

長径間送電線用電線“AS-170”の付属品の検討

Some Tests on Accessories of the Cable “AS-170” for Long Span
Aerial Transmission Lines

星 野 弘 之*
Hiroyuki Hoshino

内 容 梗 概

中国—四国連絡送電線の海峡横断部用電線には鋼心アルミ被鋼より線 AS-170 が用いられることになった。AS-170 は新しく開発されたアルミ被鋼線を応用した長径間用の電線であり新たに AS-170 用の引留クランプ、防振装置を製作し諸検討を行なった。
引留クランプは鋼スリーブで張力を受け止め、アルミスリーブが電流の通路となるような構造である。
防振装置はベートダンパを用いる方式で、添線種類の比較実験、防振装置の振動実験を行なった。本文はこれらの実験結果について述べる。

1. 緒 言

中国—四国連絡送電線の海峡横断部用電線として用いられることになった鋼心アルミ被鋼より線 AS-170 は新しく開発した AS 線(アルミ被鋼線)^{(1)~(3)}を応用した長径間用電線であり新たに付属品の開発が必要となった。特に海峡横断部は架線条件がきびしいためすぐれた引留クランプと防振装置が必要となったので、これらの付属品について研究を行なった。その検討結果の概略を述べる。

2. 引留クランプ

電線の引留方式について考察すると種々の方式が考えられる。たとえばメッシナ海峡横断送電線⁽⁴⁾のような特殊な方式も考えられないこともないが、電線構造が特殊でないかぎり一般に最も使用経験の多い圧縮方式によって簡単で小形、高信頼度のものが得られると判断し基本的に圧縮方式を用いる構造で実験を行なった。

AS-170 の性能を第 1 表、断面構造を第 1 図に示す。最終的に決定された AS-170 用引留クランプは第 2 図に示すようになった。この引留クランプの構造を確立するまでに行なった諸実験結果について以下に述べる。

2.1 圧縮スリーブによるは持力の測定

AS-170 の AS 線の部分、鋼心の部分について鋼スリーブによるは持力の測定を行なった。通常の ACSR ではこのような場合 2 個の独立したスリーブを用いているが⁽⁵⁾ AS-170 の場合 AS 線はテンションメンバとして鋼線を含んでいるため AS 線、鋼心ともいずれも鋼スリーブを用いることとした。また構造を簡単化するため AS 線、鋼心を一体化した鋼スリーブで圧縮する方式を採用した。

電線外径と電線の引張荷重から考えてスリーブは材質 JIS G 3102 S 15 C、外径 65 mm とし AS 線部の内径 37 mm、鋼心部の内径 24 mm とした。そこで外径 65 mm、内径 37 mm の鋼スリーブで AS 線部分、外径 65 mm、内径 24 mm の鋼スリーブで鋼心のは持力を測定した。数回の引張試験の結果 AS 線部ではスリーブ長さ 1 cm 当り平均 3 t、鋼心では 1.5 t のは持力があることがわかった。

これらの実測値と第 1 表の AS-170 の性能から AS 線部のスリーブ長さ 20 cm、鋼心部 35 cm で引留可能ということになるが架線時の振動の問題、ヒートサイクル、スリーブ圧縮時に生ずるは持力の変動などを考えて第 2 図のような寸法とし十分な安全性をとった (A と B の相違はアルミスリーブの部分で後記する)。

2.2 圧縮スリーブの長時間荷重試験

AS 線を鋼スリーブで圧縮する方式の場合には中間に AS 線のア

ルミ層が介在するような形となる。それゆえ長時間荷重時アルミの変形が起こり、抜き出し可能性が心配された。この点を検討するため圧縮スリーブに 24 時間以上にわたって荷重を与え電線拔出量を測定した。AS 線に対する比較対象としては特強亜鉛鍍鋼線を選んだ。スリーブからの拔出量が実際に測定できる程度の量となるためには AS-170 の場合非常に大きな張力となり、実験が困難であったので 19/3.2 (0.25) AS (外径 3.2 mm アルミ厚さ 0.25 の AS 線を 19 本より合わせたもの) と 19/3.2 St (外径 3.2 mm の鋼線を 19 本より合わせたもの) について測定を行なった。

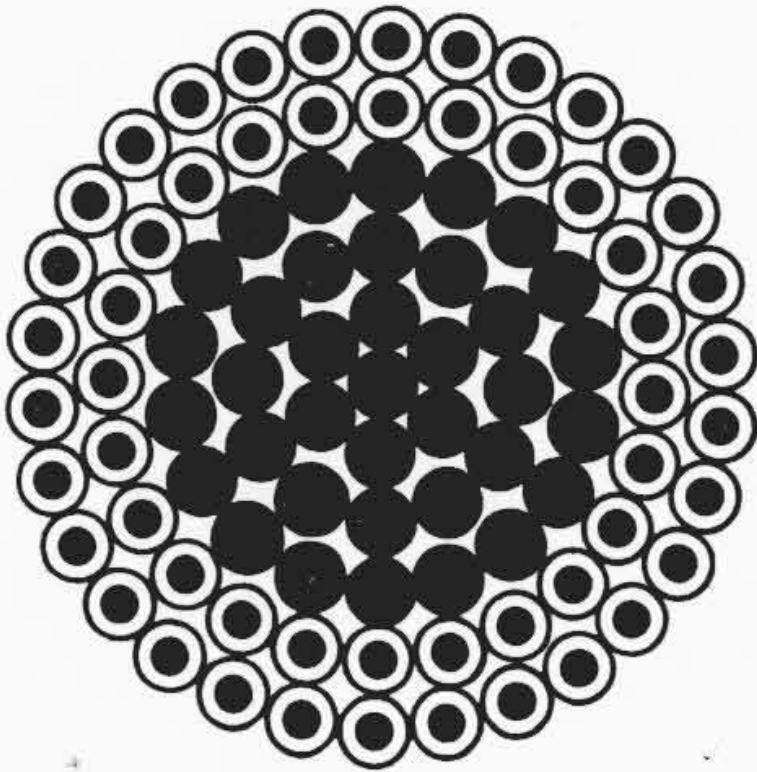
外径 34 mm、内径 17 mm、材質 JIS G 3102 S 15 C の鋼スリーブで圧縮長さを 120~260 mm の間で変化させた。使用した AS 線 19/3.2 (0.25) は最小引張荷重 18.6 t のものである。一例として張力 9 t 印加時の測定結果を第 3 図に示す。張力は第 3 図の実験のほか 16.7 t (AS より線の最小引張荷重の 90%) についても行なった。

実験結果によると張力印加 24 時間後の拔出速度は鋼線より AS

第 1 表 AS-170 の 性 能

名 称		AS 170
構 成		54/3.2 (0.35) AS* + 37/3.2 特 St
項 目	単 位	
外 径	mm	35.2
計算断面積	アルミ	mm ² 169.2
	鋼	mm ² 562.6
引 張 荷 重	kg	93,700
概 算 重 量	kg/km	5,188
直 流 抵 抗 (20°C)	Ω/km	0.120

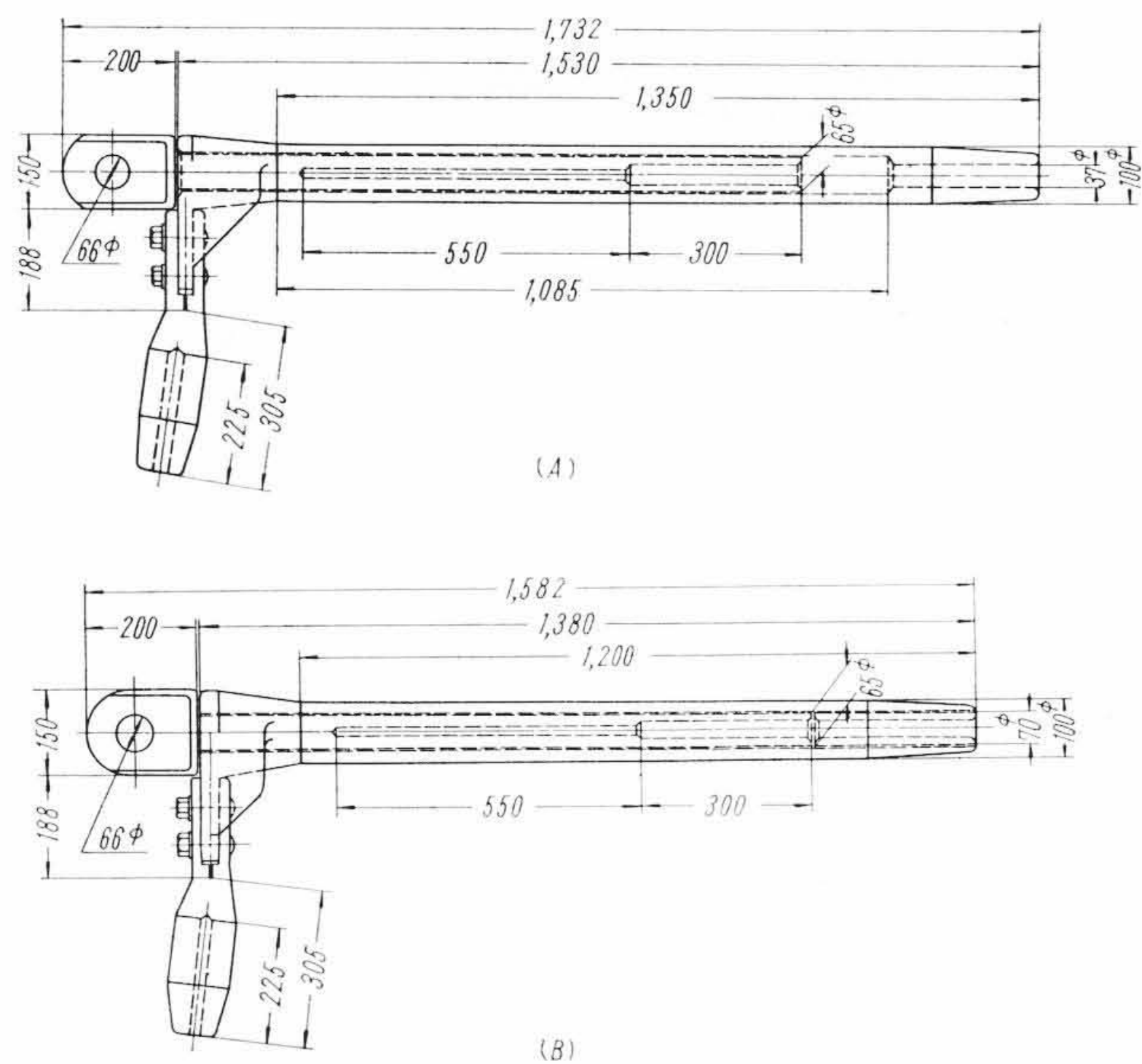
* 3.2 (0.35) AS は外径 3.2 mm、アルミ厚さ 0.35 mm のアルミ被鋼線を示す。



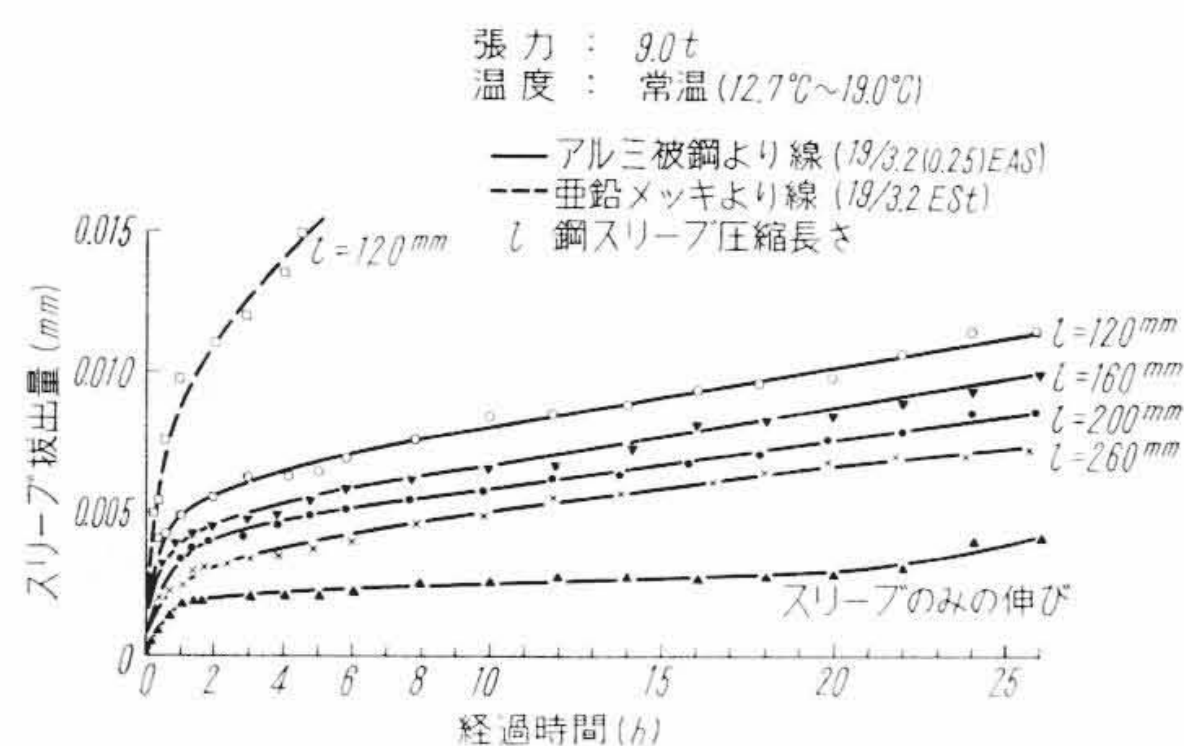
● 鋼 線 ⊙ AS 線

第 1 図 AS-170 の 構 造

* 日立電線株式会社電線工場



第 2 図 AS-170 用 引 留 ク ラ ン プ



第 3 図 スリーブの長時間荷重試験結果

線のほうが小さく約 $\frac{1}{4}$ 程度であった。また AS 線の場合の拔出速度は第 3 図の場合 24 時間後で 0.00008 mm/h であり問題ないと判断される。

2.3 アルミスリーブの設計

上述のような検討により鋼スリーブの圧縮方式で電線を引き留めることができる。しかし電流を流すことには無理がある。電流を流す導体部分として外側にアルミスリーブを圧縮して装着することとした。このアルミスリーブは鋼スリーブを外部から包むので鋼スリーブに対する防食効果も期待できる。アルミスリーブについては当初第 2 図 (A) の方式であったがのちにクランプの組み立て、圧縮作業の簡便化と長さの短縮をねらって (B) の方式に改良した。

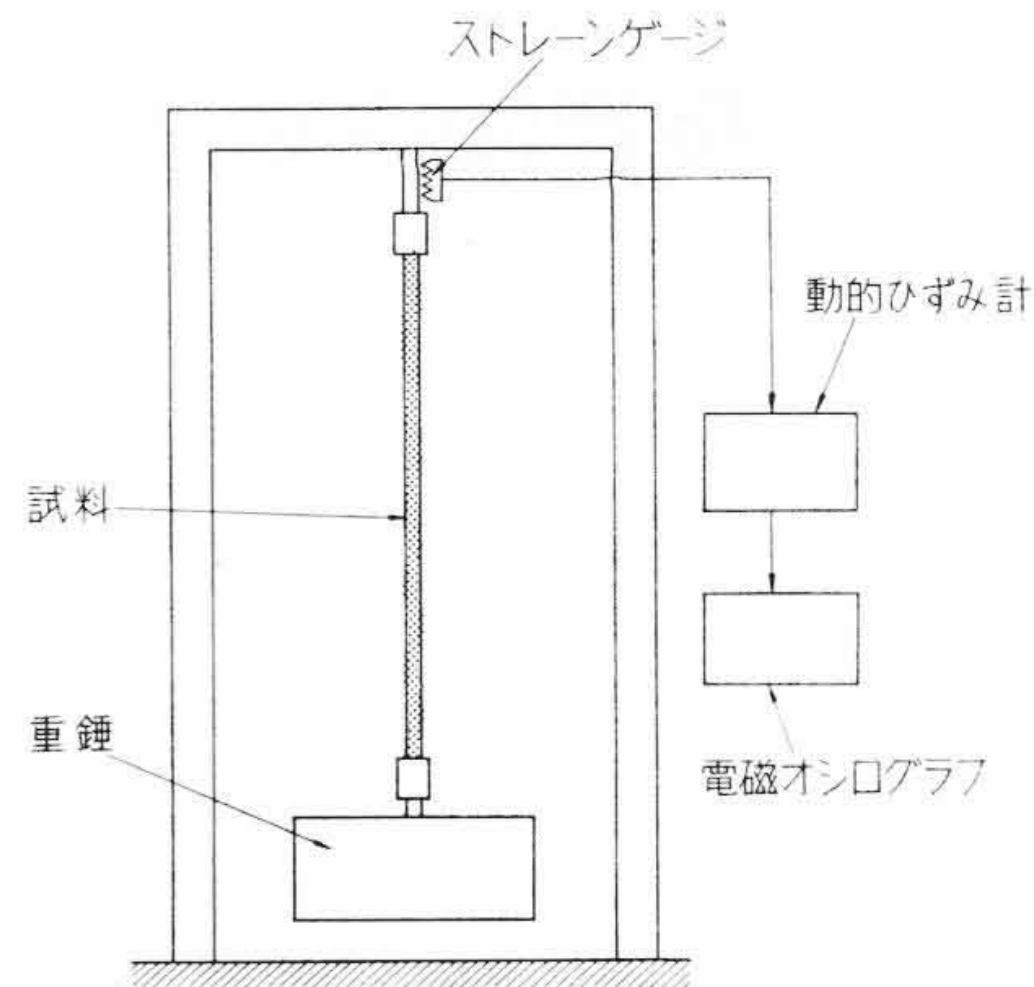
2.4 引 張 試 験

第 2 図 (A) 方式のもので AS-170 を圧縮し 200 t 引張試験機で引張試験を行なった。張力 102 t で AS 線、鋼線とも切断した。この実験に用いた電線は引張試験の結果 103 t の引張荷重を示した。

引留クランプの引張荷重は第 1 表に示した電線の最小引張荷重 93.7 t より大きく、また電線の実際の強度をわずか 1 % 下回る値を示しているので十分な特性といえる。

3. 防 振 装 置

防振装置として一般に用いられているのはベートダンパ、ストップブリッジダンパ、トーションダルダンパなどがある。長径間送電線の防振装置を考える場合一般の送電線のような考え方でダンパを配置することは不十分であり、振動により疲労破断事故を起こすであろう。国内についてみると 1,000 m 以上の海峡横断送電線の振動に関する経験はほとんどなくまた諸外国の例についても決定的とい



第 4 図 より線のエネルギー吸収測定法

えるような方法はないようである。中国—四国連絡線の場合海峡横断部の架線条件がきびしいため十分な検討が必要である。

送電線用防振装置についてその作用を考察すると一般に次の二要素の作用があると考えられる。

- (1) 径間全体に当る風によって電線に加わる振動エネルギーがある。この振動エネルギーが防振装置内部で消費され振動を弱める。
- (2) 防振装置を取り付けることにより送電線全体の振動系が変化する。防振装置支持点近傍に取り付けた場合はその部分の機械的インピーダンスの変化により波の反射があり支持点にかかる振動ひずみを少なくする。

これらの二要素を考えると (1) 項については長径間の場合エネルギーが大きくなることが考えられる。(2) 項については大きなエネルギーの振動を十分に反射させるために大規模な防振装置が考えられる。たとえばストックブリッジダンパを用いることを考えると (1) 項についてはダンパの使用個数を径間長に比例して多くすればよいと考えられる。また (2) 項についてもほぼ同様な考え方が成立する。しかし長径間に生ずるエネルギーを考えるとストックブリッジダンパの寿命が極端に短くなり保守上の不便を起こす可能性がある。このような点を考えてベートダンパを使用することにした。

3.1 添線の品種の選定

ベートダンパに用いる添線の種類としては振動エネルギーの吸収の大きいものがよいと考えられる。防振装置を組み立てた状態について各種の添線の優劣を比較することは実験技術上かなりの困難が予想される。それゆえ第 4 図に示す方式で各種より線のエネルギー吸収特性を比較して良好な添線を見出し、これを採用したベートダンパを組み立てて振動実験を行なった。

より線のエネルギー吸収特性を測定するには第 4 図のように試料と重錘で振子を作り上端に取り付けた横振検出用ストレーンゲージで振幅の減衰定数を求めた。

比較実験を行なった各種より線を第 2 表に示す。減衰定数は第 4 図の方法で電磁オシログラフの波形から次式によって求めた。

$$k = \frac{1}{n} \left[2.3 \log_{10} \frac{a_1}{a_2} \right] \dots \dots \dots (1)$$

ここで a_1, a_2 : 異なった時刻での振幅

n : 振幅が a_1 から a_2 まで変化する間の振動サイクル数

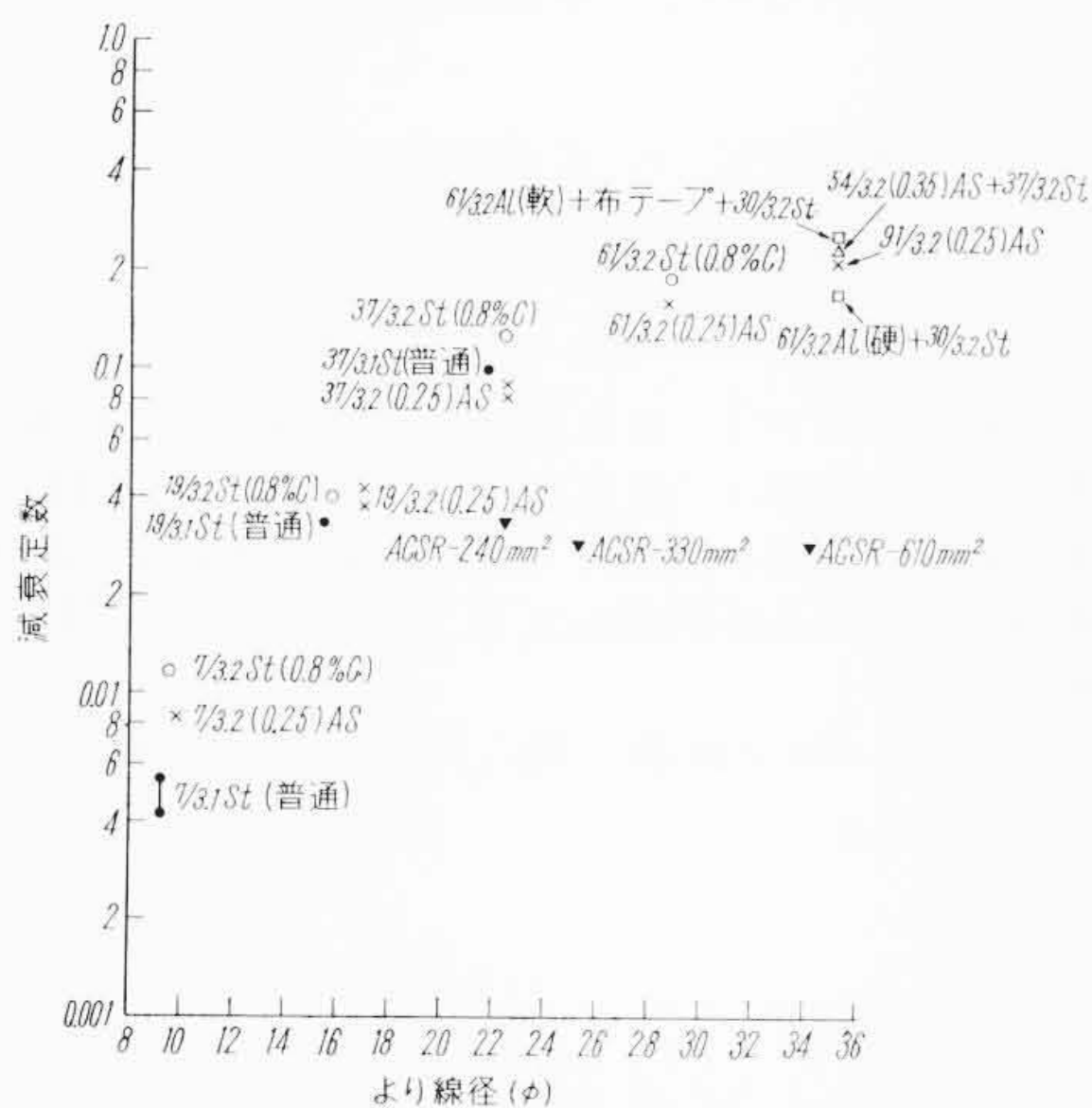
k : 減 衰 定 数

である。重錘を 100 kg としたときの測定結果を第 5 図に示す。減衰定数の大きいものでは 0.2~0.3 となっているが、これらのうちで AS-170 は架線される電線であり製作時の余長の流用が可能であるという点を考えて添線に用いることにした。

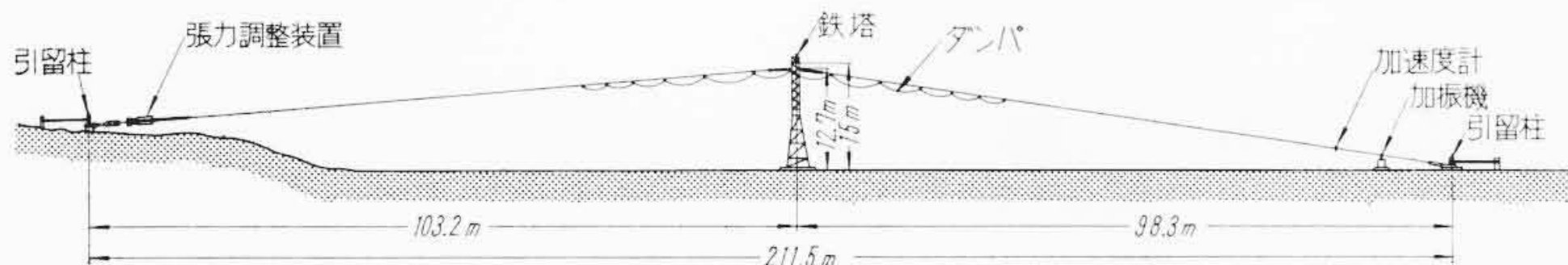
第2表 供 試 よ り 線

線 種 別	より線名	構 成	外径 (φ)
AS 線	AS-170	54/3.2(0.35)AS+37/3.2 St	35.2
	91本より	91/3.2(0.25) AS	35.2
	61本より	61/3.2(0.25) AS	28.8
	37本より	37/3.2(0.25) AS	22.4
	19本より	19/3.2(0.25) AS	16.0
	7本より	7/3.2(0.25) AS	9.6
St 線 (0.8%C)	61本より	61/3.2 St (0.8%C)	28.8
	37本より	37/3.2 St (0.8%C)	22.4
	19本より	19/3.2 St (0.8%C)	16.0
	7本より	7/3.2 St (0.8%C)	9.6
St 線 (普 通)	37本より	37/3.1 St (普 通)	21.7
	19本より	19/3.1 St (普 通)	15.5
	7本より	7/3.1 St (普 通)	9.3
ACSR	610mm ²	54/3.8 Al+7/3.8 St	34.2
	330mm ²	26/4.0 Al+7/3.1 St	25.3
	240mm ²	30/3.2 Al+7/3.2 St	22.4
Al線+St線	AaS	61/3.2 Al(軟)+布テープ+30/3.2 St	35.2
	AhS	61/3.2 Al(硬)+30/3.2 St	35.2

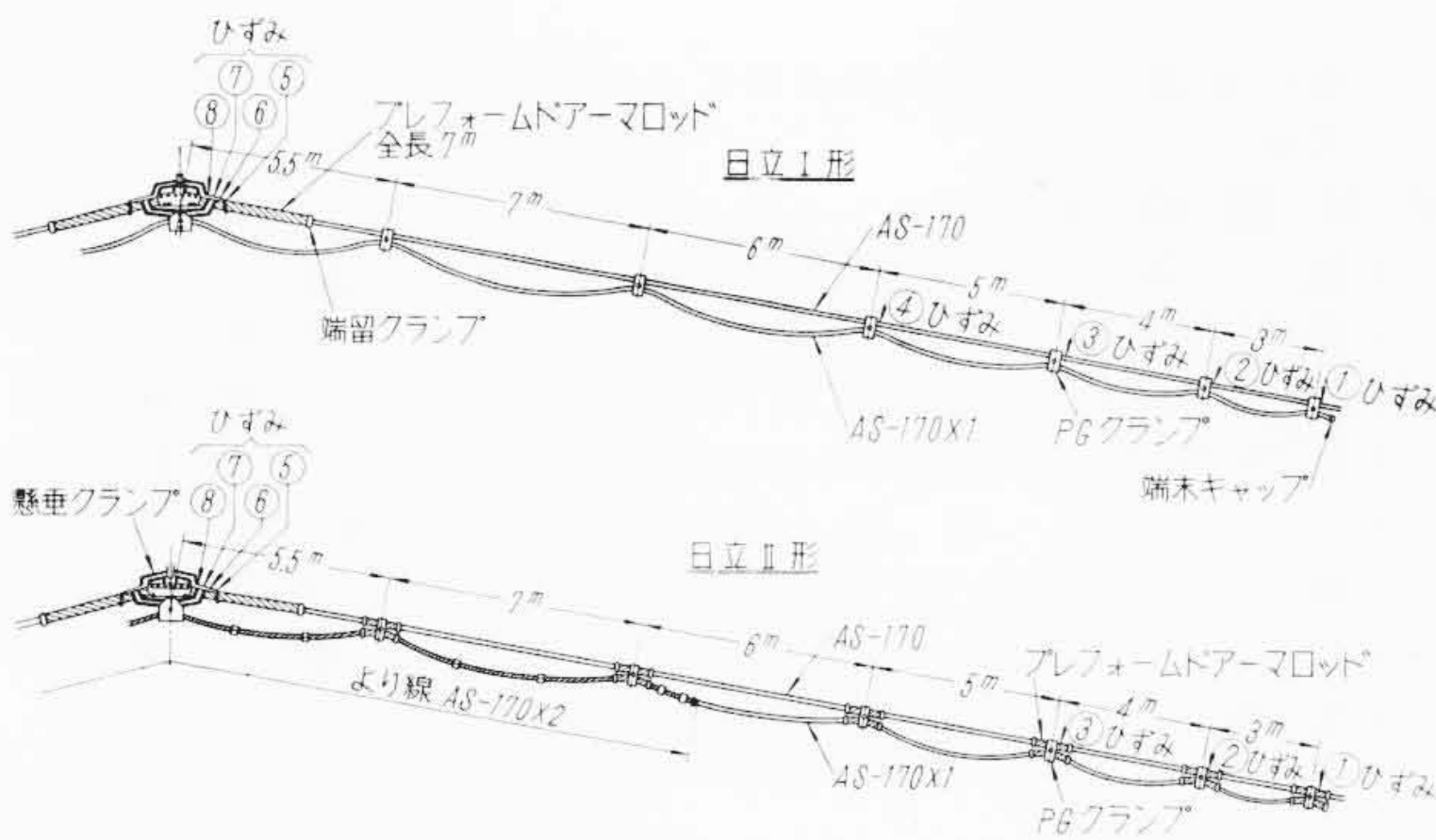
(注) St(普通)とは普通の鉄線(JIS G 3532 SWM-G-2)のことである。



第5図 各種より線の減衰定数 (荷重 100 kg)



第6図 振 動 実 験 設 備

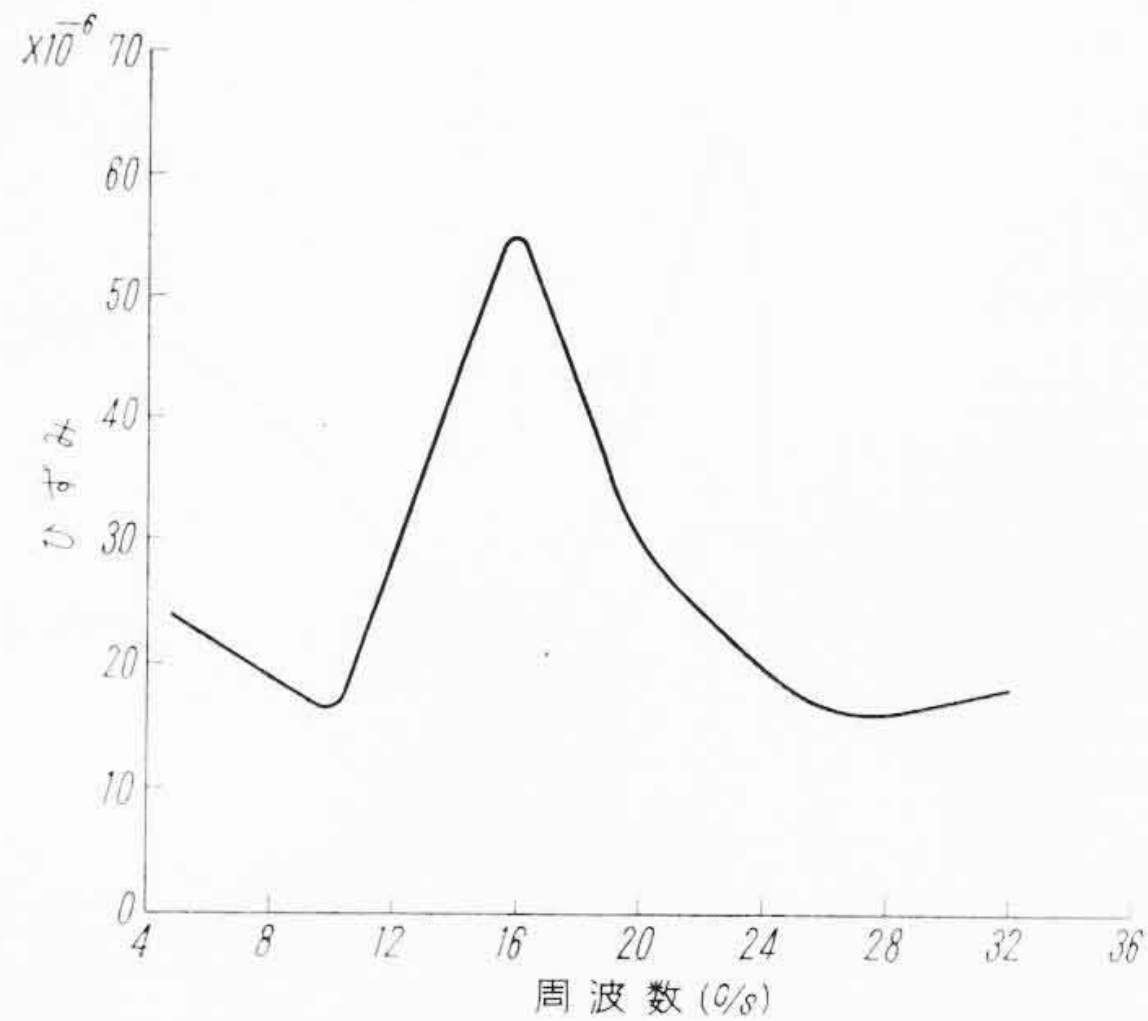


第7図 振動実験を行なった防振装置

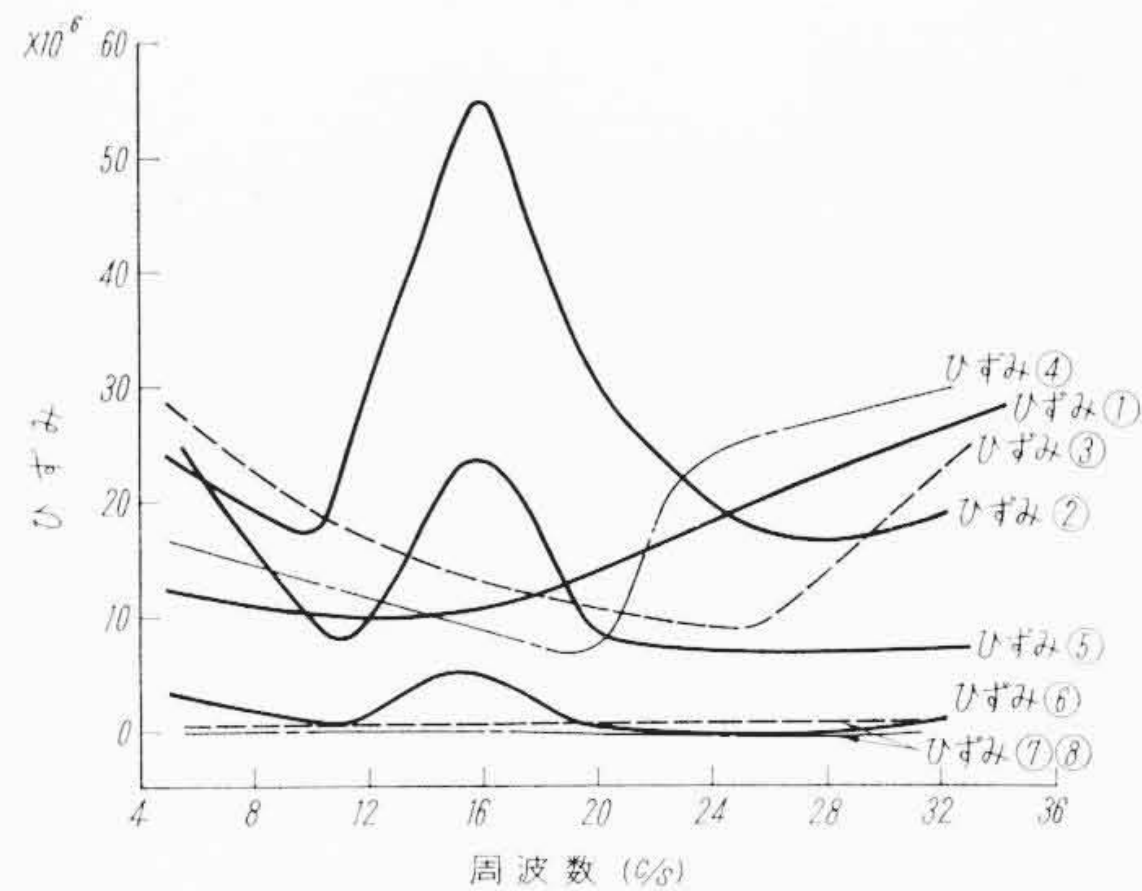
3.2 振 動 実 験

防振装置の研究方法としては理論的解析による方法、縮小モデルによる振動実験、実物による実験方法などが考えられる。

理論的解析方法としては振動系を分布定数回路で模擬しその回路について波の伝達を解析する方法が考えられる。



第8図 振動ひずみの測定結果(日立I形, ひずみ2)



第9図 日立I形防振装置の振動ひずみ測定結果

モデル実験は振動系の微分方程式から等価的に縮小できるようなモデル比を見つけ出しそのモデル比に従って小形の振動系を組み立てて実験する方法である。

上述の方法はいずれもある程度の仮定の上に立って導いた計算式を媒介とした方法であり、前提となる式が実際の振動系をどの程度

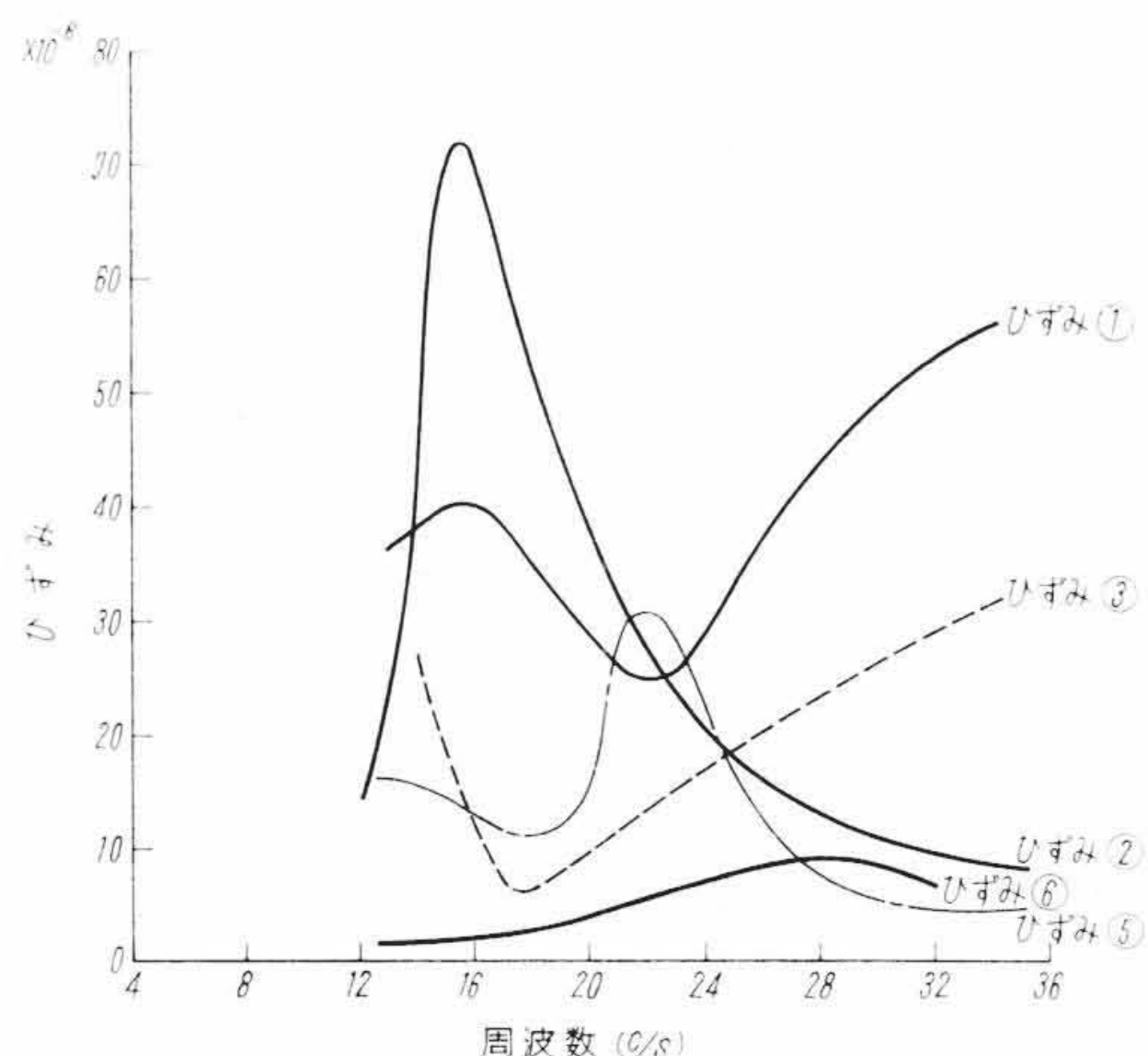
正確に表現しているかという点に正否がかかってくる。計算式が正確であれば相当複雑な計算であっても電子計算機などの手段を用いれば不可能ではない。しかし予備的に行なった各種の実験で理論的解析した結果と実際とがかなり相違し、またベートダンパの添線取付用クランプ近傍の構造、重量の影響などを計算式で求めることが困難であると思われたので実物によ

って実際の架線張力に等しい張力で振動実験を行なった。

振動実験設備は第6図のようなものとした。また主として実験を行なった防振装置は第7図の二種類である。懸垂クランプ付近には7mのプレホームドアーマロッドを巻いた。振動は引留柱の近くに設置した加振機によって与えられる。電線に対する張力は加振機と反対側の引留柱の部分に設置した油圧装置で与えられる。

ストレインゲージは加振機にいちばん近いPGクランプ部から4番目のクランプまでと(日立II形では3番目まで測定)懸垂クランプ内部に4箇所計8箇所についてAS-170の最外層の素線に取付けた。したがって各クランプ部でアーマロッドを用いる場合はアーマロッドの下側で素線のひずみを測定することになる。

第8図は日立I形のひずみ2の測定結果である。ベートダンパが大規模であるため加振機から与える振動による防振装置の共振状態に変動が起こりやすいので同一の加振状態で数回の測定を行ないその結果を図示した。第8図の各測定点について概略の傾向として図示した曲線を代表させることにする。他の各測定点に関しても同様にして傾向を求めると第9, 10図のようになる。



第 10 図 日立Ⅱ形防振装置の振動ひずみ測定結果

3.3 結果の検討

振動実験の測定結果を要約すると次のようになる。

- (1) 多くの場合ひずみ 1, ひずみ 2 が大きな値を示す。これは振動波が進行してくると振幅が防振装置で吸収されない状態で 1 ～ 2 番目の PG クランプの位置に伝達されるためと推定される。
- (2) 懸垂クランプに達する振動は少なく、したがって発生するひずみも小さい。このことは途中の防振装置の中を波が進行する間に吸収と反射が起きていることを示している。
- (3) ベートダンパ用添線を取り付ける PG クランプの重量がひずみに影響する。日立Ⅱ形の PG クランプはアーマロッドを使用する関係で I 形のもの (0.4 kg) より重い (1.5 kg)。PG クランプが重くなるとひずみが大きくなるように思われる。

これらの事項を総合すると結論として次のようになる。

- (1) 径間長の大きい点と高張力架線によって振動ループ長が大きくなることを考え添線は 30 m 程度とすることが好ましい。
- (2) 添線を取り付ける PG クランプはできるだけ小形軽量で必要な締付力をもつものがよい。

防振装置は耐張部用として日立Ⅱ形と類似の方式のものが第 1 期工事部分, 大島一中渡島間用として納入されている。第 2 期工事部分では懸垂装置用の防振装置が必要となるので近く最終的な構造を決定し製作にはいることになっている。

4. 結 言

以上 AS-170 の引留クランプ, 防振装置についての試作研究結果の概要を述べた。

AS-170 は架線張力が大きく一般に用いられている架空送電線の約 10 倍に達する張力であるためこれまで使用されている試験設備を使用することが不可能な場合が多く, 新しく大型の試験設備を用意しなければならなかった。また長径間送電線では研究課題も膨大であり限られた期間内なので, 重要な問題点について検討を行なった。

終わりにあたり本研究についてご指導, ご協力いただいた電源開発株式会社, 日立電線株式会社の各位に厚くお礼を申しあげる。

参 考 文 献

- (1) 山路, 柿崎, 川西: 日立評論, 別冊 43 (昭 36.6)
- (2) 山路, 柿崎, 川西: 金属, 31, No. 21 (1961.11)
- (3) 山路, 柿崎, 川西, 星野: 電力, 45, No. 12 (昭 36.11)
- (4) F. Bianchi di Castelbianco, A. Toscano: CIGRE' No. 231, 1956
- (5) 山本, 福田: 日立評論, 38, No. 9 (昭 31.9)

Vol. 44

日 立 評 論

No. 6

目 次

- ・タービンケーシングの経年破損について
- ・鋼管式給水加熱器
- ・回転機における電動機ファンベンの応力
- ・ウラン濃度のサンプリング測定
- ・プラズマジェットの電気的特性と Al 板の切断条件について
- ・指針静止時間
- ・高圧オートクレーブ軸封装置のしゅう動面
- ・日立 SC-AT 全自動洗濯機
- ・客電車外板下地塗装の研究
- ・12 通話路ケーブル搬送システム
- ・二要素観測用ブラウン管
- ・ゲルマニウム単結晶の加工層

- ・非ニュートンスクリュウ・エクストルーダーによる押し出し
- ・各種炭素鋼の冷間衝撃押出法における押出力および許容限界圧力について

気 体 機 特 集

- ・気体機製品の動向
- ・石油化学工業用ガス圧縮機の要点
- ・往復動圧縮機における弁抵抗の解析
- ・異径管を有する圧縮機吐出管の圧力脈動
- ・ターボ圧縮機の高速度大容量化
- ・軸流圧縮機の段特性とそのマッチング
- ・日立 75mm HMC 冷凍機
- ・工業用ガス脱湿装置について

発行所 日立評論社

取次店 株式会社 オーム社書店

東京都千代田区丸の内 1 丁目 4 番地
振替口座 東京 71824 番
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