の熱処理と高温強度について
- ◎三带式均熱連続加熱炉の設計と実際
- ◎過去の観測値による未来値の推定についての一私案

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸の内1丁目4番地 振替口座東京71824番
 取次店 株式会社オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 振替口座東京20018番