多導体送電線の短絡実験

Shortcircuit Tests of Multi-conductor Transmission Lines



内 容 梗 概

多導体送電方式は大容量超高圧送電線として最近世界各国で研究され,電気的にはすぐれた諸特性を もっていることがいわれている。しかし機械的な諸問題に対しては未解決な分野が多く,この解明には 実際送電線と同一規模を有する実験によらなければ不明な点が多い。

本報告は、これらの諸問題のうち、短絡故障電流が多導体送電線に流れた場合を想定して、次のような実験を行ったもので、多導体送電線およびスペーサの設計、製造に対して貴重なる実用的データーをうることができた。

すなわち,150,000 kVA 大容量短絡試験設備のある日立製作所国分工場内に350 mを1スパンとする 330 mm² ACSR 複導体水平配列,垂直配列および3導体逆三角配列の実験用送電線路を建設し,最高 14,000A 9 ~ 程度の短絡電流を通電した場合,あるいはこれと同時に模擬スリートを落下させた場合の 素導体相互の衝撃力,衝突による振動図形,スペーサにかかる応力,ならびにスペーサ運動状況を実測 した。

1. 緒 言

超高圧送電線として従来の単導体方式と多導体方式 (複導体,3導体,4導体)を比較すると多導体方式はコ ロナおよび送電容量などの電気的特性がすぐれている。 しかし短絡時の電磁力による素導体相互衝突,風や雪に よる捩れ現象,スリートジャンプなどの機械的諸特性は 不明な点が多く,この理由で米国などでは多導体方式の 採用が遅れている現状である。しかし,欧州諸国では最 近,超高圧送電に複導体,3導体,4導体などの多導体 送電線を建設し運転にはいっている。 象として短絡電流通電時に,素導体が互に電磁力を受け て衝突する場合の検討より始めた。

実験用多導体送電線は 150,000 kVA 大容量短絡試験 設備のある日立製作所国分工場構内にスパン 350m の実 際に近い状態で送電線を建設した。短絡電流値は系統構 成と発変電所よりの距離などの短絡故障時の条件で変る が,素導体相互の衝突を始める値より最高 14,000A 程度 までとし,通電時間は高速度遮断器が十分働くとして, 8~9~にとった。

一方,わが国においても複導体送電線が一部すでに実用化され⁽¹⁾,これに引き続き電源開発株式会社では只見幹線を 275 kV 複導体送電線にする計画を進めており,将来,多導体送電線は国内の主要幹線として採用される情勢にある。

このように多導体送電線は超高圧送電に適しているが その経験年数も少なく,機械的問題に関する基礎実験に 乏しく,未解決の点も多い。この理由としてモデル送電 線では機械的特性の縮少比が理想的にいかなく,実際の 送電線で試験を行わないと実用価値のあるデーターがえ られない。したがってきわめて大規模な実験を必要とす るからであった。

これらの機械的諸問題の解決をするために,電源開発 株式会社と日立電線株式会社は共同で実際規模の多導体 送電線実験設備を建設し,まず多導体送電線に特有な現

*	電源開発株式会社	
**	日立電線株式会社電線工場	理博
***	日立製作所日立研究所	

測定は素導体相互の衝撃力,スペーサ応力の変化,ス ペーサの運動,電線振動状況などで,このほか,模擬ス リートを落下させたときのスリートジャンプなどの状況 についても観測を行った。以下これらの測定結果につい て述べる。

2. 実験設備および実験方法の概要

2.1 実験設備

実験用送電線は 330 mm² ACSR の多導体とし, 350m, 1 スパンを 2 基の鉄塔 (水平許容張力 10 t,高さ 15.5m) に 1 線当り 2.0 t の電線張力で架線した。導体配置は複 導体送電線においては水平配列および垂直配列の二通り とし,3導体送電線には逆三角配列を用い,導体間隔は 400 mm とした。またスパン中央には高さ 10 m の中間 木柱をたて懸垂クランプ(地上約 7.9 m)を取り付けて スパンを 2 分し,175 m スパンに変えて実験が行えるよ うにした。これらの設置場所は第1 図に示すとおりで送 電線路は南北の方向にある。

次に実験に使用したスペーサはボールソケット形を主 とし、これにスプリング、セミヒンジおよびリング形な

— 3 —

電線ケーブル特集号(第4集)

日立評論 別冊第28号



第1図 実験用送電線配置図



第3図 スペーサ取り付けに使 用した2,3導体用宙乗車





3 導体用 第2図 複導体および3導体用スペーサ

どを参考に供した。第2図はこれら複導体用および3導体用スペーサを示す。また取付作業には特別に第3図に 示すような宙乗車を試作して用いた。

2.2 実験方法

これら3通りの導体配列に対して,スパンを350mお よび175mの2種,ならびにスペーサ間隔を120,80, 40mの3通りに変えた各場合について14,000 A の短絡 電流を約9~(発電機周波数62.5~)通電した。この際 起る導体相互の衝突による衝撃力,振動図形ならびにス ペーサに生ずる応力,ボールソケット部の首振り運動を 測定することにした。実験方法の詳細は各項目ごとに述 べることにする。

<u>i</u> i i i i		<u>+++</u> <u>+++</u> <u> く</u> イ西	重錘	5 kg/個
3 3	道休	伯丽列		

第4図 模擬スリート落下実験の重錘の配置

次に実際に送電線に付着する氷雪量の不平衡を考慮し て模擬スリート落下実験も同時に行う計画をたてた。す なわち,複導体垂直配列においてはスペン中央部 160 m に 110 kg, 3 導体逆三角配列においては 150 m にわた って 105 kg の鉛塊を第4図の要領で下線に吊下した。 これは着氷にしてそれぞれ厚さ7.4 mm および 7.7 mm を想定している。これらの重錘は送電線下線に結びつけ た麻紐の先端の電磁石により脱着を行うことができる。 鉛塊落下の順序は最初中央の鉛塊群を落下,その 0.5 秒 後に両翼を落下させ,さらに 0.5 秒後に短絡電流を通電 した。また落下方法としては短絡電流通電前を見計らっ てまず中央部の電磁石の電流を切り,ついでほかの電磁 石の電流が自動的に切れるよう物体の落下運動を利用し て時差を与えた。なおこの模擬スリート落下実験はスペ ーサ間隔 80 m の場合についてだけ行った。

3. 電線の衝撃力

多導体送電線の各導体は風により Sticking⁽²⁾の起ら ない建前でスペーサを配置されているが,短絡時には電 磁吸引力によって導体相互はかなり強い衝撃力で衝突を 行う。このような衝撃によって導体表面はコロナ損失上





第5図 複導体用衝擊力測定金具





第7図 同一凹みを与える動的および静的 エネルギーの比較

鋼で形状寸法に正確を期し,銅片は同一加工履歴のも のから切り出し,均一な性質をもつものを用いるよう 注意した。

3 導体の場合もまったく同様な方法によった。ただ し導体の捩れによる誤差を除くためと,同一箇所の衝

第6図 3 導体用衝擊力測定金具

有害な疵を生じる恐れもあるが,これをスリートの脱落 に利用できなかろうかとの考えもあるようである。いず れの場合も短絡時の衝撃力の大きさを明らかにする必要 がある。

3.1 実験方法

3.1.1 測定方法

衝撃力を測定する場合,高電圧,大電流の下である ため,きわめて限られた方法となり,軟質金属の塑性 を利用する方法が最も適して簡単である。第5図は複 導体の場合の測定要領である。すなわち,ハンマと軟 銅板をそれぞれ導体に固定し,衝突後生じた銅片の凹 みの深さから衝撃力あるいは衝撃エネルギーを求める ものである。この際用いるハンマの材質は 0.6% 炭素 撃値を求めるため第6図のように案内金具を用い,3 導体の中心に棒状の銅片をささえてこれを3個のハン マがたたく方式をとった。またこうすることによって 衝撃はほとんど同時に終り,銅片は案内金具とともに 脱落し,ハンマでたたいた跡を二重にたたきかえすこ とを避けることができた。

3.1.2 較正実験

銅片の凹みの深さから衝撃力を求めるには静的押込 試験における荷重と凹み深さの関係をそのまま適用で きることが望ましい。銅のような軟質金属の変形抵抗 はひずみ速度によってあまり変らないといわれている ので,衝撃速度の凹み深さに及ぼす影響を調査した。 まず,衝撃エネルギーを一定とし,ハンマの落下速度 を4 m/s 以内に色々変えて生ずる凹みの深さを測定し た。その結果,エネルギーが一定であれば凹みの深さ は衝突速度によって変化しないことが確かめられた。

次にこのような落下法による場合の凹み変形に要し たエネルギー,すなわち,動的エネルギーに対して, 静的押込試験により求めた静的エネルギーを比較する と第7図のようになる。同図によると,同一の凹みを 与えるに要する静的および動的エネルギーの間には約 8%の差があることがわかる。これは落下法によると 弾性波の伝播あるいはハンマのはね上りなどの若干の 損失がおこるためであるが,その差は大きいものでは ない。それゆえ,それぞれの場合についてハンマと銅

----- 5 -----

昭和33年12月 電線ケーブル特集号(第4集) 日立評論 別冊第28号



第1表の実験番号 No.1と同一実験条件
 第1表の実験番号 No.7と同一実験条件
 第1表の実験番号 No.4と同一実験条件
 第1表の実験番号 No.4と同一実験条件



第1表 複導体送電線の短絡条件と衝撃値

導	実	約	と 路	条件	短	絡	条	件	衝	撃	值
体配	験番	スパン	スペーサ	スペーサ形式	電	流((A)	通電 時間	凹み深さ	衝擊力	衝撃エ ネルギ
列	号	(m)	(m)	1.5 A	(実)	則波了	高値)	(~)	(mm)	(kg)	$\binom{\text{kg/}}{\text{m}}$
	1	350	80	ボ ー ル ソケット形	15,	,100 ~13,	200	9	0.69	765	0.306
水	2	350	80	セ ミ ヒンジ形	14,	,700 ~12,	700	8.8	0.5	515	0.138
	3	350	40	ボ ー ル ソケット形	15,	,800 ~13,	300	9.2	0.55	575	0.172
	4	350	40	ボ ー ル ソケット形	14,	,700 ~12,	900	8.7	0.4	400	0.088
平	5	175	80	ボ ー ル ソケット形	14,	,900 ~13,	100	8.9	0.56	590	0.18
	6	175	40	ボ ー ル ソケット形	14,	,700 ~12,	.900	8.7	0.49	505	0.132
垂	7	350	80	ボ ー ル ソケット形	15,	,700 ~13,	100	9.3	0.72	810	0.354
	8	350	40	ボ ー ル ソケット形	15,	,300 ~13,	300	9.5	0.61	650	0.217
直	9	175	80	ボ ー ル ソケット形	15,	,600 ~13,	100	9.5	0.68	750	0.212

注: 電圧は公称 9,000V

第2表 3導体送電線の短絡条件と衝撃値

実	線	路	条 件	短絡条	件	衝	撃	値
験番号	ス パ ン (m)	スペー サ間隔 (m)	スペーサ形式	電 流 (A) (実測波高値)	通電 時間 (~)	導体の別	衝撃力 (kg)	衝撃エ ネルギ (kg/ m)
11	350	120	ボ ー ル ソケット形	16,000 ~14,000	10	東 () () () () () () () () () () () () ()	226 304 382	0.048 0.082 0.119 0.249
12	350	80	ボ ー ル ソケット形	15,400 ~14,000	9.5	東 (側) (市 (明) (明) (計)	232 262 304	0.050 0.062 0.082 0.194
13	350	40	ボ ー ル ソケット形	15,800 ~13,800	9.5	東側 西側 下側 計	196 196 397	0.036 0.036 0.127 0.199
14	175	80	(北側) 懸垂クランプ (南側) リ ン グ 形	16,200 ~14,000	10	東側 西側 下側 計	273 238 175	0.067 0.052 0.032 0.149
15	175	40	(北側) 懸垂クランプ (南側) リ ン グ 形	16,100 ~13,700	10	東 側 西 側 下 側 計	187 203 148	0.034 0.039 0.022 0.095

第9図 スペーサ間隔と衝撃エネルギーの関係

片を用いて静的押込試験を行い,その荷重と凹み深さの関係を衝撃力算出の基礎とした。

3.2 実験結果

複導体,導体間隔400mmに短絡電流14,000Aを通電 した際には約1kg/mの電磁吸引力が働き,導体は急速 に接近するわけであるが,その際の接近速度を高速度カ メラ(64駒)で求めてみると第8図のとおりになる。こ の場合衝突時の速度はおよそ 4m/s であるので,前述 の較正実験もこの速度範囲内で行ったものである。

複導体および3導体についてスパンおよびスペーサ間 隔を変えて行った実験結果をそれぞれ第1表および第2 表に示す。第9図は両表を図示したものである。

これらの結果,一般にスペーサ間隔が長い方が衝撃値 は大きく,スパンにはあまり影響されない。複導体にお 注: 電圧は公称 9,000V

いては垂直配列の方が水平配列より衝撃値が大である。 これは垂直配列の下側導体の運動方向が電線張力の減少 する方向であるためと考える。

次に3導体の結果をみると、各導体間に働く衝撃力は 複導体に比べて一般に低い。短絡電流が同一であれば当 然予想される結果である。衝撃に費されるエネルギーの



6

和は複導体におけると同様,スペーサ間隔が長いほど大 きい傾向がある。これを各導体についていえば,上側の 2導体は175 m,350 mの両スパンともスペーサ間隔と ともに衝撃エネルギーは増加しているが,下側導体は複 導体垂直配列におけると同様,上側2線に比して大きな 衝撃エネルギーをもっている。175 m スパンの下側導体 の衝撃エネルギーが比較的低く出たのはこの場合だけ特 別に測定箇所が弛度の最低点でなく,スパン支持点近傍 のスペーサ間にとられたためである。

4. スペーサ応力

多導体方式においては各導体はしばしば不均等な荷重 を受け、スペーサに応力を誘起させる。すなわち、強風 時には各導体の運動の乱れによってスペーサに種々の捻 力を生じ⁽³⁾、また着氷状況が異なる場合はもちろんのこ と、特にスリートジャンプが起きた場合ならびに短絡が 起った場合はスペーサ応力も大きく⁽⁴⁾⁽⁵⁾、スペーサ強度 を決定する上に重要である。そこで短絡による衝突振動 および片線に付けた模擬スリートの落下による跳躍振動 時のスペーサ応力の変化を測定する。

4.1 実験方法

スパンおよびスペーサ間隔を変え,スパン中央のスペ



(下) リング形スペーサを利用したもの

ーサの位置にスペーサ応力記録装置を入れて短絡時の応 力変化を測定した。短絡電流は14,000A, 9~で電磁吸 引力にして約1kg/mに相当する。複導体垂直配列およ び3導体逆三角配列のスパン350m, スペーサ間隔80m の場合については,前述のように模擬スリートを落下さ せ,直後に短絡を行った。模擬スリートを下側1線のみ に想定したのは全線いっせいにスリートが脱落する場合 に比して片線のスリート落下の方が大きなスペーサ応力 を生じると考えたものである。

4.2 測定装置

スペーサ応力の測定には高電圧下になるため,電気的 に測定することが不可能なので機械的方法すなわちリン グ形スペーサの弾性変位の記録より,スペーサに作用す る荷重の変化を求めることにした。

まず複導体水平配列の場合にはリング形スペーサをス パン中央のスペーサ取付位置に挿入し,そのすぐ隣りに 第10図上図に示す記録装置を並べてリングの変形量を 描かせた。記録装置はボールソケット形スペーサを改造 したもので,セルフタイマによって回転する記録紙と記 録用ペンを備えつけた。動作時間は1周20秒である。 操作は紐によって地上で行う。後で行った垂直配列の実 験においてはこの記録装置のボールソケットの動きを除 くため,同図下図のようにリング形スペーサに直接記録 ドラムを組込んだものを使用した。

次に3導体の場合には3線のうち上側2線の動きを阻

第10図 スペーサ応力測定装置

止し,この固定スペーサと下線の間に上記のリング形ス ペーサ記録装置を入れて下側導体に加えられる荷重を測 定した。

4.3 実験結果

第3表に実測記録のうち圧縮側および引張側の最高荷 重を示す。スペーサに働く荷重変化の一例は第11図の ようになる。

まず複導体水平配列のスペーサ応力は圧縮荷重にして 73~75 kg, 衝突の初回に現われ, ついで 60~62 kg 程 度の引張荷重が加わる。スパンおよびスペーサ間隔によ る差は認められなかった。

次に垂直配列においては衝突時の圧縮荷重は水平配列 より大きく、99~108 kg である。これに対して反発後の 引張荷重はほとんど水平配列に変らず 60~63 kg の間に ある。垂直配列の場合は短絡によって下側導体は弛度の 減少する方向に運動するが、抵抗はきわめて小さく、電 線の衝突はスペーサ近くまで伝播し、張力のスペーサ軸 方向の分力が増大するためと考えられる。しかしながら 水平配列の場合はボールソケット形スペーサを利用して 変位を記録したので、ボールソケットの首振りに基く誤 差によってスペーサ応力がいくぶん低目に出たことは否 定できない。それゆえ、前記のようにこの点を改善した リング形スペーサを使用した。

____ 7 ____

昭和33年12月

電線ケーブル特集号(第4集) 日立評論 別冊第28号

第3表 複導体および3導体送電線の短絡 時におけるスペーサ応力の変化

導体	実	線 路	条件	短絡条	スペーサに 働く 荷重 (kg)		
配列形式	験 番 号	スパン (m)	スペー サ間隔 (m)	電 流 (A) (実測波高値)	通電時間 (~)	圧縮側	引張側
*	2	350	80	$^{14,700}_{\sim 12,700}$	8.8	75	62
復導体水	4	350	40	$14,700 \ {\sim}12,900$	8.7	73.5	62
小平配列	5	175	80	14,900 ~13,100	8.9	75	61
	6	175	40	14,700 ~12,900	8.7	73	60
有	7	350	80	$15,700\ {\sim}13,100$	9.3	99	60
復 導体垂	8	350	40	15,300 ~13,300	9.5	108	63
直配列	9	175	80	$15,600 \\ \sim 13,100$ 9.5			
	10	350	80	$15,200 \ {\sim} 13,100$	9	58	75*
	11	350	120	$16,000\ {\sim}14,000$	10	52	38
Ξ	12	350	80	$15,400 \ {\sim}14,000$	9.5	57	37
導体逆	13	350	40	15,800 ~13,800	9.5	55	52
三角配到	14	175	80	16,200 ~14,000	10	48	38
9IJ	15	175	40	${}^{16,100}_{\sim 13,700}$	10	42	36
	16	350	80	16,600 ~14,200	9.5	28	65*

65 kgが引張側の最高である。以上の実験結果によると, 現在使用されているスペーサの強度にはかなり余祐があ ることがわかった。

5. ボールソケット形スペーサの首振り運動

スペーサは電線の振動とともに運動し,その導体をつ かむ部分はこじれやすい。それゆえ,普通,バネ材を介 在するかあるいはボールソケット形スペーサのようにそ の首振りによってスペーサと導体間の相対運動を許すよ うに設計されている。短絡時やスリート落下時のように 導体相互の運動がはげしい場合のボールソケットの運動 を知っておくこともスペーサの設計上たいせつなことと 考える。

5.1 測定記録方法

スペーサの首振り運動はボールソケットのボールと同 心の球面上に記録するのが便利である。第12図に測定 装置を示す。すなわち,導体を掌握しているソケット側 にあらかじめその凸面にアルミニウムの薄膜を真空蒸着 した時計皿をとりつける。もちろん同皿の凸面はボール と同心の球面である。一方ボールと一体であるスペーサ の軸側より触針を出し,その先端を軽く皿に押しつけて おく。このようにしてスペーサの首振り運動は皿凸面に

注: * は模擬スリート落トの場合 電圧は公称 9,000V



注: 第1表の実験番号 No. 4 と同一実験条件 第11図 短絡時のスペーサ応力の変化

次に3導体の場合は圧縮側はスパン350mで55~57kg, スパン 175 m では 42~48 kg で複導体に比較してその 値は低い。この場合もスペーサ間隔の影響はほとんど認 められないが,スパンは短い方が若干小さいようである。

また模擬スリート落下を加えた場合には短絡だけの場 合に比較して圧縮側は低目に,引張側は高めに出る。す なわち複導体垂直配列においては 75 kg, 3 導体では 引掻疵として記録される。

5.2 実験結果

3 導体方式について短絡および模擬スリート落下時の ボールソケットの運動を測定した結果を第4表に示す。 引掻疵の長さを読みとるため表中の値は全振幅の最大値 を掲げてある。



第12図 ボールソケット形スペーサの首 振り運動測定装置

- 8 --

多導体送電線の短絡実験

実	線路	条件	短絡条	件	ボールン	レケット 垣
、験番号	スパン (m)	スペー サ間隔 (m)	電 流 (A) (実測波高値)	通電時間 (~)	連 線路直角 鉛直面内 の動き (°)	振 幅 線路平行 鉛直面内 の動き (°)
11	350	120	$16,000 \ \sim 14,000$	10	45.0	2.3
12	350	80	15,400 ~14,000	9.5	40.3	3.0
13	350	40	15,800 ~13,800	9.5	0.2	1.5
15	175	40	16,100 ~13,700	10	39.7	7.6
16	350	80	16,600 ~14,200	9.5	40.0	1.5**

第4表 3導体送電線短絡時のボールソケット 形スペーサの首振り運動

注: 下測導体のボールソケットについて測定した。 * 印欄はソケットのささえ双の潰れのため締付けボールが締 付けられ,** 印欄はスリート落下実験を行ったことを示す。

同表より線路方向に平行な鉛直面内の首振り運動はは なはだ少ないことがわかる。これは電線の線路方向の動 きがない結果であり,次の振動測定の結果はよくこのこ とを説明するものである。これに対して線路に直角な鉛 直面内の運動ははげしく最高45度の首振り運動を示し た。これらの場合に記録された引掻疵の特長はいずれも その一端が揃って一線を画しており,他端は自由に動い



第13図 振動測定装置の光学系

まず複導体についてはスパン中央の弛度最低点に豆球 をつけ、夜間 第13 図 に示す光学系の計録装置によりそ の光跡を追うことにした。この装置によると、豆球の動 きの上下、左右両成分を別々に分けて連続的に記録する ことができる。このようにして水平配列の場合には片線 の動きだけを記録したが、両導体の振動図形は線路条件 が平等ならほぼ等しい図形が得られると考えたものであ る。3 導体については水平配列の振動図形がよい再現性 のあることを認めたので、短絡を計4回行い、初めの3 回は各導体1線ごとの動きの測定にあて、残りの1回は

た形跡を示した。この事実はスペーサをボールソケット の自由度がすべての方向に等しくなるよう取り付けなか ったためにその機能を半減させたものと想像される。宙 乗車で取付作業を行うため、初めに正しい状態に取り付 けても一度宙乗車が去るとスペーサはかた寄った姿勢を とる。それゆえ、スペーサはこの現象を見越して取り付 けることがたいせつであるとともに、ボールソケットに かなり余裕のある自由度を与えておく必要がある。スパ ン 350 m, スペーサ間隔 80 mのものについては模擬スリ ート落下実験も加えたが、ボールソケットの最大振幅に は特別な変化は認められない。なおまたスパン 350 m, スペーサ間隔 40 m の場合にはボールソケットの動きが 妨げられているが、ソケットのささえ刄がくずれたため、 締付けが過大になったものである。

6. 短絡時の電線の衝突振動

短絡およびスリートジャンプによる電線の衝突あるい は跳躍振動については多くの研究⁽⁶⁾⁽⁷⁾があるが,大規模 な多導体送電線に適用した例は見当らない。そこで実ス パン350mの多導体に対して衝突時まで短絡電流14,000A を通電した場合の電線の振動軌跡を求めてみた。

6.1 豆球による夜間観測

複導体水平配列および3導体逆三角配列のスパン 350 m, スペーサ間隔 80 m のものについて短絡時の振 動図形を観測した。 線路正面および真下よりカメラをむけ,振動軌跡を撮影 した。これらの結果を総合して振動図形を求めた。

6.2 高速度カメラによる観測

短絡電流通電とほぼ同時に高速度カメラ(64 駒)によ り電線振動を撮影記録した。高速度カメラを2台用い, 線路の真下から仰いで電線振動の水平方向成分を,電線 と同じ高さに据えたカメラで上下方向成分を観測した。 これらはすべてスパン中央の最低点を観測箇所とした。

6.3 実験結果

夜間の豆球によって求めた振動図形を第14図および 第15図に示す。これらの図は第15図の写真に示すよ うな導体の振動記録を同一の図中に振動図形としてまと



注:数字は時間(単位0.1秒)を示す。
 ス パ ン 350 m 短絡電流(波高値)13,800~12,500 A
 スペーサ間隔 80 m 通 電 時 間 9.5~
 第 14 図 複導体送電線(水平配列)の短絡時の振動

9

昭和33年12月 電線ケーブル特集号(第4集) 日立評論 別冊第28号





向の運動であるためと考える。またそれゆえ, 下側導体 は蛇行しながら進む傾向があるとともに導体の動きは上

振 動 記 錄

注: 数字は時間(単位 0.1 秒)を示す。 スパン 350 m 短絡電流(波高値)16,000~13,300A スペーサ間隔 80 m 通電時間 9.5~10~

第15図 3導体送電線の短絡時の振動

めたものである。タイミングは 0.1 秒ごとに入れてある ので,記入してある電線の動きの順序を示す番号は単位 0.1 秒にすれば通電時からの時間を表わす。

図は短絡後数秒間に現われる振動であるが,その間の 各導体の示す最大振幅は,複導体においては水平動 1.18 m,上下動 0.62mに対し,3導体の場合はそれぞれ 0.79 m および 0.6m 以下の値である。衝突後,電流は遮 断し,電線の振幅は一時大きくなるが次第に減衰してい く。

3 導体逆三角配列の場合の各導体の運動は第15図よりわかるように上側2 導体は衝突後ほぼ対称的な振動軌跡を示している。衝突まで直線的に進み、その衝突位置は3 導体の形成する三角形の図心より上方に位する。次に下側の導体は通電と同時に蛇行しながら進み、上側2 導体の衝突にやや遅れて衝突する。このため衝突位置より反発することなく上方につき抜ける。すなわち、衝突位置が上方にある理由としては、上側導体が電線張力に抗して運動するのに対し、下側導体は弛度の減少する方 方に多いようすが見られる。以上のような線路正面より みた3導体の動きを同時に撮影したのが第16図である。 同図下図には電線真下より撮影した振動軌跡であるが, 線路に沿った動きはほとんどないことがわかる。これに 比して複導体の場合には線路方向の振揺運動がかなり認 められた。

次に高速度カメラに収めた複導体水平配列および垂直 配列の記録例を第17図および第18図に示す。それぞ れ水平および上下方向の振幅を表わしたものであり、ス ペーサ間隔80mを40mに変えても振幅にはほとんど変 化がなかった。これらの衝突時間はおのおの0.125秒お よび0.141秒であるのに対し、通電時間は0.147~0.149 秒と観測され、衝突は電流の切れる直前で行われたこと は確かである。

第19図は第18図の場合の下線に模擬スリートをつけ、短絡前(0.5秒)に落下させた時の電線のはね上りを示したものである。普通スリートジャンプの量は加重による弛度増加量の2倍程度といわれているが、短絡が同時に加わった場合は図よりわかるように下線は上線をこえ、その跳躍による振幅は短絡電流通電だけの場合のおよそ2倍の値を得ている。

7. 結 🕺 言

以上のように実際と同一規模で330 mm² ACSR の複 導体および3導体送電線,1スパン350mを建設し,こ

----- 10 ------



注: 第1表の実験番号 No.2 と同一実験条件 第17図 複導体水平配列の短絡時の衝突振動 (左右方向)



れに大なる短絡電流(14,000 A, 9~)を通電して得た 実験結果を総括すると次のようになる。

(1) 短絡による電線衝突時の衝撃力は複導体の場合 は約 400~800 kg の間にあると考えられる。水平配列に 比して垂直配列の衝撃力の方が大きく,スペーサ間隔の 長いほど大となる傾向が認められた。なおこれらの場合 電線の衝突速度は 4.2 m/s 以内であった。

(2) 3 導体の各導体間に働く衝撃力は複導体の場合 に比較して全般に低く,その値は 400 kg をこえない。

(3) 短線時のスペーサ応力は一般に圧縮側は引張側に比して高い値であり、荷重にして示すと、

複導体水平配列: 圧縮側,73~75kg,引張側,60~62kg 複導体垂直配列: 圧縮側,99~108kg,引張側,60~63kg 3導体逆三角配列: 圧縮側,42~57kg,引張側,36~52kg となる。これに模擬スリート落下実験を加えるとスペー サ応力の圧縮側は低く,引張側は高目にでる。

(4) スペーサのボールソケットの首振り運動は3 導体の短絡および模擬スリート落下時の場合には最大45度振れることが観測された。この運動は線路に直角な鉛直面内で起るが,線路に平行な鉛直面内の動きはきわめて少ない。スペーサを正しい姿勢に取り付ける作業上の工夫も必要であることが認められた。

注:第1表の実験番号 No.7 と同一実験条件 第18図 複導体垂直配列の短絡時の衝突振動 (上下方向)



注: 第3表の実験番号 No. 10 と同一実験条件 第19 図 複導体垂直配列の模擬スリート落下 および短絡時の電線の跳躍 (5) 複導体ならびに3導体の弛度最低点における短 絡による衝突振動の振動図形を求めることができた。各 導体の動きは3導体の場合は複導体に比べてかなり少な いことがわかった。また複導体垂直配列の下線に模擬ス リートをつけて行った落下実験の結果は下線の跳躍量は 短絡電流通電だけの場合に比較して約2倍増大すること を明らかにした。

(6) 以上短絡および模擬スリート落下の両者が同時 に行われた場合も、電線がたがいにからみあう現象はま ったく認められなかった。

終りに日立製作所日立研究所牧部長,日立電線株式会 社岩田,久本,福田,柿崎,星野,小形,永野,岡,大 和田,岡安,小野寺の諸氏ならびに御援助をいただいた 日立研究所遮断器研究室の関係各位に感謝する。

参考文献

- (1) 林: 電気公論 30, 916 (昭 29-10)
- (2) 武藤: 電学誌 74,686 (昭 29-6)
- (3) 竹下, 陶: 電力 36, 359, 437 (昭 27-5, 6)
- (4) 武藤, 大島他3名: 電力 40, 762 (昭 31-5)
- (5) R. Royart: CIGRE No. 234 (1954)
- (6) 荘田: 電力 38, 244 (昭 29-2)
- (7) 武藤,大島他3名: 昭和31年電気三学会連合大会434



---- 11 -----