

# 複導体送電線用スペーサの諸特性

## The Characteristics of Spacers for Double-Conductor on High-Voltage Transmission Lines

永野 宏 郎\*      大和田 清\*      山路 賢 吉\*  
Hiroo Nagano      Kiyoshi Ōwada      Kenkichi Yamaji

### 内 容 梗 概

複導体送電線は単導体送電線にくらべ、コロナ開始電圧、送電容量などの点ですぐれているので、わが国でも、特に 275 kV 級送電線では複導体の採用が多くなってきた。

しかし、複導体は風によって素導体が互に衝突する現象(ステッキング現象と呼ばれる)があり長径間にわたってこれを防止し、素導体間隔を一定に保持することは電氣的にも機械的にも必要である。

スペーサはこのため複導体送電線では重要なものであるが、送電線が風によって常に振動し、スペーサに繰り返し荷重がかかること、特に地理的条件によっては、突風やスリットジャンプによってギャロッピング振動が起り素導体がスペーサを媒介として振動し、この大きな荷重によってスペーサを破壊することがある。

一方電氣的には超高圧送電線に取りつけられるので、スペーサよりコロナの発生が少ないことが必要である。

また複導体に故障大電流が流れた場合、素導体間に電磁力が働き衝撃し合うが、このときスペーサには圧縮荷重が作用し、スペーサを破壊する危険性が考えられる。

材質的には防食が必要で寒冷地では低温脆性などを考慮しなければならない。

本報告は以上の考えにより、スペーサ各種について、繰り返し荷重試験、引張および圧縮試験、コロナ試験、耐食試験などを行い、相互比較し、これらの対策と二、三の試作品について述べ、最近電源開発株式会社に納入したスペーサを紹介している。

### 1. 緒 言

複導体送電線は従来の単導体を所定の間隔(わが国では 40 cm であるが外国では 38~46 cm 程度)に保持することによって導体表面電位傾度を下げコロナの発生を少なくするとともに、インダクタンスの減少と静電容量の増加によって送電容量を大きくするなど、単導体よりすぐれた電気特性をもっているため、超高圧送電線に多く採用されるようになった。

スペーサは複導体送電線の 2 本の導体(以下おのおの導体を素導体と呼ぶ)間隔を一定に保つために用いられるものである。しかし、この素導体間隔を一定に保つということは一見簡単なようであるが、多くの問題があり、以下それについて簡単に述べる。

まず送電線は風によって絶えず振動するので、スペーサには繰り返し曲げ荷重が加る。この結果スペーサ自身およびスペーサを取り付けている送電線に振動疲労を起す。さらに地理的条件によっては台風時やスリットジャンプ時に大きな振動(一般にギャロッピング振動といわれる)が起った場合は、各素導体はスペーサを媒介として運動し、この大きな荷重によってスペーサを破壊することがある。したがって風や雪の多いわが国では風の少ないヨーロッパで使用されているようなスペーサはあまり好ましくないといえる。

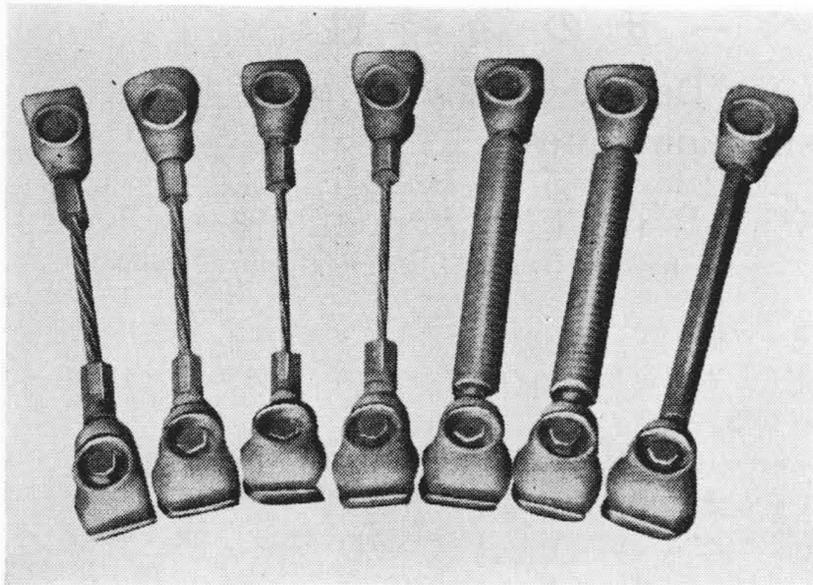
複導体の電線間隔を乱す原因は風以外には電氣力が考えられる。これには静電氣力による素導体間の反発と通電電流の電磁力による引力とがあげられるが、いずれもわずかであり、特に問題となるのは、短絡故障時に後者が大きな引力となることである。超高圧直接接地系統の複導体送電線では、系統送電容量が大きいと、短絡時の電流は大きく、このため素導体は互に衝撃し密着するようになる。この場合がスペーサの圧縮荷重としては最高と考えられ、このためスペーサが破壊しないことが必要である。

一方電氣的にはスペーサは超高圧送電線に取りつけられるので、スペーサよりコロナの発生が少ないことが必要である。複導体の導体表面電位傾度の最大付近、すなわち向いあった素導体の外側では、特にコロナの発生の少ない形状が必要で、機械的特性との関連より形状を決めなければならない。

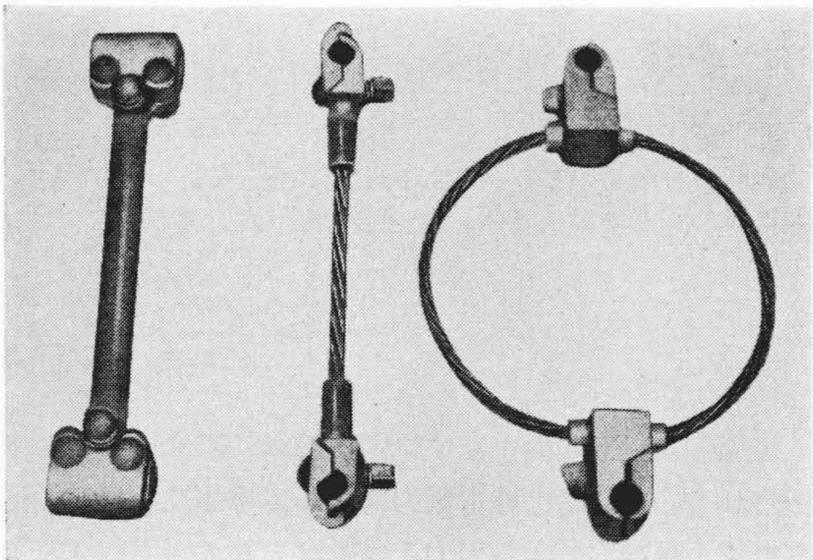
また、スペーサは長年月 ACSR と同様な寿命が要求され、スペーサを構成する材質として当然防食性が必要である。特にスプリングを使用したものや、金属の接触電位の大きい材質より構成されたものは、メッキ法などの検討も必要である。

特殊な場合として寒冷地では低温脆性が問題で、たとえば、山岳地方で -20~-30 度程度に達する場合があります。このとき、スリットジャンプや突風などによってスペーサに衝撃力が加わると、材質によっては破断することが

\* 日立電線株式会社電線工場



(a) 左側より4本、捻線式ボールソケット形  
左側より5,6本スプリング式ボールソケット形  
右側 パイプ式ボールソケット形



(b) 左より、セミヒンジ形、捻線形、リング形

第1図 試作したスペーサ

あるので、その対策も必要である。

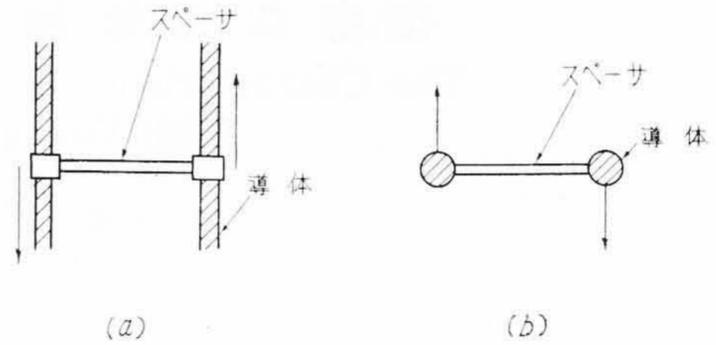
以上スペーサに対する問題点をあげたが、現在世界各国では種々の形式のスペーサが使用あるいは検討され、自国の気象条件や経済性などに適した形式を採用しているようである。

その代表例をあげれば次のようである。

スウェーデンはいわゆるセミヒンジ形と称するもので、これは素導体が電線長さ方向に相互運動する場合を考慮して一方向のみヒンジになっている。これはスウェーデンでは風が少なく、電線に直角方向の動きは複導体のねじれによるダンピングでただちに減衰するので考慮しなくともよいという観点に立っている<sup>(1)</sup>。

ドイツでは大量生産向きでしかもスウェーデンより自由度がとれるボールソケット形を使用しフランスやアメリカではスプリング形<sup>(2)</sup>イタリアではリング形<sup>(3)</sup>など種々検討されている。

わが国では風が多く、特に山岳地方では氷雪を考慮しなければならず、諸外国の形をそのまま採用することは問題がある。このため、まず諸外国で採用されているような形式のスペーサを試作し、繰り返し曲げ試験を行い、



(a) 電線方向相互運動  
(b) 電線ねじれ方向運動

第2図 複導体送電線とスペーサの運動

この中より良好と思われるものについて、圧縮破壊試験、電線把持力試験、低温脆性試験、耐食試験など検討した。

また、電気的には超高圧同心円筒内の複導体送電線にスペーサを取り付け可視コロナ実験を行い、特に複導体外側の電位傾度の高い部分の ACSR クランプ部の形状やボルトのコロナしゃへいに改良を加え、機械的特性とともに満足なものとした。

この試験研究の結果 ACSR クランプ部をボールソケット形とし、その連結部分をスプリング形あるいは捻線形にする方式がすべての点ですぐれていることがわかった。

電源開発株式会社の只見幹線に採用されたのは前者のスプリング形のもので、最後にこの特性について紹介している。

## 2. スペーサと特性試験結果

### 2.1 試作スペーサ

複導体送電線用として考えられている形式ははなはだ種類が多く、先にも述べたように、諸外国ではその国の気象条件と経済性に合致したものを使っている現状で、まずこの形式を参考として数種のスペーサを試作した。第1図 a, b はこれらのスペーサを示す。

スペーサの構造は強度、耐食性、形状が重要であるが、導体クランプ部で導体に生ずるひずみをできるだけ少なくするため、導体クランプ部の接続にスプリング、ボールソケット、ヒンジなどを使っている。現在わが国でも使用されているのはボールソケット形スペーサで電線クランプ部と連結棒との結合部が球状をしており、電線の動きに対して自由に回転できるようにしたものである。連結棒にはたわみ性を持たせるため、捻線式、スプリング式の使用を考えた。

### 2.2 スペーサ繰り返し曲げ寿命試験

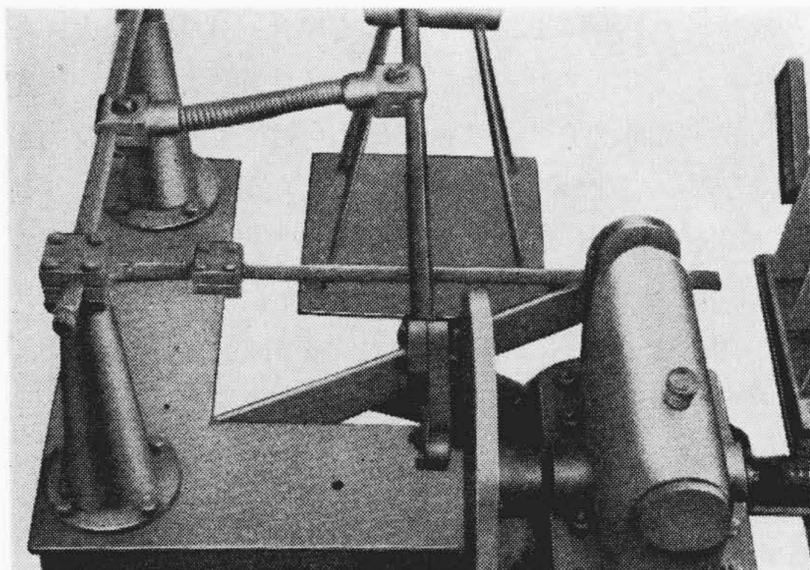
送電線の振動は一般に微風によって起る微振動と突風、スリットジャンプなどによって起る大きな振動とがある。

この場合2本の素導体がスペーサを媒介として互に相

第1表 スペーサ繰返し曲げ寿命試験結果

番号	スペーサ形式	電線方向相互運動				電線ねじれ方向運動			
		ストローク (mm)	最大荷重 (kg)	繰返し回数	スペーサ状況	ストローク (mm)	最大荷重 (kg)	繰返し回数	スペーサ状況
1	セミヒンジ形	±140	10	>300,000	アルミ部摩耗約0.5mm	±40	12	20,000	ヒンジ部破断
2	リング形	±40	20	10,000	リング破断	—	—	—	—
3	スプリング形	±60	27	200,000	スプリング破断	—	—	—	—
4	スプリング形 (スプリング中にロッド入り)	±60	30	190,000	スプリング破断	—	—	—	—
5	スプリング形 (スプリング中にロッド入り)	±80	58	63,000	ACSR破断	—	—	—	—
6	パイプ式ボールソケット形	±140	10	>300,000	異常なし	±140	10	>300,000	異常なし
7	スプリング式 ボールソケット形	±160	20	>300,000	異常なし	±160	20	>300,000	異常なし
8	撚線式ボールソケット形 (撚線 7/2.9)	±160	20	197,000	撚線破断	—	—	—	—
9	撚線式ボールソケット形 (撚線 7/3.2)	±160	20	250,000	撚線破断	—	—	—	—
10	撚線式ボールソケット形 (撚線 19/2.0)	±160	20	210,000	撚線破断	—	—	—	—
11	撚線式ボールソケット形 (撚線 19/2.3)	±160	20	250,000	撚線破断	—	—	—	—
12	撚線式ボールソケット形 (撚線 19/2.6)	±160	20	>300,000	異常なし	—	—	—	—
13	撚線式ボールソケット形 (撚線 19/2.3)	±160	20	>300,000	異常なし	—	—	—	—

注：(1) 最大荷重とは、運動のストロークが最大の場合のスペーサ両端で測った荷重を示す。  
 (2) 13番のものは、撚線接続部をベルマウス状にしてひずみの集中をさけたもの。  
 (3) 電線ねじれ方向運動はスペーサの機構上、電線方向相互運動と同じものは省略した。



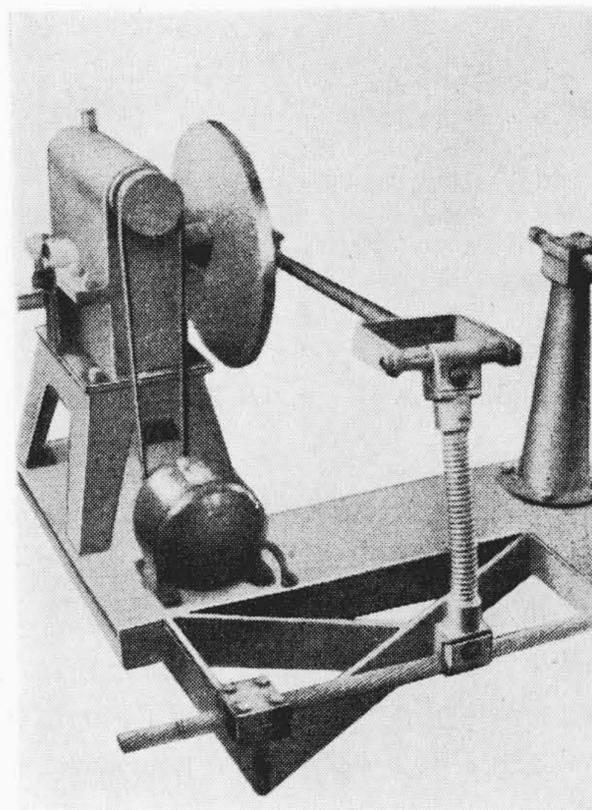
第3図 (a) スペーサ繰返し曲げ寿命試験  
電線方向相互運動

手側に振動を移行しようとする傾向があり、このためスペーサには第2図 a, b のような運動が考えられる。

第3図はこれらの運動を繰返し寿命試験するように作られた装置を示す。この装置は運動のストロークが±20~160mmにわたって自由に調節ができる。この場合繰返し往復運動は1分間50回で、その回数は計数器により積算されるようになっている。またスペーサクランプ部の電線疲労を測定することも可能なように片側のクランプ部に ACSR を使用している。

第1表は試作したスペーサの繰返し曲げ寿命試験結果である。

この結果よりわかるように、スウェーデンで使用されているセミヒンジ形は電線と直角面内の動き(第2図bの場合)に対して弱いことがわかった。したがって、風の多いわが国では好ましくないといえる。またリングや



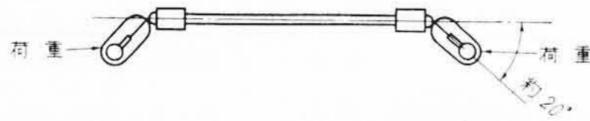
第3図 (b) スペーサ繰返し曲げ寿命試験  
電線ねじれ方向運動  
(スペーサはスプリング形)

スプリング(第3図のもの)を使ったものはクランプ部との接合部近傍にストレスが集中する結果、その部分の構造を改良することが必要であることがわかった。

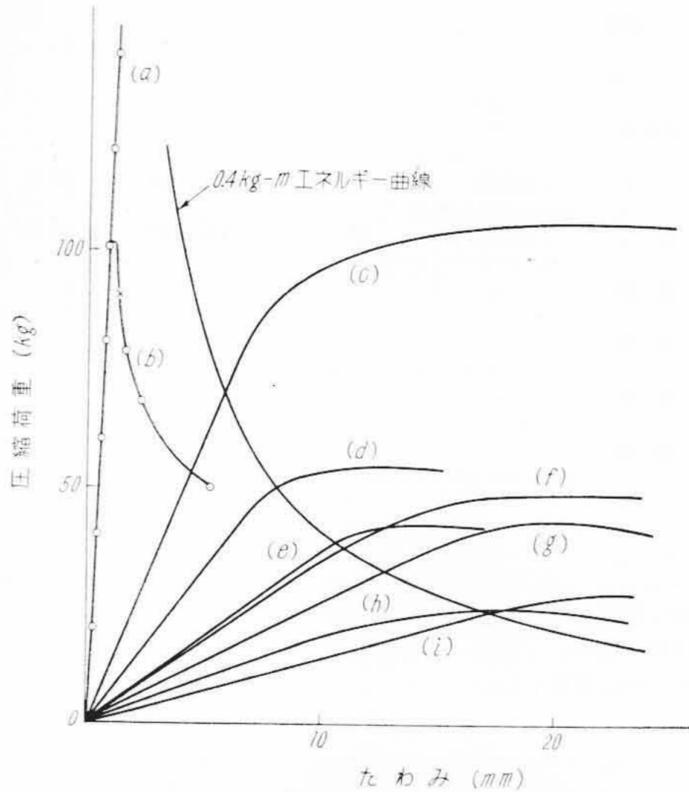
これに反しボールソケットを使用したものは、あらゆる方向に自由度をもち繰返し曲げ寿命試験ではすぐれていることが確かめられた。

### 2.3 圧縮荷重試験

複導体送電線に短絡電流が流れた場合はスペーサにかかる圧縮力としては最大であると考えられる。複導体送



第4図 スペーサ圧縮荷重試験方法



- (a) ハイブ式ボールソケット形
- (b) スプリング形(ロッド入り)
- (c) 撚線式ボールソケット形(撚線 7/4.0)
- (d) 撚線式ボールソケット形(撚線 7/3.2)
- (e) 撚線式ボールソケット形(撚線 19/2.6)
- (f) スプリング形(ロッドなし)
- (g) 撚線式ボールソケット形(撚線 7/2.9)
- (h) 撚線式ボールソケット形(撚線 7/2.9)
- (i) 撚線式ボールソケット形(撚線 19/2.3)

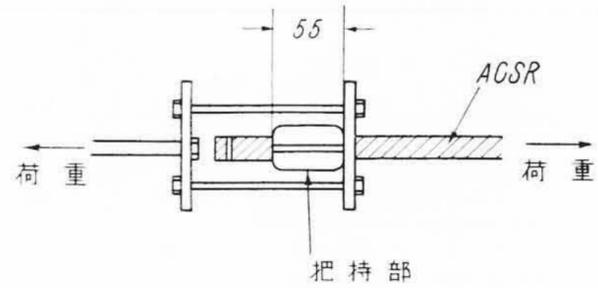
第5図 スペーサの圧縮荷重試験

電線短絡時にスペーサにどの程度の荷重がかかるかは先に短絡実験を行った結果<sup>(4)</sup>に基きそのエネルギーとしては 0.4 kg-m 程度まで考えれば十分である。

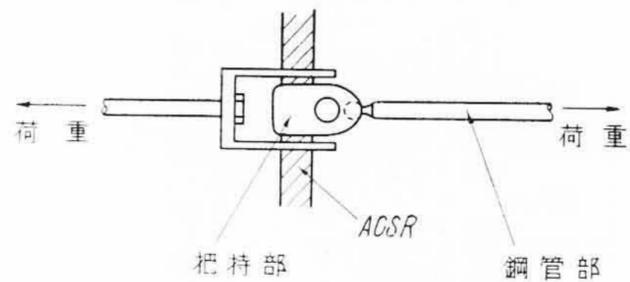
これを試作したスペーサについて調査した。第4図は、この試験の方法で、ボールソケット形の場合、ボールソケット部のクランプを首振り角片側20度いっばいに両端を同じ方向にかたむけた状態で試験機に取り付け圧縮試験を行い、その荷重とたわみ(長さの変化)の関係を求めた。

この結果は第5図のようで、短絡試験の結果(14,000A 9~)よりスペーサに加わる圧縮エネルギーを 0.4 kg-m として図に示してあるが、この範囲の圧縮荷重では、たわみは比例関係にあり電線クランプ部間の連結を撚線でスプリング作用を持たせたものも十分使用できると考えられる。

一般にボールソケット形のクランプ部連結にスプリングあるいは撚線を使用したものはスペーサ運動(第2図のような)の自由度が大きく、ギャロッピング振動やスリートジャンプなどの大きな送電線振動の場合に導体お



第6図 スペーサ把持力試験装置



第7図 スペーサ引抜き力試験装置

よびスペーサのボールソケット部に無理がかからなく良好と思われる。

#### 2.4 把持力試験

スペーサが導体をクランプする場合、送電線の大きな振動によって、スペーサが移動する危険性があり、実際の取付け用ボックススパナで締め付けた状態で把持力を試験した。すなわち、第6図のような試験装置により荷重を加え ACSR よりスペーサが動き出す場合の荷重を測定した。

この結果 ACSR(240 mm<sup>2</sup>)表面を清拭した場合は 850 kg でマシン油塗布した場合 470 kg であった。

#### 2.5 スペーサ破壊試験

スペーサは極限值としてどの程度の性能を有するか、参考までに種々その測定を行った。

まずボールソケット形について第7図のような試験装置により荷重を加え、その引抜き力を測定した。この結果、ボールソケット形で鋼管を使用したものは 2,275 kg でクランプ部の鋼球かみ合せ部がつぶれ抜け出した。またボールソケット形で撚線を使用したものでは 1,750kg で撚線圧縮部より撚線がすべり出した。

さらにボールソケット部の破壊としてクランプ部を20度いっばいにふらせ、クランプ連結部と直角に圧力を加えボールソケットが抜け出す荷重を求めた。この結果 1,470 kg 程度でボールソケットが抜けた。

#### 2.6 低温試験

複導体送電線はその架設場所によっては-30~-50°Cの低温にさらされることがあり、このときスリートジャンプ、強風そのほかの原因でスペーサに衝撃力がかかると、いわゆる低温脆性破断を起す危険性がある。特にボールソケットを使用しているものでは、寒冷地の試験線でボールソケットの首部が破断したことがあるのでスペ



第 8 図 スプリングの脆性試験装置

ーサの低温試験も意味があると考え実験した。

一般に鉄鋼材料の低温脆性の機構については数多くの研究があるが、その根本原因については明らかでない。

しかし材質的に見て特に鉄鋼中の炭素の成分が大きいものほど影響は大でまた、組織上、残留ひずみがなく熱処理したものは脆性が少ない。

スペーサにスプリングを使ったものは、スプリング作用をもたせるため、高炭素鋼を使用し、熱処理を十分行っていないので低温脆性に対してはなほ危険である。

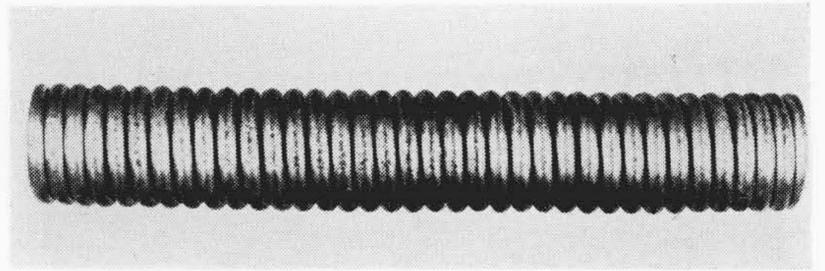
第 8 図はスプリング(素線径 7 mmφ 炭素 0.65%)の脆性を試験するための装置で木箱中にドライアイスとアルコールを入れ供試材を $-55^{\circ}\text{C}$ に冷却した。実験方法はスプリングの金具に鋼撚線をつけ、この鋼撚線のループをシャルピー試験機の試験台におき、衝撃的にスプリングに引張り力をかけることとした。

実験は常温( $15^{\circ}\text{C}$ )で  $200\text{ kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$ 、低温( $-55^{\circ}\text{C}$ )で  $150\text{ kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$  程度で 3 回ずつ行った。この結果破損はしなかったが、第 9 図に示すようにスプリング表面のメッキにき裂がはいった。これは亜鉛と鋼の熱膨張の差および、亜鉛の低温脆性によるためと思われる。このように低温で大きな応力が衝撃的に繰り返されると、亜鉛メッキがボロボロになるのは注意すべき現象である。

### 2.7 耐食試験

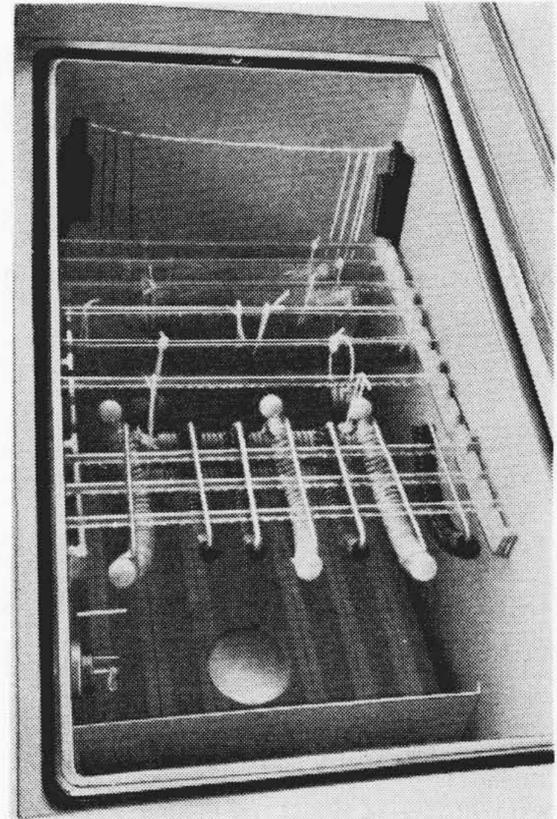
スペーサは長期間、ACSR と同様の寿命が要求されるが、その構造上 ACSR より腐食をうける危険性が多い。特にスプリングなどを使ったものは、この点十分対策を施すべきである。

このためスペーサの防食対策として普通の熔融亜鉛メッキ法とパークライジングしたあとさびどめ塗装を行う



(Zn を電気メッキしたもの)

第 9 図 低温脆性試験後のスプリングの外観



第 10 図 耐食試験状況

方法について比較実験を行った。

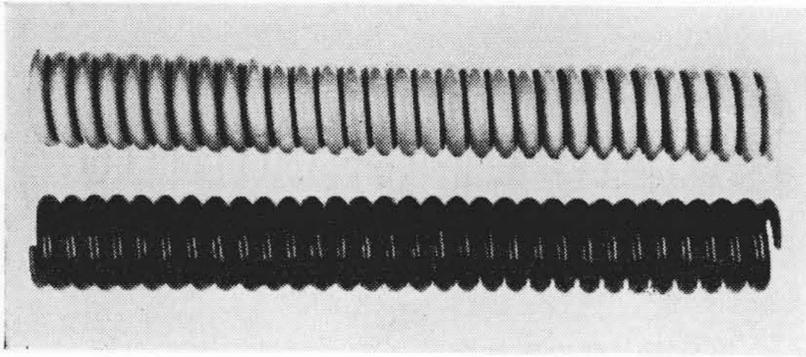
亜鉛は大気中で十分な水分が存在すると酸素および炭酸ガスと作用して、その表面に水に不溶性の微密な水酸化亜鉛、炭酸亜鉛などを生じ光沢を失って灰白色となるが、この保護皮膜のため以後の腐食を防止する。腐食の進行は水分の不飽和な大気中、亜鉛表面にできる化合物が酸化物を主とした場合、粒状であるため侵食度は放置期間に比例して増大する。温度変化による金属の膨脹収縮も腐食を加速する一因子となる。普通亜鉛メッキの腐食程度は軟鉄の  $1/10 \sim 1/20$  といわれ亜鉛メッキ層が厚いほどその防食効果は大きい。メッキは大別して熔融浸漬法、電気メッキ法に大別されるがスペーサは電気メッキの際の水素脆性また低温脆性、などに問題があるため、熔融浸漬法を採用した。

パークライジングは鉄製品表面を磷酸塩化したものでさびどめを目的とする塗装下地として塗膜の密着をよくする。防食塗料としてはジクロを使用し、この上にフタル酸樹脂を焼付けることとした。

実施した耐食試験は 20% 塩水噴霧試験を 10 日間行った。

試験条件は次のようである。

温度  $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、湿度 90% 以上



第11図 耐食試験前の状況

ノズル圧力 約 1 kg/cm<sup>2</sup>, 噴霧 8 時間, 放置 16 時間  
 実験装置を第 10 図に示す。供試材は第 12 図のように  
 90度の弓形に曲げ応力をかけたものおよび静的に放置し  
 たものについて行った。熔融亜鉛メッキのものは亜鉛付  
 着量は 580~620 g/m<sup>2</sup> のものである。第 11, 12 図は腐  
 食試験前後の状況を示す。図よりわかるように亜鉛メ  
 キのものはメッキ層が著しく腐食しているが, 赤さびの  
 発生は認められない。さびどめ塗装のほうはまったく異  
 常はない。

結果としてはさびどめ効果は塩水噴霧試験ではさびど  
 め塗料のほうがすぐれているが, 実際暴露の場合は取扱  
 上塗料のほうに傷つきやすい点などより大体同等と思わ  
 れる。

### 2.8 コロナ試験

スペーサは超高圧送電線に取り付けられるのでコロナ  
 の発生が少ないことが必要である。複導体送電線では相  
 互に向いあった素導体の外側は電位傾度が高くこの部分  
 の形状とボルトやナットの端部のコロナシールドも必要  
 である。

スペーサのコロナ試験は超高圧同心円筒<sup>(6)</sup>による方法  
 が正確で, 写真撮影にも便利である。

まずどの形式がコロナに対して良好であるか調べるた  
 め, さきに試作したスペーサを超高圧同心円筒(長さ 18  
 m, 直径 3 m)内の複導体送電線(240mm<sup>2</sup> ACSR および  
 330 mm<sup>2</sup> ACSR)に取り付け実験を行った。

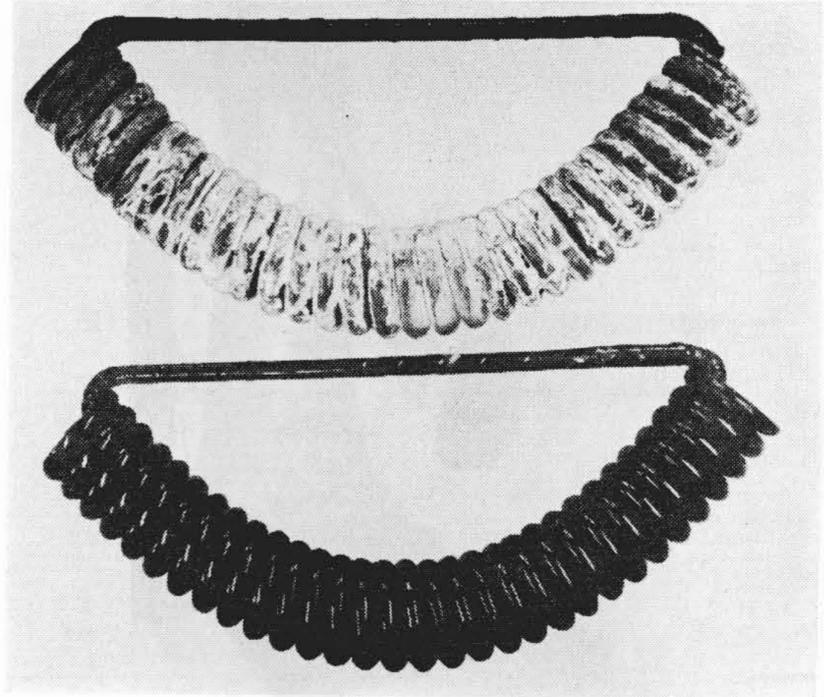
同心円筒によって測定する場合は常に実際の送電線の  
 場合との対応を考えなければならない。

送電線における導体表面最大電位傾度と送電電圧との  
 関係は複導体送電線のとき次式で表わされる。

$$G_{\max} = \frac{V}{\sqrt{3}} \frac{\left(1 + \frac{r}{a}\right)}{2r \log_e \frac{D}{\sqrt{2ra}}} \text{ kV/cm} \dots\dots\dots (1)$$

- ここで  $G_{\max}$ : 複導体表面最大電位傾度(kV/cm)
- $V$ : 送電電圧 (kV)
- $r$ : 導体半径 (cm)
- $2a$ : 素導体間隔 (cm)
- $D$ : 等価相間距離 (cm)

一方超高圧同心円筒においては



第12図 耐食試験後の状況

$$g_{\max} \simeq \frac{V_c \left(1 + \frac{r}{a}\right)}{2r \log_e \frac{D_c}{\sqrt{2ra}}} \text{ kV/cm} \dots\dots\dots (2)$$

ここで  $g_{\max}$ : 超高圧同心円筒内の複導体  
 表面最大電位傾度 (kV/cm)

$V_c$ : 超高圧同心円筒印加電圧 (kV)

$D_c$ : " " 半径 (cm)

実験に使用した超高圧同心円筒は半径 150 cm で, 素  
 導体間隔は 40 cm である。

送電線と超高圧同心円筒とのコロナの対応性は同一導  
 体表面最大電位傾度で完全な一致をみることが認められ  
 ているので(1)および(2)式によって, 実際送電線の電  
 圧と関係づけられる。

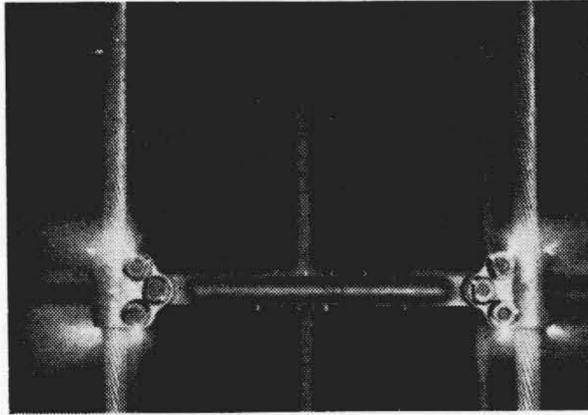
ちなみに等価相間距離 8.5 m, 素導体 330 mm<sup>2</sup>, とす  
 れば送電電圧 275 kV のときの導体表面最大電位傾度は  
 14.3 kV/cm である。

第 13 図は可視コロナ試験の様子である。これよりわ  
 かるようにセミヒンジ形はボルト, ナット部分よりコロ  
 ナが発生しやすく, 撚線形は電線把持部を機械的にじょう  
 ぶにするため向いあった素導体の外側の部分の突起を  
 大きくした結果コロナの発生が多くなっている。

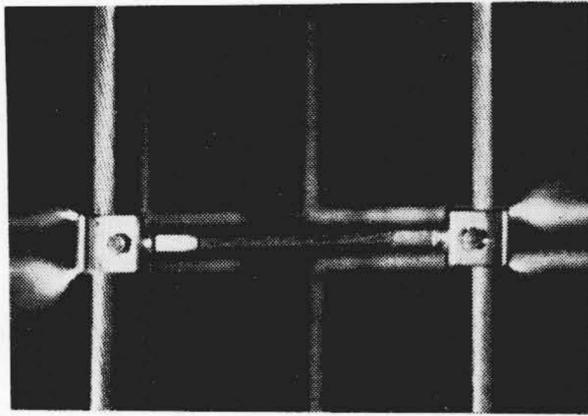
ボールソケット形は, 試作した中で最もコロナ開始電  
 圧が高く, 特に電線把持部の形状に改良を加えること  
 によって高いコロナ開始電圧を与えることができた。第14  
 図はこの形であって, コロナ開始は導体表面最大電位傾  
 度 25.6 kV/cm 相間距離 8.5 m として実際送電線に換  
 算した場合は 492 kV となる。また降雨の場合はそれぞれ  
 14.1 kV/cm, 271 kV となるが, 晴天および降雨とも導  
 体のコロナ開始電圧はスペーサより低くなっている。

### 2.9 電源開発只見幹線用スペーサ

今回 電源開発株式会社に納入した 240 mm<sup>2</sup> および

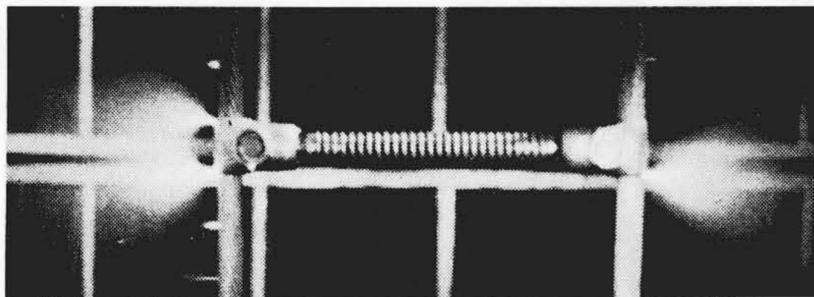


(a)

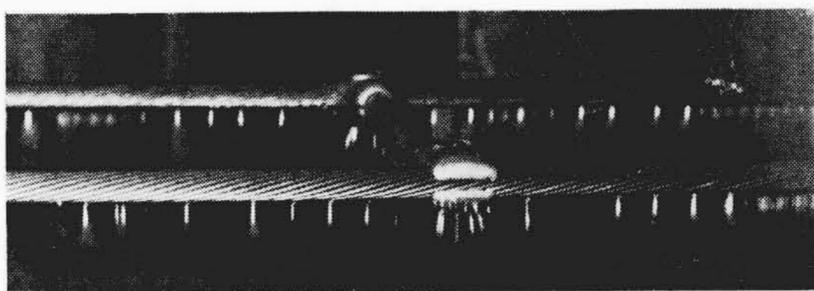


(b)

導体表面最大電位傾度：25 kV/cm  
第13図 セミヒンジ形および撚線形試作品のコロナ発生状況



(a) 晴天時：導体表面最大電位傾度 30 kV/cm (コロナ開始 25.6 kV/cm)



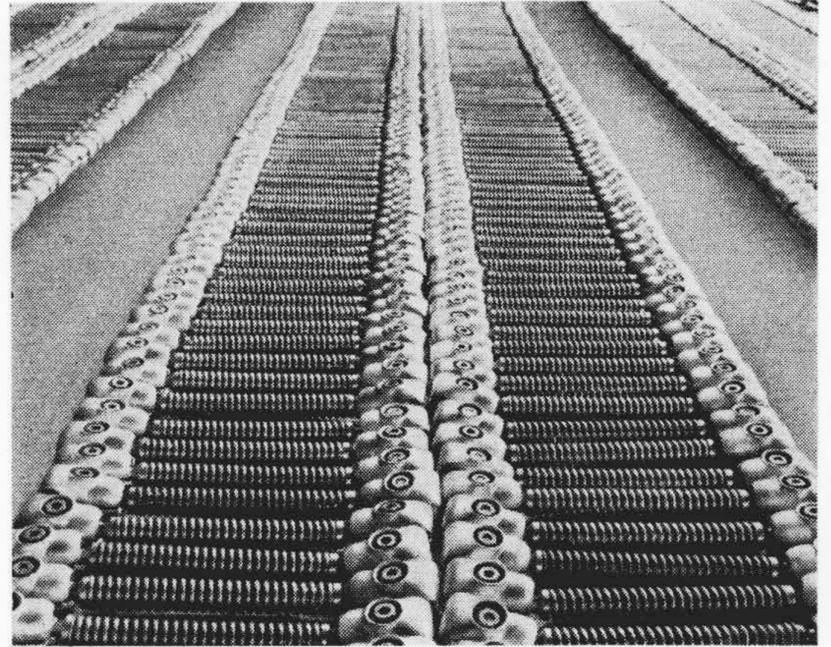
(b) 降雨時：導体表面最大電位傾度 15 kV/cm (コロナ開始 14.1 kV/cm)

第14図 スプリング式ボールソケット形スペーサのコロナ発生状況

330 mm<sup>2</sup> 複導体 ACSR 用スプリング式ボールソケット形スペーサについては前記試験結果に基づき設計したものであるが、その特長および性能を概略説明する。

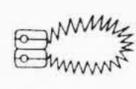
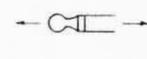
特長は次のとおりである。

- (1) クランプ部の材質は JIS H4131 耐食アルミニウム合金鍛造品第6種を使用し、耐食性、耐摩耗性を考慮した。
- (2) ボール部の形状は低温時のノッチング効果を少な



第15図 電源開発株式会社納スプリング式ボールソケット形スペーサ

第2表 スプリング式ボールソケット形スペーサ主要性能

試験部	試験項目	試験条件	試験結果
スプリング部	引張り試験	300 kg 1分間	永久変形 0.2~0.3 mm
	曲げ試験	クランプ部を互に接するまで曲げた場合の変形 	永久変形約 4 mm
	垂鉛付着量	JIS H0401 による	450~550 g/m <sup>2</sup>
ボールソケット部	破壊試験	引張り試験を行い破壊する 	約 3,000 kg
	曲げ試験	首部が曲げ破壊した時の荷重 	約 2,000 kg
	垂鉛付着量	JIS H0401 による	680~800 g/m <sup>2</sup>
クランプ部	硬さ試験	ブリネル硬さ	約 95
	把持力試験	締付力 250 kg-cm	250 kg
	コロナ試験	可視コロナ開始電圧を測定する	25.6 kV/cm (492 kV 相当)

くするため角をなめらかな円弧とし、低温脆性を考慮して熱処理を行い、残留ひずみを取り組織の調整をはかった。

(3) メッキは熔融亜鉛メッキを採用したが、前処理は、一般は酸洗浄を行うのが普通であるが、スプリングのような高炭素鋼では酸脆性が起る危険性があり、そのためこれを行わずショットピーニングにより黒皮を除去し、その危険を除いた。さらにメッキ後クロム酸処理を行い、さらに耐食性を増大させた。

(4) クランプ部の形状は同心円筒によるコロナの検討を重ねた結果、なるべく導体付近の等電位面に合せる

よう卵形とし、複導体外縁部は平滑にし、締付けボルトおよびナット類の頭部をコロナしゃへいした。

またこのスペーサについて種々の性能を測定した結果を第2表に示す。

なお複導体送電線耐張鉄塔のジャンパー線でも台風時ステッキングの危険性が考えられるのでスペーサを挿入するが、このスペーサは運動の自由度が少ないのでボールソケット形とせず、撚線式固定形とした。

### 3. 結 言

以上複導体超高圧送電線のスペーサに関する問題点をあげ、これに対する各種検討と対策について述べた。しかし、台風時などの送電線振動に対しては、複導体の実地観測結果もほとんどなく、このため、スペーサとしての程度を考慮すべきかなど、機械的問題に対して不明確な点が多い。しかし、差し当っては寿命試験で、この運動を考慮しているのので、どういふ構造のスペーサが良いかめやすを与えることができたと考える。

また防食対策として送電線経過地で腐食性ガスが存在

するような雰囲気ではさらに耐食性の検討が必要であろう。

スペーサ取付上の問題すなわち、スペーサ間隔と配列法について本文では述べなかったが、これは350mの実径間複導体送電線で実験研究を重ね、一部は既報<sup>(6)</sup>してあるので省略する。

最後に本実験に関し種々御指導をいただいた電源開発株式会社送電課、林課長、鈴木氏、また御鞭撻をいただいた日立電線株式会社、大和、久本両部長、山本、杉山両課長に深謝する。

### 参 考 文 献

- (1) A. Rusck, B. G. Rathsman: CIGRE No. 410 (1950)
- (2) R. J. Mather, A. R. Hard: Power App. and Sys. 823 (Oct., 1958)
- (3) A. Solvi: CIGRE No. 216 (1956)
- (4) 林, 鈴木, 山本, 山崎: 日立評論 別冊 No. 28, 3 (昭 33)
- (5) 永野: 日立評論 別冊 No. 28, 18 (昭 33)
- (6) 林, 鈴木, 山本, 星野: 日立評論 別冊 No. 28, 12 (昭 33)

## 日立製作所社員社外講演一覽

(昭和34年4月受付分)

講演月日	主催者名	演 題	所 属	講 演 者
5. 13	火力発電技術協会	ボイラの自動燃焼制御について	日立工場	吉岡孝幸
4. 27	日本自動制御研究会	イルグナー圧延機における自動制御	日立工場	宅間 豊
5. 24	日本機械学会	熔接技術管理	笠戸工場	矢部 満
5.	日本印刷学会	各種活版印刷機の機構	川崎工場	渡辺重憲
5.	日本印刷学会	グラフィア輪転機の乾燥	川崎工場	鎌田裕之尊
4. 15	日本工作機械工業会	日立ホブ盤について	川崎工場	古橋 一尊
5. 12~15	新潟県計量管理協会	放射性物質の計測への応用	多賀工場	鷲見哲雄
5. 15	日本電気協会	前納料金計器の機構について	多賀工場	米岡正四郎
5. 30~31	高分子学会	三次元アルキド樹脂の熱硬化反応アセトン不溶化に対する分子内環状化の影響	絶縁物工場	田中久雄
4. 27	内部摩擦研究会 輸番幹事	タングステン線の内部摩擦	茂原工場	渡辺 潔
3. 17	原子力産業会議	中性子の減速・整化の理論	中央研究所	法橋 登
3. 29	名古屋市工業研究所 アナログ電子計算機研究所	特殊非線型要素とアナコンの演算要素の変った使用法	中央研究所	永田 穰
4. 21	名古屋市工業研究所	サーボ非線型演算器	中央研究所	沼倉俊郎
5. 21	日本分析化学会	EPMA(微量部X線分析装置)について	中央研究所	渡辺 宏
5. 18~20	日本分析化学会	固体質量分析について	中央研究所	岡本 潤一
4. 20	高分子学会	マイラーポリエステルの放射線照射	中央研究所	上山 守治
			中央研究所	川松 俊豊
			中央研究所	原田 俊
5. 18	電気通信学会	二重および多重速度変調管について	中央研究所	沢田良嘉
4. 1	日本物理学会	水素気流中でアロイングを行ったゲルマニウムダイオードの特性	日立研究所	小川卓三
4. 9	日刊工業新聞社	近代企業経営における生産計画に基づく購買計画と組織	本 社	加藤正男