

鋼心アルミ撚線の振動特性

Vibration Characteristics of the Aluminium Cable Steel Reinforced

小堀与一* 小形猛美*

内 容 梗 概

鋼心アルミ撚線すなわち A.C.S.R. (Aluminium Cable Steel Reinforced) は主として超高压送電線として用いられている。一般に架空送電線に水平方向から風があたると、電線は風の条件によつては上下方向に自励振動を起すことがある。その場合電線のクランプ端に大きな繰返し応力が発生し、切断することがある。ACSRのかゝる自励振動による切断を防止するためにはあらかじめ振動特性を明らかにしておく必要がある。

本研究では断面積 240 mm^2 、重さ 1.1 kg/m 、長さ $2 \sim 7 \text{ m}$ (この長さは架空電線に起る振動の半波長に相当する) の ACSR を用い、室内実験を行つて ACSR の振動特性すなわち横振動とねじり振動における引張力と固有振動数の関係、あるいは引張力と減衰比との関係を明らかにした。すなわち (1) 横振動の固有振動数は大体引張力の平方根に比例して上昇し、減衰は引張力に関し、指数函数的に減少することがわかつた。したがつて ACSR が風により自励振動を起した場合は大きな繰返し応力がクランプ端に発生することが予想される。(2) ねじり振動の固有振動数は適用する振子の慣性能率 (本実験では慣性能率 $100 \sim 500 \text{ kg} \times \text{cm}^2$) により異なるが、横振動の振動数に比較し、同一引張力では低く、減衰は大であつた。(3) ACSR の中央にバネを介しておもりを付加し、強制振動を加えるときはおもりは動吸振器の作用をすることがわかつた。

〔I〕 緒 言

鋼心アルミ撚線すなわち A. C. S. R. (Aluminium Cable Steel Reinforced) は最近超高压送電線としてよく用いられている電線である。

一般に架空電線に水平方向から風があたると、電線はその寸法、重量、張力および風速などの関係によつてきまる固有の振動数で上下方向に自励振動を発生しやすい⁽¹⁾。かゝる振動が長期間持続するときは線のクランプ端附近に大きな繰返し応力が発生し線は疲労破壊するに至る。ACSRは構造上かゝる機械的破壊が問題となる電線であるから、あらかじめ ACSR の振動特性をあきらかにしておくことは、製造者側としてはもちろん使用者側としても振動防止対策上 (たとえばダンパの適確なる使用上から) きわめて大切なことである。

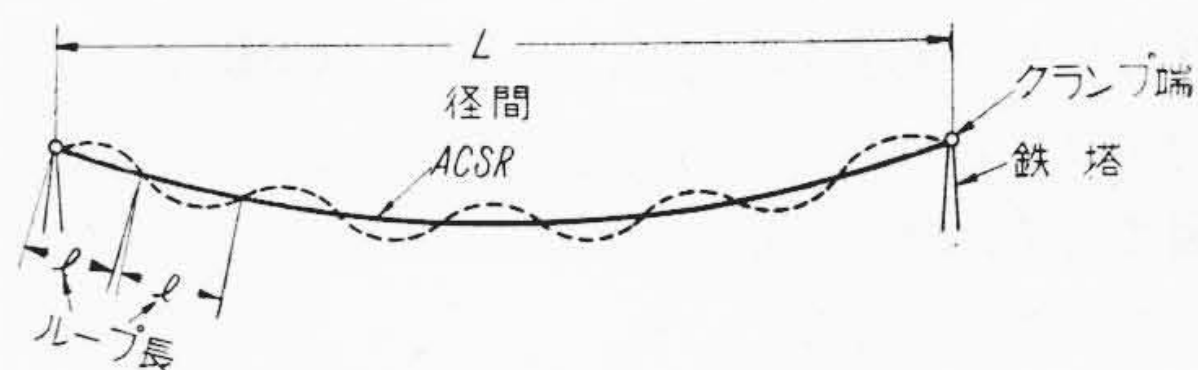
本研究では主として断面積 240 mm^2 、重さ 1.1 kg/m 、長さ $2, 5$ および 7 m の ACSR (この長さは架空線に起る振動の1ループ長さに相当する) について室内実験を行い、線の振動特性すなわち引張力と固有振動数、引張力と減衰比間の関係をあきらかにしようとした。

〔II〕 実験装置および実験法

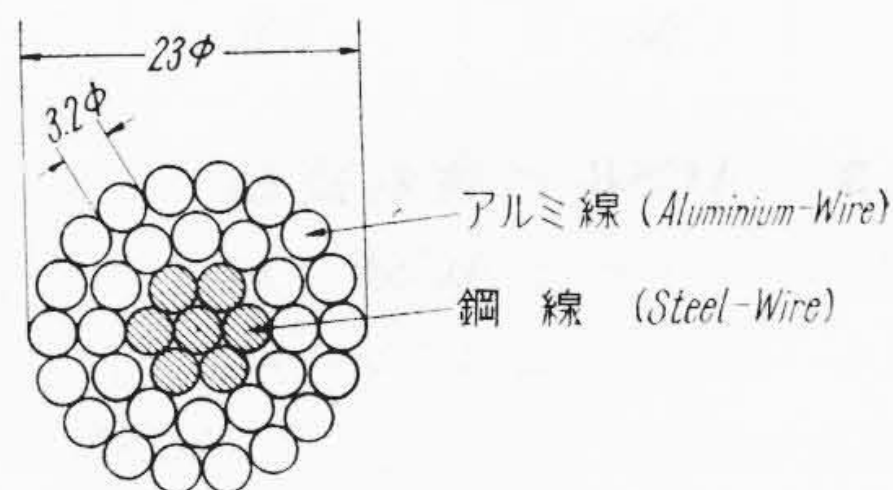
(1) 供試 ACSR

架空送電線の径間に風による振動が起る場合は ACSR は第1図の点線に示すとき状態となり、振動の半波長 (ループ長) および振動数は風速、線の寸法および張力によつて一定しないが、実際は前者は $2 \sim 15 \text{ m}$ ($3 \sim 7 \text{ m}$ が最多) 後者は $5 \sim 30 \text{ c/s}$ ($10 \sim 15 \text{ c/s}$ が最多) となつて

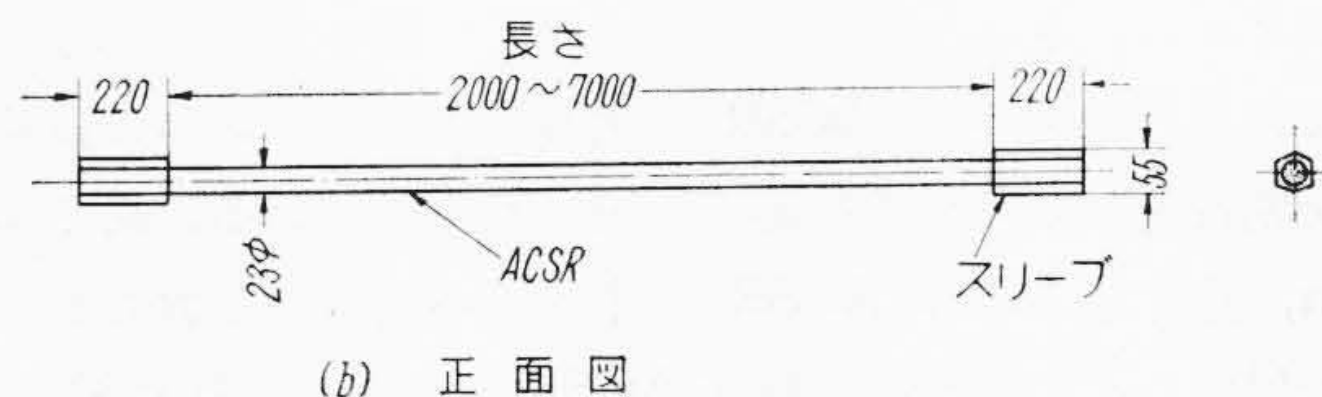
* 日立製作所日立研究所



第1図 送電線に起る振動
Fig.1. The Vibration Occurred in the Transmission Line



(a) 断面図 (240 mm^2 鋼線7本アルミ線30本)



第2図 供試 ACSR

Fig.2. ACSR Used in the Experiment
(a) Sectional View (b) Front View

いる⁽²⁾。実験室では架空電線に起るとき振動を生ぜしめて実験することはできないので、1ループ長すなわち架空線に起る振動の半波長の振動を対象として実験することにした。外径 23ϕ 、断面積 240 mm^2 の第2図に示

す燃線構成の ACSR について長さ 2, 5 および 7 m の両端に引張力 0~3.0 t を加え、固有減衰振動あるいは強制振動時の振動状況を測定することにした。

(2) 固有振動数および減衰比の測定

(a) 横振動

線に両端より引張力を加え、中央より打撃を与えると、線は固有の振動数で減衰振動をする。この振動は送電線の 1 ループ長の振動（これは両端支持の弾性棒の一次の振動形態に似ている）に相当するもので、この振動を線の中央に設置した容量型振動計により電流変化とし、電磁オシログラフにより記録した。固有振動の減衰比ならびに振動数はこのオシログラムから求めることができる。

(b) ねじり振動

ACSR で問題になるのは上下方向の横振動であるが、ACSR にトーションダルンパなどをつけて防振する場合は、ACSR のねじり振動の減衰を利用するからねじり振動の特性も問題になる。この場合ダンパは ACSR を軸として回転する振子と考えられる。ACSR の中央に重さ約 5 ポンドの振子を取付け、振子の ACSR のまわりの運動すなわねじり振動を前記同様にして測定した。第 3 図に振子の略図を示す。この振子は腕の長さに応じ下記の慣性能率を有している。

振子の番号	腕の長さ (mm)	慣性能率 ($\text{kg} \times \text{cm}^2$)
No. 1	65	100
No. 2	90	178
No. 3	150	466

(3) ACSR の強制振動

引張力を加えた ACSR の中央より可変速モータを駆動し、バネおよびピストンを通して、全振幅約 1 kg の正弦波状加振力を加えた場合の ACSR の振幅と加振力の周波数との関係を求めた。装置の外観を第 4 図に示す。

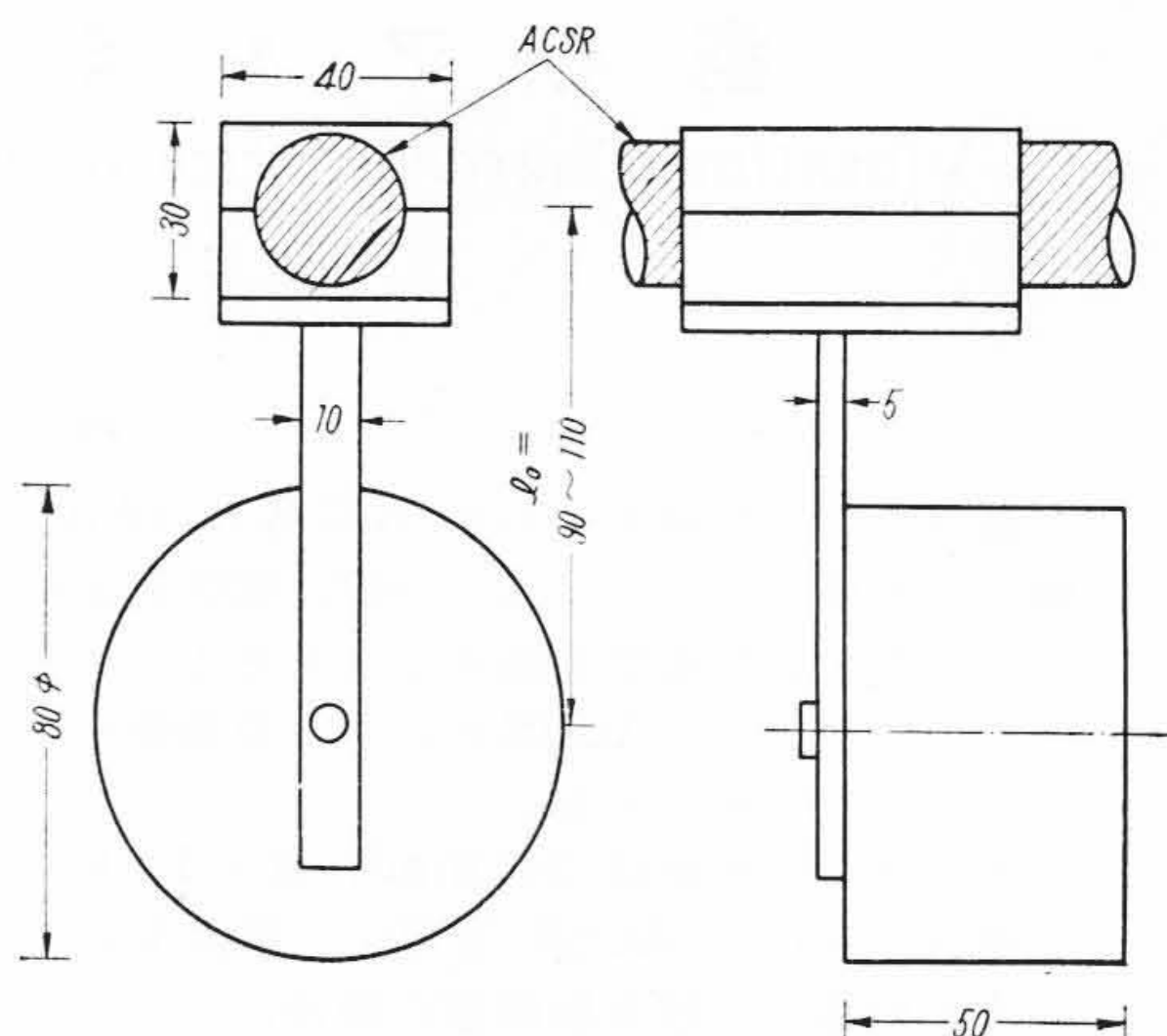
(4) おもりを付加した ACSR の強制振動

架空 ACSR の振動防止法として従来ストックブリッジダンパ、トーションダルンパなどが用いられている。これらのダンパは ACSR を主質量とし、ダンパの質量を副質量とした動吸振器の原理を利用している。長さ 2 m、引張力 1 t の ACSR の中央にバネを介しおもりを取付け、その固有振動数が ACSR のそれ（約 20 c/s）と大体一致するごとくして、動吸振器を形成せしめ、ACSR の中央より、上記同様にして強制振動を加えた場合、ACSR はいかなる振動をするかを調べた。

〔III〕 実 験 結 果

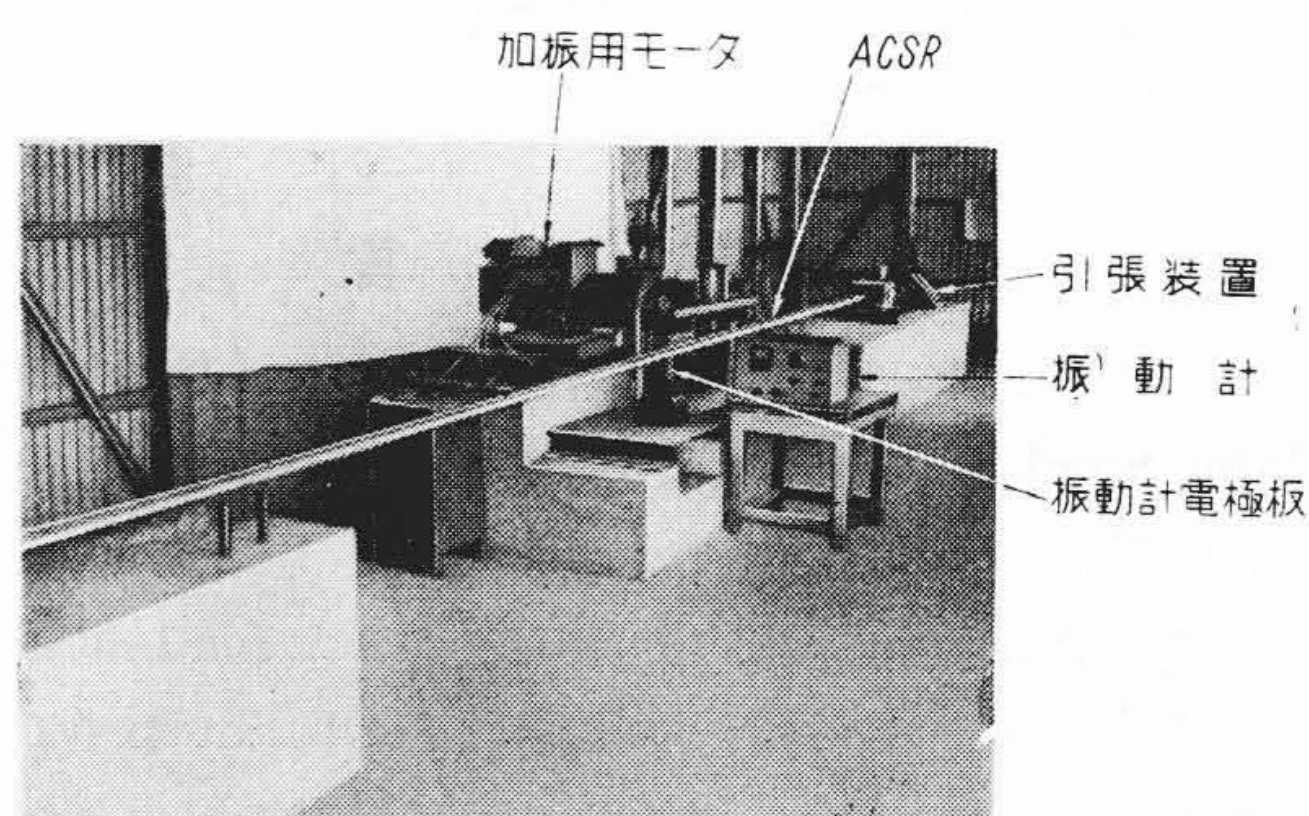
(1) ACSR の横振動の固有振動数と減衰

各種長さの ACSR に引張力を加え、上下方向より打



第 3 図 ねじり振動測定用振子

Fig. 3. The Pendulum Used in the Measurement of Torsional Vibration of ACSR



第 4 図 強制振動実験装置の外観

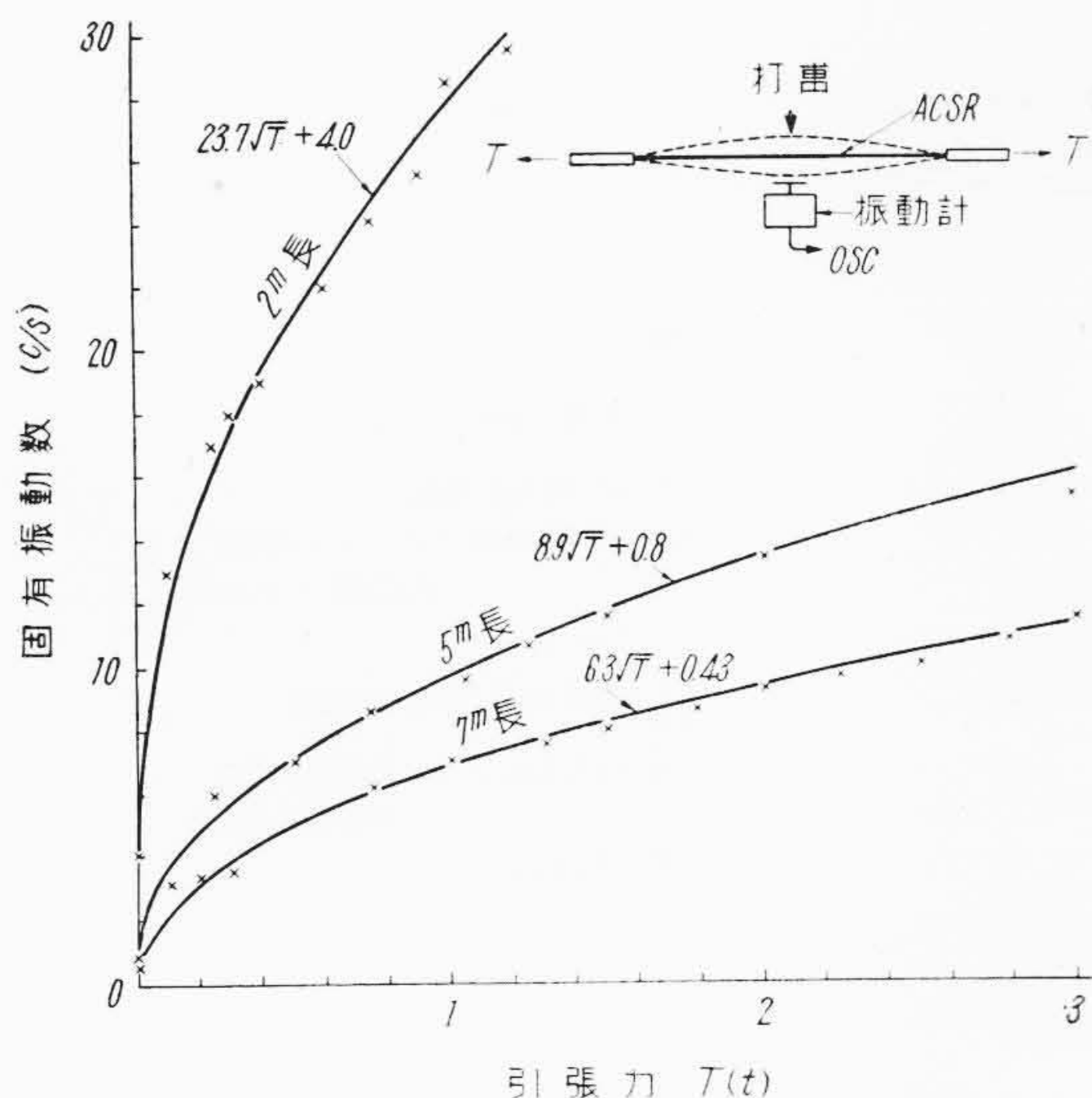
Fig. 4. Outside View of the Experimental Apparatus for the Forced Vibration

撃を加えて生じた横振動の振動数および減衰比をそれぞれ第 5 図および第 6 図に示す。いずれの長さの ACSR でも振動数は引張力が大きいほど上昇している。（すなわち引張力が大なる場合は大体引張力の平方根に比例している。ただし引張力が 0 の場合は、線にはこわさがあるので 0 にはならない）減衰比は引張力が大きいほど減少し、大体引張力の指数関数の形で減少している。

(2) ねじり振動の固有振動数と減衰

長さ 7 m の線に引張力を加え、この中央より直下に振子を取付け、振子を ACSR のまわりに振動せしめた場合の振動数と減衰比とを測定した結果を第 7 図に示す。また 7 m および 5 m の ACSR に、引張力 1.5 t または 3.0 t を加え、これに振子 No. 3 を直下または水平に取付けて測定した結果を第 1 表に示す。

第 7 図よりねじり振動の振動数および減衰比は引張力に対し、横振動の場合と同様の傾向を有していることがわかる。しかし振動数は横振動の場合より低く、減衰は大になつていくことがわかる。つぎに第 1 表よりは、振



第5図 引張力と横振動の固有振動数

Fig.5. The Tensile Force and the Natural Frequency at the Lateral Vibration

第1表 振子の取付法を変えた場合のねじり振動特性
Table 1. Torsional Vibration Characteristics in Case of Pendulum Attaching Method Being Changed

ACSR 試料長 (m)	取付法	引張力 (t)	減衰比	固有振動数 (c/s)
5	水平	1.5	1.025	3.55
		3.0	1.016	4.4
	直下	1.5	1.015	3.23
		3.0	1.013	4.6
7	水平	1.5	1.033	2.32
		3.0	1.027	2.92
	直下	1.5	1.011	3.0
		3.0	1.010	3.5

備考: 振子 No. 3 取付時の振動

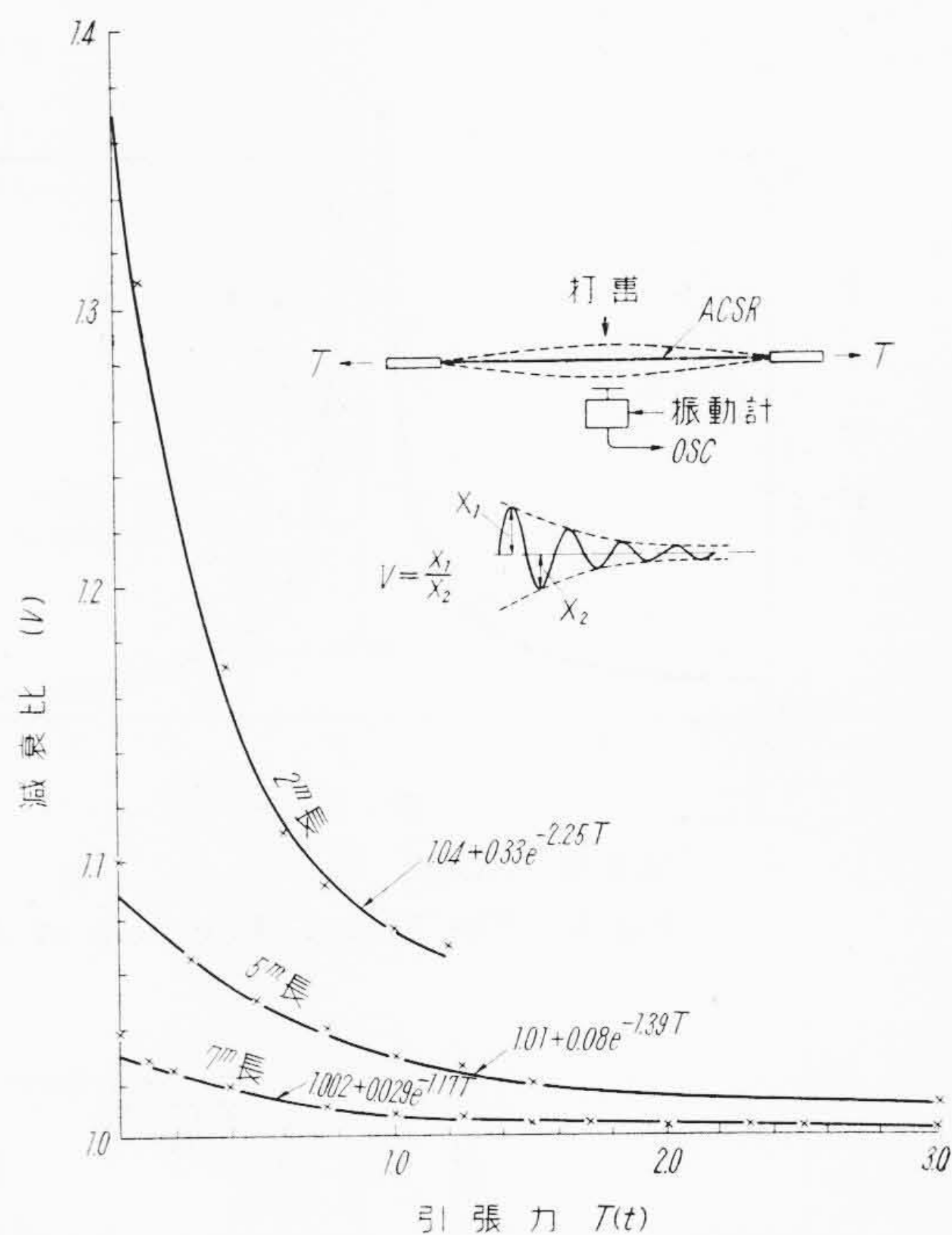
子の振動特性は取付法によつて異なり、水平に取付けた場合は直下に取付けた場合より固有振動数は減少し、減衰化は大きくなっていることがわかる。

(3) ACSR の強制振動

ACSRの中央より正弦波状一定振幅の加振力を加えた場合の振幅と加振力の速さ(振動数)との関係を第8図(次頁参照)に示す。図より ACSR の振動は減衰のない1自由度振動系の振動によく似ていることがわかる。

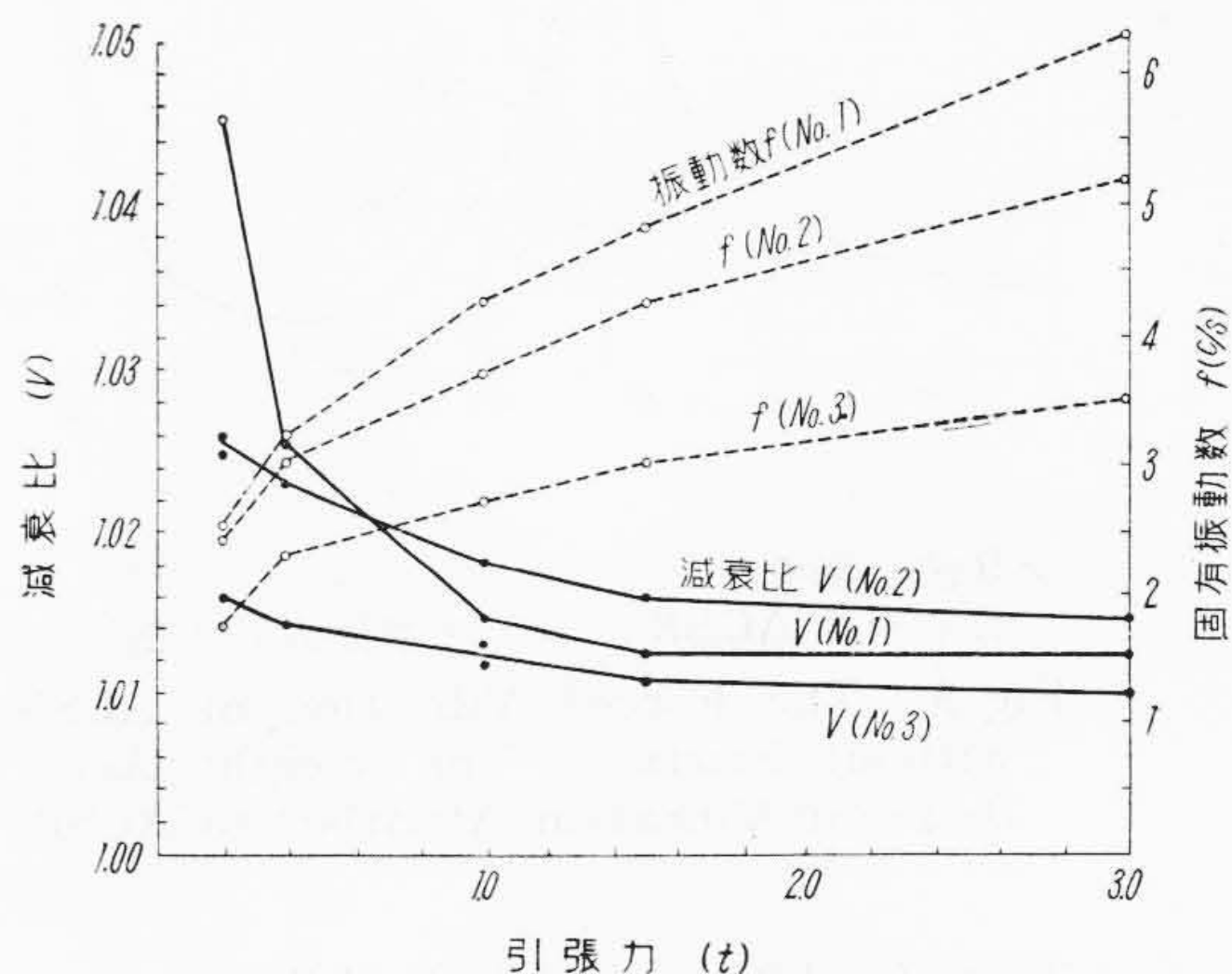
(4) おもりを付加した ACSR の強制振動

ACSRにバネを介しておもりを取付けた場合の振動を第9図(次頁参照)の実線に、おもりをバネを介して油つぼの中に入れ、その油つぼを直接 ACSR に取付けた場合の振動を第10図(次頁参照)の実線に示す。前者は無摩擦式動吸振器、後者は粘性摩擦式動吸振器の場合であ



第6図 引張力と横振動の減衰比

Fig.6. The Tensile Force and the Damping-Ratio of the Lateral Vibration



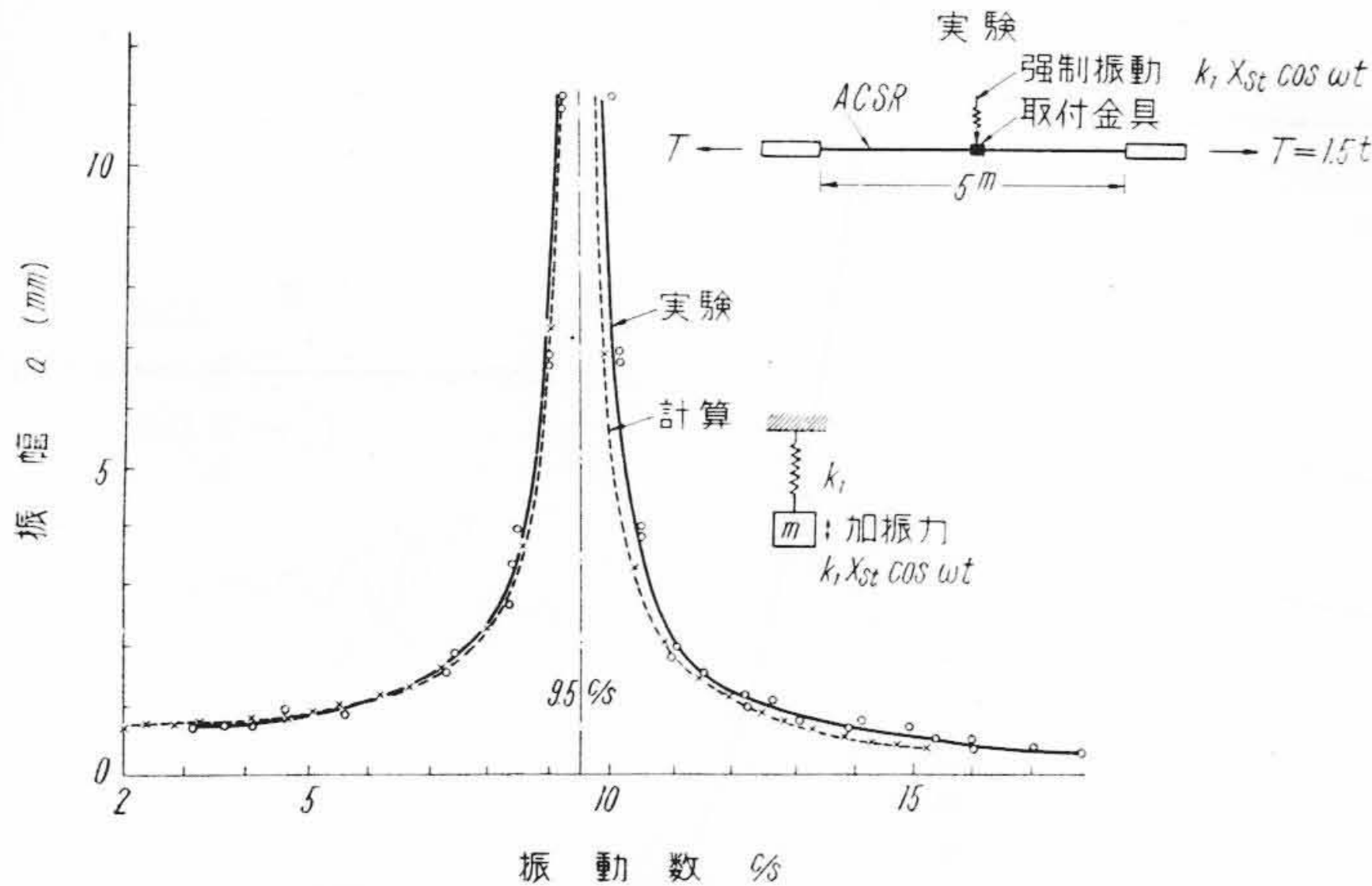
第7図 ねじり振動の固有振動数と減衰比
Fig.7. The Natural Frequency and the Damping-Ratio for the Torsional Vibration (7 m length)

る。図から曲線はいずれも動吸振器を有する主質量の振動特性をもっていることがわかる。

[IV] 結果の検討

(1) 横振動の固有振動数と減衰

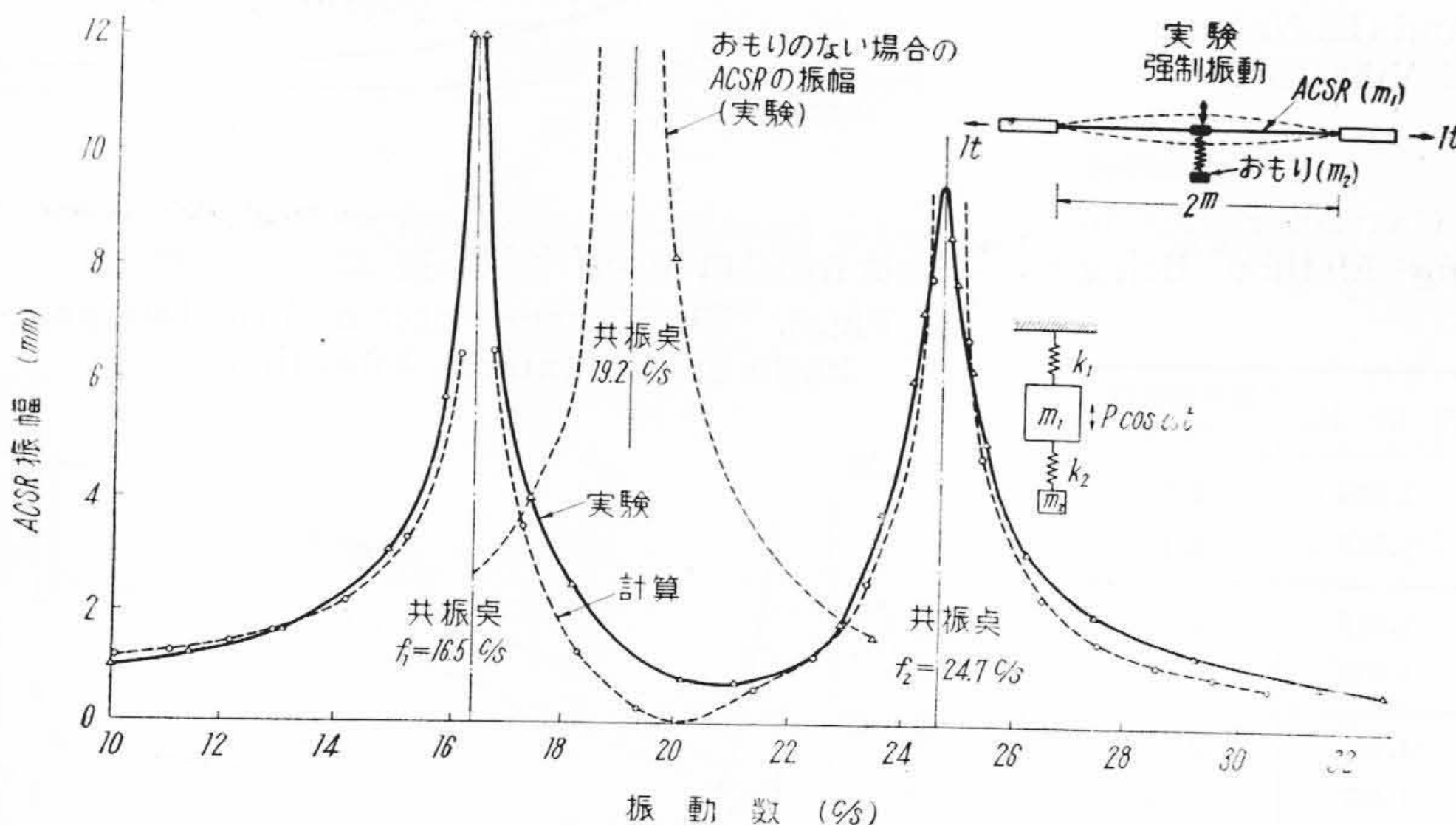
第5図より引張力 (t) と固有振動数 f (c/s) との関係を示す実験式を求めると、2m, 5m および 7m の ACSR に対し固有振動数はそれぞれ次式で表わされる。



第 8 図 ACSR の 強 制 振 動
Fig. 8. The Forced Vibration of ACSR

計 算

$$\begin{aligned} \text{振幅 } a &= \frac{x_{st}}{1-\gamma^2} \\ k_1 &= 1.36 \text{ kg/mm} \\ x_{st} &= 0.70 \text{ mm (ピストン行程による ACSR のたわみ)} \\ \gamma &= \omega/p_1 \\ \frac{p_1}{2\pi} &= 9.5 \text{ c/s (固有振動数)} \\ m &= 4.0 \text{ kg (1/2} \times \text{ACSR 質量} \\ &\quad \text{+ 取付金具質量)} \\ P &= k_1 x_{st} \end{aligned}$$



第 9 図 摩擦をともしないおもりを付加した ACSR の強制振動、
おもりは ACSR に対し無摩擦式動吸振器の役割をなす

Fig. 9. The Forced Vibration of ACSR having a Weight without Friction. The Weight Acts as a No-Frictional Dynamic Vibration Absorber to ACSR

計 算 (無摩擦式動吸振器)

$$\begin{aligned} m_1 \text{ の振幅} &= \frac{x_{st}(\gamma^2 - \delta^2)}{\beta \delta^2 \gamma^2 - (\gamma^2 - 1)(\gamma^2 - \delta^2)} \\ x_{st} &= 0.72 \text{ mm} \\ \gamma &= \frac{\omega}{p_1} \\ p_1 &= \sqrt{\frac{k_1}{m_1}} = 2\pi \times 20.4 \\ \delta &= \frac{p_2}{p_1} \\ p_2 &= \sqrt{\frac{k_2}{m_2}} = 2\pi \times 20.0 \\ \beta &= \frac{m_2}{m_1} \\ m_1 &= 1.945 \text{ kg} \\ &\quad \text{(ACSR 質量} \times 0.5 \text{ + 金具)} \\ m_2 &= 0.322 \text{ kg (おもりの重量)} \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} f_{2m} &= 23.7\sqrt{T} + 4.0 \quad (\text{ただし } T=0 \sim 1.2 \text{ t}), \\ f_{5m} &= 8.9\sqrt{T} + 0.8 \quad (\text{ " } T=0 \sim 3.0 \text{ t}), \\ f_{7m} &= 6.3\sqrt{T} + 0.43 \quad (\text{ " } T=0 \sim 3.0 \text{ t}), \end{aligned} \right\} (1)$$

一般にこわさのある弦の振動数は、 l を長さ、 a を重さに関する常数、 b を重さおよびこわさに関する常数とすれば

$$f = a\sqrt{T}/l + b/l^2 \dots\dots\dots (2)$$

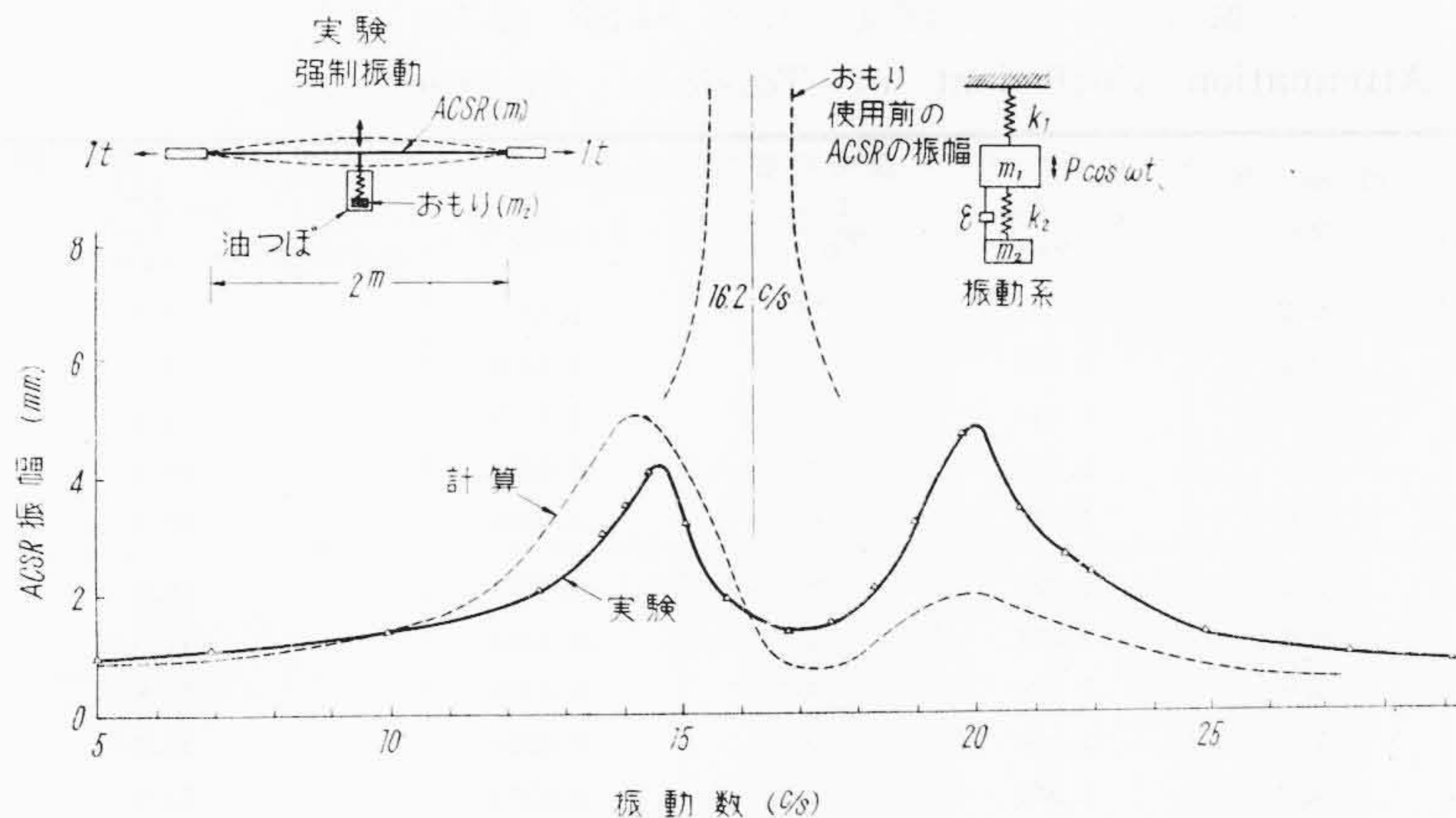
なる形で表わされる⁽³⁾。しかるに a, b を上記 f_{2m}, f_{5m} および f_{7m} の式より求めると大体 $a=45, b=19$ となるから、ACSR はこわさのある弦の性質をもっていることがわかる。

つぎに第 6 図より引張力と減衰比との関係を示す実験

式を求めると 2 m, 5 m および 7 m の ACSR に対し減衰比はそれぞれ次式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} v_{2m} &= 1.04 + 0.33 e^{-2.25T} \quad (\text{ただし } T=0 \sim 1.2 \text{ t}), \\ v_{5m} &= 1.01 + 0.080 e^{-1.39T} \quad (\text{ " } T=0 \sim 3.0 \text{ t}), \\ v_{7m} &= 1.002 + 0.029 e^{-1.17T} \quad (\text{ " } T=0 \sim 3.0 \text{ t}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

すなわち引張力が大になると減衰比は小になり、ある一定値に近ずきその値は 2 m, 5 m および 7 m の長さに対しそれぞれ 1.04, 1.01 および 1.002 となっている。この値は対数減衰率にするとそれぞれ 0.078, 0.0200 および 0.004 となる。したがってループ長が 5~7 m で引張力が 3 t 程度の ACSR すなわち実際の架空送電線と



第 10 図

粘性摩擦をともなうおもりを付加した ACSR の強制振動、おもりは ACSR に対し粘性摩擦式動吸振器の役割をなす

Fig. 10.

The Forced Vibration of ACSR having a Weight with Viscous Friction. The Weight acts as a Viscous-Frictional Dynamic Vibration Absorber to ACSR

計 算 (粘性摩擦式動吸振器)

$$m_1 \text{ の振幅} = x_{st} \left[\frac{4\mu^2\gamma^2 + (\gamma^2 - \delta^2)^2}{4\mu^2\gamma^2(\gamma^2 - 1 + \beta\gamma^2)^2 + \{\beta\delta^2\gamma^2 - (\gamma^2 - 1)(\gamma^2 - \delta^2)\}^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$x_{st} = 0.72 \text{ mm}, \quad p_1 = \sqrt{\frac{k_1}{m_1}} = 2\pi \times 16.2 \text{ rad/s},$$

$$m_1 = 2.74 \text{ kg (1/2 \times 線の質量 + 取付金具 + 油つぼ)},$$

$$\epsilon = 5.46 \times 10^3 \text{ dyne} \times \text{sec} \times \text{cm}^{-1} \text{ (減衰係数)},$$

ACSR 自身の減衰は無視する。

$$\delta = \frac{p_2}{p_1} = 1.063, \quad \beta = \frac{m_2}{m_1} = \frac{m_2}{m_1} = 0.1174,$$

$$p_2 = \sqrt{\frac{k_2}{m_2}} = 2\pi \times 17.3 \text{ rad/s}$$

$$m_2 = 0.322 \text{ kg (おもりの質量)},$$

$$\mu = \epsilon / 2m_2p_1 = 0.0832,$$

$$\gamma = \frac{\omega}{p_1}$$

しての ACSR の振動ではほとんど減衰がないということになる。このことから架空 ACSR が風により自励振動を起すときは、振幅が非常に大きくなり、クランプ端附近に大なる応力が発生することが想像される。

(2) ねじり振動の固有振動数と減衰

第 7 図より、ねじり振動の固有振動数と減衰比の引張力による変化は大體引張力の平方根に比例して増しているが、横振動の場合ほど規則的でない。また減衰比の変化も横振動の場合ほど規則的でないことがわかる。ACSR のねじり振動の減衰はトーショナルダンパのごときダンパの設計上重要なので、これに関し考察する。減衰比したがって減衰率はこの振動系では、ACSR 内部の減衰が振子の寸法に無関係に一定であるから、振子の慣性率が大きくなほど小になるはずである。すなわち、 I を振子の慣性率、 θ を ACSR のねじり角、 ϵ を減衰係数 (減衰はねじりの角速度に比例すると仮定して)、 k をラジアン当りの復元力 (モーメント) 係数とすれば、振子のねじり振動の式は

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} + \epsilon \frac{d\theta}{dt} + k\theta = 0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

となり、減衰率 δ は、 T_0 を周期、 g を重力の常数として

$$\delta = \frac{\epsilon T_0 g}{2I} \quad \dots\dots\dots (5)$$

と表わされる。これから引張力したがって k が一定なら T_0 は一定であり、 δ は I の大きいほど小になる。すな

わち減衰比は振子の慣性率の大きいほど小になる。しかるに実際は第 7 図に示すようにかなりしも慣性率の大きい振子が減衰比が小になつていない。つぎに (4) 式の減衰係数を考えてみる。 ϵ は ACSR 自身の内部摩擦によるものとみなしてよいから、振子の大小には無関係にある一定の値を取るはずである。 ϵ の値を実験値を基にして、(5) 式によつて計算すると、第 2 表 (次頁参照) のようになる。表右側の減衰係数をみると、引張力がある程度大きければ ϵ は、振子の慣性率の大きいほど大きくなつていく。この理由は振子が ACSR の周りに完全な回転運動を持続しないことに起因すると思われる。最初振子にトルクを与え、ねじり振動を起させても、系はもともと横振動を起しやすい状態にあるため、最初の自由ねじり振動は時間の経過につれ ACSR には逐次減衰小さな横振動が生じ、完全なねじり振動は保たれ難くなると考えられる。表からこの傾向は振子の質量が小さかつたり、慣性率が小さければ著しく、また振子が ACSR に対し水平に取付けられた場合より、直下に取付けられた場合が著しいことがわかる。

(3) ACSR の強制振動

引張力を加えた ACSR の中央より、一定振幅の正弦波状加振力を加えて、強制振動を与えた結果は第 8 図実線のごとく 1 自由度振動系の振幅倍率曲線によく似ている。いま ACSR の全質量の半分と強制力装置の ACSR に付属して質量の和 $m = 4.0 \text{ kg}$ を集中荷重と考え、ACSR 中央のバネ常数 $k = 1.36 \text{ kg/mm}$ からなる振動系

第 2 表 ねじり振動の減衰係数 (7 m ACSR, 振子直下)

Table 2. Attenuation Coefficient of Torsional Vibration

番 号	振 子		引 張 力 (t)	減 衰 比 $v = \frac{a_n}{a_{n+1}}$	固有振動数 $\frac{1}{T_0}$ (c/s)	対数減衰率 $\delta = 2 \log V$	減 衰 係 数 $\varepsilon = \frac{2\delta l}{T_0 g}$ (kg×cm×sec×rad ⁻¹ ×10 ⁻³)
	腕の長さ (cm)	慣性能率 (kg×cm ²)					
1	6.5	100	0.2	1.055	2.5	0.107	51.7
			0.4	1.025	3.2	0.0493	32.2
			1.0	1.014	4.3	0.0278	24.4
			1.5	1.012	4.8	0.0239	23.4
			3.0	1.012	6.3	0.0239	30.7
2	9.0	178	0.2	1.026	2.5	0.0513	46.6
			0.4	1.023	3.0	0.0453	44.5
			1.0	1.018	3.7	0.0358	48.8
			1.5	1.016	4.3	0.0298	49.8
			3.0	1.014	5.2	0.0278	52.5
3	15.0	466	0.2	1.016	1.8	0.0318	54.5
			0.4	1.014	2.4	0.0278	63.5
			1.0	1.012	2.7	0.0239	61.5
			1.5	1.011	3.0	0.0219	62.5
			3.0	1.010	3.5	0.0199	65.7

(これは単純な 1 自由度振動系である)の共振振動数を求めると

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_1 g}{m_m}} = 9.4 \text{ c/s}$$

となり、この値は実際の値 9.5 c/s とほぼ一致している。したがって ACSR 1 ループ長の振動を取扱う上に、ACSR の質量を集中荷重とみなし、系を 1 自由度系として取扱う上には、みかけ上 ACSR の全質量の半分を集中荷重とみなせばよいことがわかる。第 8 図の点線は 1 自由度振動系の質量の振幅倍率に静たわみ測定値 0.70 mm (ピストン全行程とピストンのバネ常数との積 P による線の振れを掛け、固有振動数を 9.5 c/s として描いた計算上の曲線を示す。図からこの曲線と ACSR の振幅曲線がほぼ一致していることがわかる。

(4) おもりを付加した ACSR の振動特性

前記のごとく ACSR の振動は、ACSR の質量の 1/2 を m_2 とし、これに対するバネ (バネ常数 k_1) を考えれば 1 自由度系の振動と等価とみなしてよいことがわかった。つぎに ACSR の中央におもり (質量 m_1) をバネ (バネ常数 k_2) を介して取付た場合を考える。かゝる場合の振動系は第 9 図右方に示すとき 2 自由度振動系となり、 m_1 は主質量を、 m_2 は m_1 に対し無摩擦式動吸振器の役割を示すことになる。かゝる振動系の運動は周知の次式で表われる。

$$\left. \begin{aligned} m_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} + k_1 x_1 - k_2 (x_2 - x_1) &= P \cos \omega t \\ m_2 \frac{d^2 x_2}{dt^2} + k_2 (x_2 - x_1) &= 0 \end{aligned} \right\} \dots (6)$$

x_1 および x_2 はそれぞれ自然の静止の位置からみた m_1

および m_2 の変位である。減衰は考えないことにする。この場合の m_1 すなわち ACSR の振幅 A_1 と、 A_1 の静たわみ量 A との比 A_1/A を求めれば、これは m_1 の振幅倍率を表わす。 A_1/A は周知の式

$$\frac{A_1}{A} = \frac{\gamma^2 - \delta^2}{\beta \delta^2 \gamma^2 - (\gamma^2 - 1)(\gamma^2 - \delta^2)} \dots (7)$$

で表わされる。

ただし

$$A = \frac{P}{k_1}$$

$$\delta = P_2/P_1 \text{ (} m_2 \text{ と } m_1 \text{ の固有角振動数の比)}$$

$$p_1 = \sqrt{k_1/m_1}$$

$$p_2 = \sqrt{k_2/m_2}$$

$$\gamma = \omega/p_1 \text{ (加振力の角速度と } m_1 \text{ の固有角振動数との比)}$$

$$\beta = m_2/m_1 \text{ (質量比)}$$

である。これに対する実際の値は

$$m_1 = 1.945 \text{ kg (ACSR の自重の半分と取付金具重量との和)}$$

$$p_1 = 2\pi \times 20.4 \text{ rad/s}$$

$$p_2 = 2\pi \times 20.0 \text{ rad/s}$$

$$\delta = 0.98$$

$$\beta = 0.166$$

$$A = 0.72 \text{ mm}$$

であつて、これらの値を (7) 式に入れて計算すると第 9 図の点線のようになる。一方実験値は図の実線のごとくであるから、計算値と実験値は比較的一致していることがわかる。この場合 ACSR には引張力が 1.5 t も加わっているため、振動はほとんど非減衰であり、かつお

もりの運動には摩擦抵抗がないので、おもりはいわゆる無摩擦式動吸振器として働く。このためおもりを付加する前の共振振動の振幅は、付加後は共振振動数付近においてかなり減少する。しかし別の振動数において、二つの共振振動が鋭く現われ、おもりは結局 ACSR 用ダンパとしては効果がない。

ACSR用ダンパの性能としては広い範囲の振動数(5~25 c/s) にわたり、有効に働くことが望ましい。そのためには動吸振器は粘性摩擦式にする必要がある。おもりを油つぼ(スピンドル油使用, 自重約 0.8 kg)の中に入れ、おもりを ACSR に対し粘性摩擦式動吸振器として作用させた結果では(第10図参照), 第9図に生じた鋭い二つの共振振動の山は低くなり, ある程度おもりはダンパとして有効に働いていることがわかる。この場合共振振動数は計算(振幅の計算式は第10図中に記してある)とほぼ一致しているが, 振幅は実験値が計算値より小になり, よく一致しない。この理由は ACSRすなわち主質量 m_1 に働く減衰を計算で省略したためである(m_1 にも粘性減衰が働くとして計算すると⁽⁴⁾, 振幅曲線の計算値は実験とはほぼ一致することがわかった。なおこの場合 m_1 の減衰係数は約 $15.5 \times 10^3 \text{ dyne} \times \text{sec} \times \text{cm}^{-1}$ であり, おもり m_2 の減衰係数は約 $5.5 \times 10^3 \text{ dyne} \times \text{sec} \times \text{cm}^{-1}$ であつた)。

(5) 610 mm² ACSR の振動特性

これまでの実験は断面積 240 mm² の ACSR を対象に行つた。断面積 610 mm², 長さ 7 m について横振動の固有振動数と引張力との関係を前記同様にして実験した結果は

$$f = 3.66\sqrt{T} + 1.47 \text{ (c/s)}$$

となり, この値は(1)式の f_{7m} に比較し第1項の係数が小になり, 第2項が増している。この理由は線が太くなり, 単位長さあたりの重さと, こわさが同時に増したためと考えられる。

つぎに減衰比は

$$v = 1.005 + 0.011 e^{-0.387T}$$

となつた。この値は(3)式の v_{7m} に比較し第1項の値が大きくなつている。これは線の構成が変り(鋼線7本, アルミ線54本) 240 mm² より減衰しやすくなつているためと考えられる。

〔V〕 結 言

断面積 240 mm², 重さ 1.1 kg/m, 長さ 2, 5 および 7 m の鋼心アルミ撚線 (ACSR) について, 引張力を加えた場合の振動特性に関し実験した結果つぎのことがわかつた。

(1) ACSRの横振動の固有振動数と引張力との関係

はこわさのある弦の振動と同様である。すなわち引張力 0 でも振動数は 0 にならないが, 引張力がある程度以上になれば振動数は大体引張力の平方根に比例して増加する。横振動の減衰比は引張力に関し, 指数函数的に減少し, 引張力 3.0 t ではほとんど減衰しない。

(2) ACSRの中央に振子(重さ 2 kg, 慣性能率 100~470 kg×cm²)を取付け, ACSR を軸として振らした場合のねじり振動の振動数と引張力との関係は横振動の場合と同様振動数は大体引張力の平方根に比例して増加するが, 同一引張力では横振動の振動数より低く, 減衰比は引張力の増すほど減少し, 同一引張力では横振動の減衰比より大きい。ねじり振動における ACSR の減衰係数は一定でなく, 振子の慣性能率の大きなほど大であり, また同一振子では ACSR の直下に取り付けるより水平に取り付けた方が大である。

(3) ACSRの中央より振幅一定の正弦波状加振力を加えて強制振動せしめた場合, ACSRはその質量の半分を集中荷重とする 1 自由度振動系の荷重の振動と等価な振動をなす。

(4) ACSRの中央にバネを介して質量を取付けるときはこの質量は ACSR に対し動吸振器の作用をなす。

本研究にあたり日立製作所電線工場試作課久本課長および同工場関係者各位の御協力を, また日立研究所今尾主任研究員の御指導をいただいた。厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) T. Varney: A.I.E.E. 45, 465~479 (1926)
- (2) 森: オーム 37, 84 (昭 25-2)
- (3) 坪井: 振動論 471 (昭 19-8)
- (4) J. Ormondroyd, J.P. Den Hartog: Trans. A.S.M.E. 50, 9 (1928)





特許第 215052 号

神 尾 昌 史

巻上機のクラッチと制動機との互鍵装置

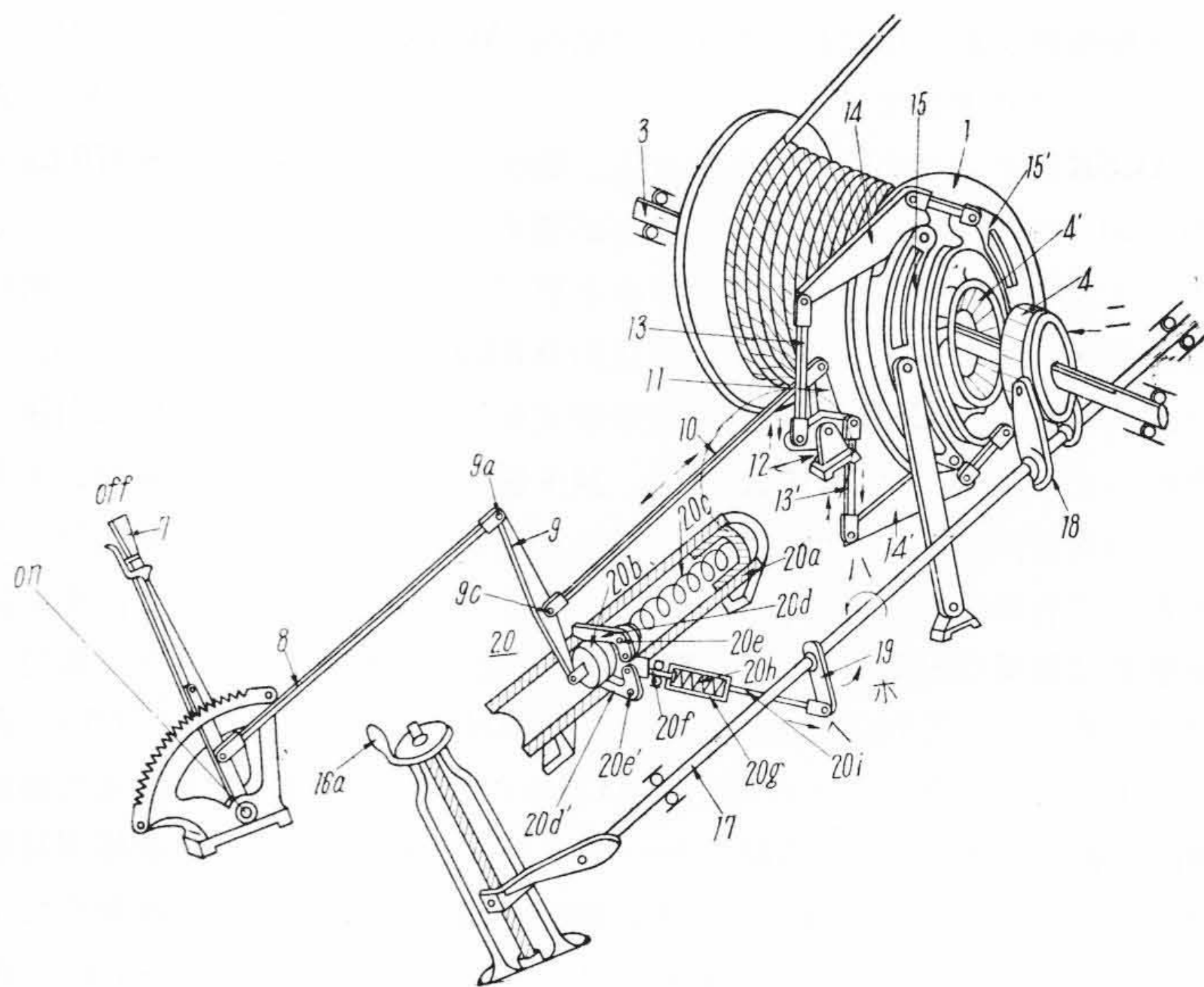
この発明は巻上機の運転を安全にするためのクラッチと制動機との互鍵装置に関するものである。

操作杆 7 を制動側 (on) に動かせば、連杆 8、てこ 9、連杆 10、揺動杆 11、てこ 12、連杆 13、13'、揺動片 14・14' を経て制動靴 15、15' がしまり巻胴 1 が制動される。操作杆 7 を制動解除側 (off) に動かせば、反対に制動靴 15・15' が開いて巻胴 1 の制動が解かれる。この場合互鍵ピストン 20b は固定されている。

回転ハンドル 16a を操作しクラッチ操作軸 17 を矢印ハ方向へ回転すれば、クラッチレバー 18 をかいしてクラッチ 4 が矢印ニの方向へ揺動しクラッチ 4' にかみ合う。操作杆 7 により制動機の制動を解き巻胴軸 3 を回転すれば、クラッチをかいして巻胴 1 が駆動される。クラッチ操作軸 17 の矢印ハ方向への回転により互鍵用揺動杆 19 は矢印ホ方向へ揺動し、それとともに連杆 20i、移動支持筒 20g、連杆 20f が同方向へ移動するが、制止杆 20d、20d' は互鍵ピストン 20b の環状凹部に依然かん入している。したがって、互鍵ピストンは固定されている。

制動機が不制動状態にある場合 (例えば操作杆 7 を制動側へ規定量動かさなかつた場合) クラッチ 4 を前記と反対方向に動かしてクラッチ 4' から外そうとすれば、互鍵用揺動杆 19 が矢印ホと反対の方向へ揺動し、連杆 20i、移動支持筒 20g が矢印へと反対の方向へ移動する。そしてバネ 20h をかいして連杆 20f が同方向へ移動されると、制止杆 20d、20d' が支点 20e、20e' を中心として開き互鍵ピストン 20b の制止が解かれる。そこで互鍵ピストン 20b は、バネ 20c の作用により外方に突出する。この際てこ 9 は枢着点 9a を中心として時計方向へ回転する。したがって、連杆 10 は制動側へ動かされ制動機は制動を行う。この制動を解くには操作杆 7 を制動位置に動かして固定する。この場合てこ 9 は連杆 10 との枢着点 9c を中心として反時計方向に回転し、互鍵ピストン 20b は原位置に復帰する。この原位置に復帰した互鍵ピストン 20b を固定しなければ、操作杆 7 をかいして制動機の制動を解くことはできない。また、互鍵ピストン 20b を固定するには、前述した説明からわかるように、クラッチ 4 を入れの方向に動かすことにより制止杆 20d、20d' を互鍵ピストン 20b の環状凹部にかん入しなければならない。互鍵ピストンを固定して (このときクラッチ 4、4' はかん入される) 操作杆 7 を制動解除側へ動かせば制動機の制動が解かれる。つまり、制動機の不制動時にクラッチが外れれば自動的に制動機の制動がかかり、その制動を解くにはクラッチを入れることを必要とする。

以上述べたように、この発明装置によれば、制動機の制動がかかっている場合はクラッチの入れ外しを自由に



行うことができ、クラッチが伝達力を失うにいたると自動的に制動機の制動がかかり、この制動を解くにはクラッチをどうしても入れなければならないので、巻上機をきわめて安全に、かつ、容易に運転することができる。また、互鍵装置のバネの撓みをあらかじめ考慮しておくことにより、制動靴の摩耗による互鍵装置の調整はいちいち行わなくてもよいので便利である。(富田)

「日立評論」綴込みカバー

特価 1 組 ￥100 (郵送料共)

「日立評論」の綴込み用として美しい綴込みカバーを発売致しております。

御希望の方には実費でお願い致しておりますから下記に御申込み下さい。

日 立 評 論 社

東京都千代田区丸の内 1 の 4 (新丸ビル 7 階)

振替口座 東京 71824