

4 導体送電線の断線実験

The Cut Off Test for 4 Conductors Transmission Line

早坂 勝久*
Katsuhisa Hayasaka

山本 三郎**
Saburō Yamamoto

池田 健二***
Kenji Ikeda

内 容 梗 概

400 kV 級送電線の建設資料をうるために東京電力株式会社と日立電線株式会社との共同実験として日立電線株式会社日高工場敷地内において4 導体送電線の断線実験を行なった。この結果について報告する。

実験は昭和36年2月22日より3月17日までに行なわれた。試験送電線は全長520 mで耐張鉄塔1基、懸垂鉄塔1基、引留鉄柱6基から成り、330 mm² ACSR 4 導体2 回線を架線した。架線張力は最大使用張力1 条当り3,800 kgであった。実験は4 導体の同相中の任意の1 条または2 条を断線することと、3 連がい子連のうち1 連を切って、鉄塔、金具そのほかの影響を測定した。このような実規模での実験は世界でも初めてである。

1. 緒 言

400 kV 級送電線となるとコロナ損誘導障害などの理由から一般に4 導体方式が採用される。

東京電力株式会社においては、かねてから黒山試験線にて、4 導体送電線の架線工法などの研究を行なってきたり、昭和35年7月東京西線の約3 kmに275 kVの4 導体送電線を実現した。この送電線には日立式ジャンパ補強が採用されている。

しかし機械的問題についてはさらに検討を必要とする問題が数多く残っている。その中の一つとして断線時の諸現象がある。いままで送電線の断線事故はきわめてまれであるので、鉄塔、電線およびがい子装置の衝撃特性については単導体についてさえ実験例はきわめて少なく、資料もほとんどないといつてよい。

4 導体送電線の断線時の機械的特性をうるには、導体数が多く、鉄塔の構造や電線支持方式が複雑になるために、模型実験や静的荷重試験からの類推は非常に困難となる。したがって実規模での実験が必要となる。そこで日立電線株式会社日高工場敷地内に400 kV 級試験送電線を建設して実験を行なった。

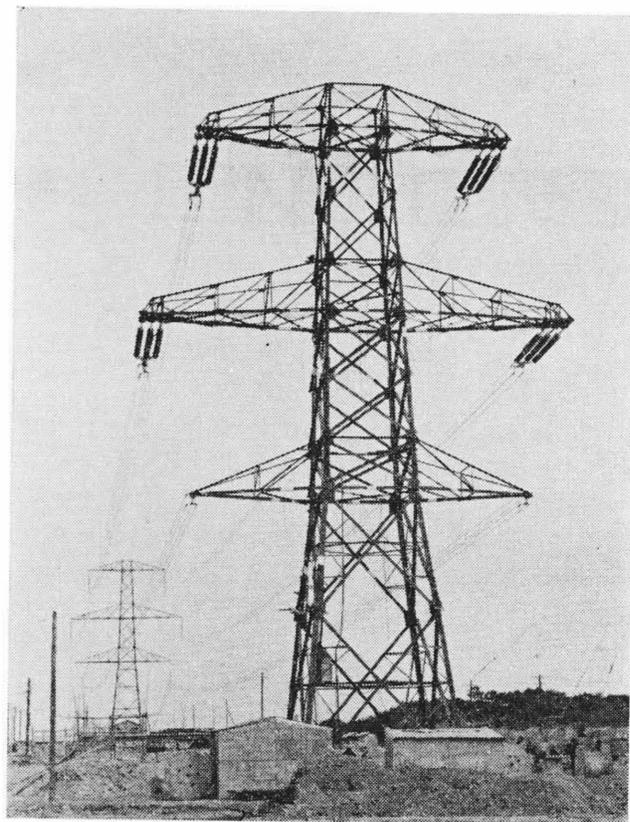
このような実規模での実験は世界でも例がなく、がい子連の破断実験のみドイツで行なわれている⁽¹⁾。

この実験には株式会社巴組鉄工所、日本鉄塔工業株式会社、旭可鍛鉄株式会社、株式会社日本可鍛鉄所、関東電気工事株式会社の5社が参加した。

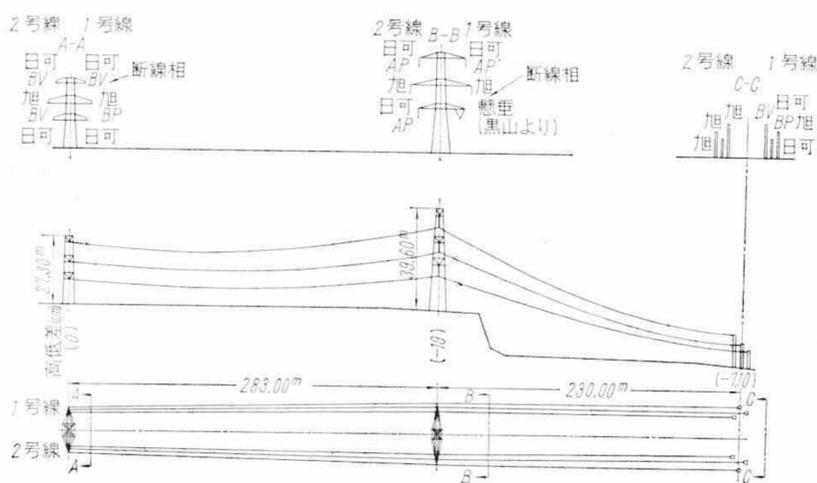
2. 試験送電線の概要

2.1 試験線路の概要

場 所	日立電線株式会社日高工場敷地内
全 長	約520 m
絶縁設計	460 kV
鉄 塔	D形引留鉄塔1基, A形懸垂鉄塔1基, 引留鉄柱6基
回 線 数	2
電 線	330mm ² ×4 ACSR
架線張力	最大使用張力3,800 kg×4
径 間 長	283 m, 23.5 m
がい子連	16.5 t, 規格250 mm ボールソケット懸垂がい子 25個, 耐張3連, 懸垂1連
金 具	
保証荷重	総合, 懸垂5 t, 耐張50 t



第1図 試験線の全景 (左側が1号線)



第2図 試験線線路図

形 式	1 連 懸 垂	水平2 導体方式(A P形)
	長幹V形懸垂	水平2 導体方式(A P形)
	3 連 耐 張	3 点支持水平2 導体方式(B P形)
	3 連 耐 張	3 点支持垂直2 導体方式(B V形)
	3 連 耐 張	1 点支持方式

第1図に試験送電線の全景を、第2図に試験線線路図を示す。引留鉄塔は275 kV 設計で、最大使用張力3,800 kg×4=15,200 kg で引き留め、ねじり偶力に対しては4 導体全線断線を想定し設計され

* 東京電力株式会社神奈川支店送電課長

** 日立電線株式会社電線工場 理博

*** 日立電線株式会社電線工場

第1表 測 定 点

測 定 場 所	準備点数	1 回 の 測 定 点 数		
		断 線	がい子連破断	V懸垂部断線
耐張部	鉄塔部材ひずみ	66	20	20
	鉄塔上の加速度	6	6	6
	金具のひずみおよび張力	85	9	19
懸垂部	鉄塔部材ひずみ	48	10	6
	鉄塔上の加速度	2	2	2
	金具のひずみおよび張力	46	10	18

ている。懸垂鉄塔は 460 kV 設計で 1 相の 4 導体の中の 2 条断線を想定し、張力変化は 60% の $3,800 \text{ kg} \times 2 \times 0.6 = 4,650 \text{ kg}$ として設計されている。

2.2 試 験 線 工 事

昭和 35 年 12 月 18 日着工し、昭和 36 年 1 月 20 日完成した。工事は関東電気工事株式会社によって行なわれた。架線工事の際、プレストレッチによる電線の伸びを測定した。330 mm² ACSR (約 520m) を 3 条あらかじめ 1,900kg に緊線し、この中の 2 条を 3,800kg にし、1 条は 1 時間後、他の 1 条は 2 時間後、1,900 kg に保持したものと同一たるみにしてその際の伸びを測定した。1 時間保持したもので 44mm (8.5×10^{-5})、2 時間保持したものは 72mm (1.4×10^{-4}) であった。架線後の 1 相当りの 1 昼夜の張力変化は約 ±600 kg であった。

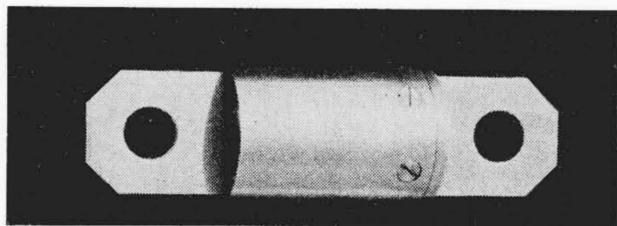
2.3 測 定

断線によって送電線が受ける影響を測定するために、ひずみ線式張力計、ひずみ線式加速度計およびひずみ計を準備し、その結果はすべて電磁オシログラムに記録した。測定点⁽²⁾は合計 253 点で 1 回の実験には 60 点測定した。第 1 表にこれを示す。このほか随時現象記録に 16 mm 高速度カメラ、16, 8 mm シネ撮影を行なった。

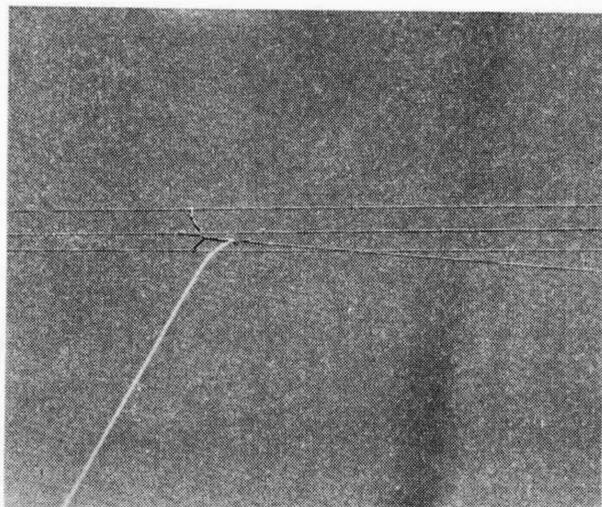
3. 実 験

実験は昭和 36 年 1 月 22 日より 3 月 17 日にわたり断線実験を 13 回、がい子連破断実験を 4 回、合計 17 回行なった。

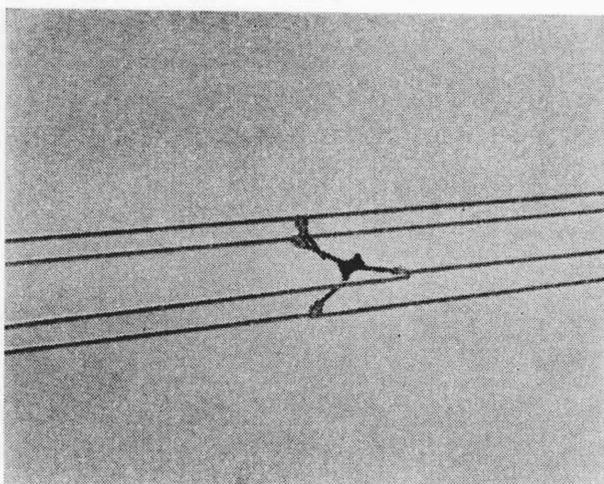
断線は 2 条断線時の同時性をよくするため火薬を用いた。第 3 図に断線器を示す。火薬の爆発力により 6 本のネジをせん断する。火



第 3 図 断 線 器



(a)



(b)

第 4 図 変形または破損したスペーサの例 (懸垂部下 1 条断線 実験番号 2-1)

第 2 表 断 線 実 験 日 程

実験番号	断 線 箇 所					実験月日
No. 1-1	耐張部	#1	上相	1 条	○ ○×	2/25
No. 1-2	耐張部	#1	上相	1 条	○ ○	2/27
No. 1-3	耐張部	#1	上相	2 条	○ ××	3/8
No. 1-4	耐張部	#1	上相	2 条	○ ×○	3/9
No. 1-5	耐張部	#1	上相	2 条	○ ○×	3/11
No. 1-5'	耐張部	#1	上相	2 条	○ ○×	3/12
No. 2-1	懸垂部	#1	中相	1 条	○ ○×	2/22
No. 2-1'	懸垂部	#1	中相	1 条	○ ○×	3/7
No. 2-2	懸垂部	#1	中相	1 条	○ ○	2/24
No. 2-3	懸垂部	#1	中相	2 条	○ ××	3/1
No. 2-4	懸垂部	#1	中相	2 条	○ ×○	3/3
No. 2-5	懸垂部	#1	中相	2 条	○ ○×	3/6
No. 3	V形懸垂部	#1	下相	2 条	× ○	3/13

第 3 表 がい子連破断実験日程

実験番号	破 断 場 所				実験月日	
No. 4-1	耐張部	#1	上相外 1 連	→ ×	日可	3/15
No. 4-2	耐張部	#2	上相中 1 連	→ ×	日可	3/15
No. 4-3	耐張部	#1	中相外 1 連	→ ×	旭可	3/17
No. 4-4	耐張部	#2	中相中 1 連	→ ×	旭可	3/17

薬は黒色火薬 40 g で点火には 6 号電気雷管を使用した。電気雷管の電源は乾電池で、これを各電磁オシロに入れて断線信号とした。

実験は断線実験、がい子連破断の順に行なった。

3.1 断 線 実 験

断線はすべて 1 号線で、耐張部では上相、懸垂部では中相および下相である。D 形鉄塔の倒壊モーメントは上相が最大であるため耐張部では上相とした。懸垂部では腕金の一番長い中相が A 形鉄塔のねじりモーメントが最大になるので中相を選んだ。懸垂部下相は長幹がい子 V 形懸垂装置を使用したためである。

断線位置は耐張部では耐張クランプ、懸垂部では引留鉄柱側約 5 m の点である。

衝撃の少ないと推定される懸垂部 1 条断線よりはじめ、耐張部 1 条断線、懸垂部 2 条断線、耐張部 2 条断線、長幹がい子 V 形懸垂部断線の順で行なった。日程を第 2 表に示す。当初計画した実験番号順となっている。表の × 印は断線条を示し、たとえば $\begin{matrix} \circ \\ \times \end{matrix}$ は下 2 条断線である。

耐張部懸垂部ともに同相中の下 1 条、上 1 条、下 2 条対角 2 条、縦 2 条断線の 5 種類、V 形懸垂部は上 2 条断線の 1 回のみである。また測定器の故障で耐張部懸垂部それぞれ 1 回を追加した。

3.2 がい子連破断実験

D 形鉄塔の耐張装置は上相が日本可鍛製、中相が旭可鍛製であるために、上中相とも 1 号線は外側 1 連破断、2 号線は中 1 連破断で日程を第 3 表に示す。

第 4 表 懸垂部下 1 条断線実験番号 2-1'A 形鉄塔部測定値

測定点	ゲージ 番号	較正 レンジ ($\times 10^{-6}$)	オ シ ロ 読 み						ひ ず み 量 変 換 値				振 動 周 期		
			較正高さ (mm)	時 差 (s)	第一波高 (mm)	最大波高		最終値 (mm)	第一波高 ($\times 10^{-6}$)	最大波高		最終値 ($\times 10^{-6}$)	小 波 (c/s)	大 波 (c/s)	
						⊕ 側 (mm)	⊖ 側 (mm)			⊕ 側 ($\times 10^{-6}$)	⊖ 側 ($\times 10^{-6}$)				
鉄 塔	K 119	200	13.6	0.02	+3.1	+3.1	-2.3	+0.5	+46	+46	-34	+ 7.4		0.41	
	K 120	200	11.0	0.02	+3.0	+4.1	-1.4	+0.9	+54	+75	-25	+16.4			
	K 121	200	12.2		+0.5	+1.5	-1.7	-0.2	+ 8.2	+24	-27	- 2.5			
	K 122	200	13.6	0.02	+0.4	+2.9	-2.8	-0.6	+ 5.9	+43	-41	- 8.8			
	K 123	200	18.1	0.02	-2.1	-0.2	-2.1	+0.1	-23	- 1.7	-23	+ 1.1			
	K 124	200	17.1	0.02	+0.9	+1.1	-0.9	-0.1	+11	+13	-11	- 1.2			
	K 125	300	23.5		+0.3	+1.5	-0.9	+0.3	+ 3.8	+19	-12	+ 3.2			3.1
	K 126	300	27.1		-0.7	+1.9	-2.3	-0.2	- 7.2	+21	-26	- 1.7			3.1
	K 127	300	23.6		+2.0	+2.1	-1.1	0	+25	+27	-14	0			9.6
K 128	300	23.7		+1.9	+3.6	-0.6	-0.1	+24	+46	- 7	- 0.6	9.6	0.42		
金 具	K 18	300	15.2	0.02	-2.0	+4.5	-2.4	0	- 39	+ 89	- 47	0			
	K 22	300	15.7	0.02	-0.9	+4.7	-6.3	+2.2	- 17	+ 90	-121	+42			
	K 23	300	16.7	0.02	-1.5	+2.9	-5.8	0	- 26	+ 52	-103	0			
加速度計	上アーム	3G	17.3		+2.7	+4.8	-3.8		+0.47G	+0.83G	-0.65G		3.05		
	中アーム	3G	8.7		-0.8	+3.6	-4.2		-0.28G	+1.2 G	-1.5 G		3.05		
懸垂張力	中 相	1,000	28.1		-9.0	+3.9	-15.7	-3.5	-0.67 t	+0.28 t	-1.2 t	-0.26 t		0.41	
中相電線張力	下 線	2.5 t	11.9	0.02	+1.2	+6.3	-3.1	+3.8	+0.24 t	+1.3 t	-0.65 t	+0.69 t		0.40	
	上 線	2.5 t	12.7	0.02	-0.8	+5.5	-2.2	+2.8	-0.15 t	+1.1 t	-0.43 t	+0.54 t		0.40	

第 5 表 懸垂部下 1 条断線実験番号 2-1'D 形鉄塔部測定値

測定点	ゲージ 番号	較正 レンジ ($\times 10^{-6}$)	較正高さ (mm)	オ シ ロ 読 み						ひ ず み 量 変 換 値				振 動 周 期	
				時 差 (s)	第一波高 (mm)	最大波高		最終値 (mm)	第一波高 ($\times 10^{-6}$)	最大波高		最終値 ($\times 10^{-6}$)	小 波 (c/s)	大 波 (c/s)	
						⊕ 側 (mm)	⊖ 側 (mm)			⊕ 側 ($\times 10^{-6}$)	⊖ 側 ($\times 10^{-6}$)				
鉄 塔	23	300	15.5		- 1.0	+ 1.6	- 1.0		- 19	+ 31	- 19				
	46	300	16.5		+ 2.2	+ 2.4	- 2.2		+ 40	+ 44	- 40				
	27	300	16.5		+ 1.1	+ 1.9	- 2.2		+ 20	+ 35	- 40				
	24	300	13.5		+ 1.0	+ 1.0	- 1.0		+ 22	+ 22	- 22				
	55	300	13.5		+ 2.0	+ 2.0	- 1.7		+ 44	+ 44	- 38				
	15	300	14.0		+ 4.7	+ 4.7	- 1.0		+107	+107	- 21				
	58	300	12.5		+ 1.0	+ 1.0	- 4.6		+ 24	+ 24	-110				
	6	300	13.5		- 0.5	+ 1.5	- 0.5		- 11	+ 33	- 11				
	56	300	13.5		- 2.0	+ 1.1	- 2.0		- 44	+ 24	- 44				
	5	100	10.5	0.075	+ 2.0	+ 2.0	- 3.6	0	+ 19	+ 19	- 34	0			
	29	100	10.4	0.068	+ 9.0	+10.1	- 1.5	+2.1	+ 87	+ 97	- 14	+ 20			
	57	100	10.4	0.068	- 2.0	+ 6.5	- 2.0	+1.7	- 19	+ 63	- 19	+ 16			
	38	100	9.5	0.068	- 0.5	+ 1.0	- 0.5	-0.3	- 5.3	+ 11	- 5.3	- 3.8			
	64	100	11.1	0.104	+ 1.0	+ 1.0	- 1.0	0	+ 9.0	+ 9.0	- 9.0	0			
	35	100	11.7	0.104	+ 1.0	+ 1.6	- 1.0	0	+ 8.5	+ 14	- 8.5	0			
	53	100	11.5	0.068	+18.9	+21.6	- 3.0	+5.0	+164	+188	- 26	+ 44			
	31	100	12.4	0.090	- 0.3	+ 1.5	- 0.3	+1.0	- 2.4	+ 12	- 2.4	+ 8.1			
	61	100	12.2	0.080	- 1.0	+ 2.6	- 1.9	0	- 8.2	+ 21	- 16	0			
金 具	T37	10 t	31.1	0.063	-12.7	+ 1.5	-12.7	- 6.9	-4.1 t	+0.5 t	-4.1 t	-2.2 t		0.49	
	T40	100	11.3	0.063	-11.0	+ 8.7	-11.0	0	-4.1 t	+3.1 t	-4.1 t	0 t			
	T36	100	11.0	0.063	- 3.8	+ 1.1	- 4.5	- 2.0	-34	+10	-41	-18			
	T38	100	10.1	0.063	- 2.5	+ 3.5	- 2.5	- 1.6	-25	+35	-25	-16			
	T'37	100	10.7	0.063	- 1.6	+ 4.2	- 4.0	- 1.6	-0.13 t	+0.36 t	-0.35 t	-0.13 t			
	T37	200	1.62		- 3.0	+ 0.2	-4.50	-1.25	-3.6 t	+0.24 t	-5.5 t	-1.5 t			
	T40	200	4.5		-2.15	+1.75	-2.15	+ 0.5	-3.8 t	+3.1 t	-3.8 t	+0.7 t			
	T45	200	10.1		- 4.9	- 2.3	- 7.0	- 5.0	-97	-46	-138	-99			
	T41	200	10.25		- 0.3	+0.45	- 0.3	0	-5.8	+8.8	-5.8	0			
	T44	200	9.9		- 4.3	+2.25	- 4.3	-1.45	-87	+45	-87	-29			
	T35	200	10.0		- 3.7	+ 1.0	-4.25	- 1.6	-74	+20	-85	-32			
	加速度計	A-1	2,000	12.0	0.08	+ 5.7	+ 6.5	- 5.8		+0.78G	+0.88G	-0.79G			
A-2		3,000	18.8	0.08	+ 3.3	+ 6.5	- 6.9		+0.43G	+0.85G	-0.9 G				
A-3		2,000	12.0	0.07	-16.0	+13.1	-16.0		-2.2 G	+1.8 G	-2.2 G				
A-4		3,000	19.0	0.08	- 7.0	+ 6.3	- 7.0		-0.90G	+0.81G	-0.9 G				
A-5		3,000	18.7	0.08	- 1.1	+ 4.2	- 3.0		-0.14G	+0.55G	-0.39G				
A-6		2,000	11.5	0.08	- 3.5	+ 4.8	- 4.3		-0.50G	+0.68G	-0.61G				

4. 測定結果とその考察

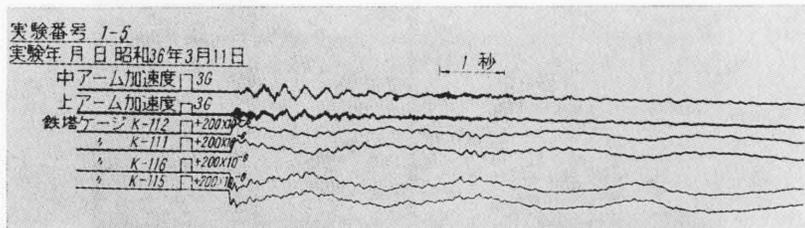
がい子連破断実験を除いて、断線相のスペーサは全数変形または破損した。その一例を第 4 図に示す。断線による衝撃力はスペーサによってある程度緩和されて、断線部から遠い鉄塔ではスペーサの破損が大きいほど影響が少なかった。

測定記録の例が第 5 図であるが、これらを整理した例を第 4~6 表に示す。第 4, 5 表は懸垂部下 1 条断線実験番号 2-1'の結果で、第 6 表は A 形鉄塔腕金先端の加速度について、17 回にわたる実験の結果をまとめたものである。

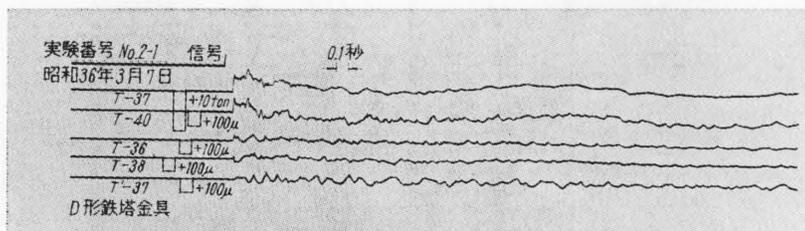
断線の衝撃による断線相の耐張部における張力変化は、2 条断線では 1 条断線の場合の約 2 倍で、同じ条件のものでも耐張部断線の

第6表 A形鉄塔腕金先端の加速度

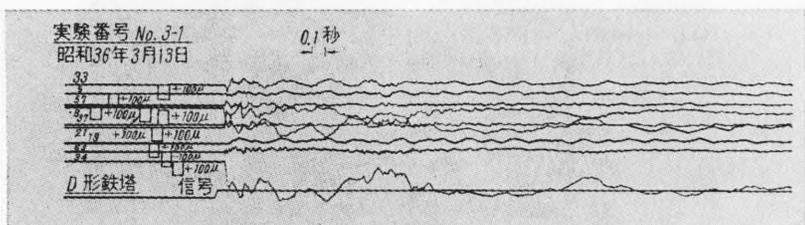
断線場所	実験番号	加速度計取付位置	較正レンジ ($\times 10^{-6}$)	較正高さ (mm)	オシロ読み			加速度変換値			振動周期 f (c/s)	$(2\pi f)^2$	線路方向の横振れ振幅			備考
					第一波高 (mm)	最大波高		第一波高 (G)	最大加速度				第一振幅 (mm)	最大振幅		
						\oplus 鉄柱側 (mm)	\ominus D鉄塔側 (mm)		\oplus 鉄柱側 (G)	\ominus D鉄塔側 (G)				\oplus 鉄柱側 (mm)	\ominus D鉄塔側 (mm)	
D形鉄塔付近の1号線上相	1-1	1号線上腕金先端	3G	29.0	+2.6	+21.3	-14.2	+0.27	+2.2	-1.5	3.21	407	+6.5	+53.0	-35.4	○ ○
		1号線中腕金先端	3G	17.2	-0.3	+4.7	-5.5	-0.044	+0.81	-0.96	3.21	407	-1.1	+19.6	-23.2	○ ×
	1-2	1号線上腕金先端	3G	7.1	+0.8	+6.0	-4.7	+0.34	+2.5	-2.0	3.06	370	+9.0	+67.2	-53.0	○ ×
		1号線中腕金先端	3G	20.8	+0.2	+8.6	-7.7	+0.022	+1.3	-1.1	3.06	370	+0.58	+34.0	-29.5	○ ○
	1-3	1号線上腕金先端	3G	6.1	+1.5	+6.8	-6.6	+0.74	+3.4	-3.2	3.02	359	+20.3	+92.1	-88.6	○ ○
		1号線中腕金先端	3G	11.0	-0.2	+7.4	-5.9	-0.055	+2.2	-1.6	3.02	359	-1.5	+58.7	-44.9	× ×
	1-4	1号線上腕金先端	3G	6.8	+1.9	+7.3	-5.9	+0.82	+3.2	-2.6	3.09	377	+20.7	+83.8	-68.2	○ ×
		1号線中腕金先端	3G	11.8	-0.3	+7.9	-8.0	-0.067	+2.1	-2.2	3.09	377	-1.8	+55.3	-55.1	× ○
	1-5	1号線上腕金先端	3G	7.9	+0.7	+5.6	-5.3	+0.27	+2.1	-2.0	3.10	380	+6.9	+54.4	-51.4	○ ×
		1号線中腕金先端	3G	12.4	-0.3	+6.1	-6.6	-0.061	+1.5	-1.6	3.10	380	-1.6	+38.0	-41.2	○ ×
1-5'	1号線上腕金先端	3G	7.9	+0.6	+5.6	-3.9	+0.21	+2.1	-1.5	3.29	428	+4.8	+49.1	-33.7	○ ×	
	1号線中腕金先端	3G	11.8	-0.4	+6.2	-6.6	-0.10	+1.6	-1.7	3.29	428	-2.3	+35.8	-38.4	○ ×	
A形鉄塔付近の1号線中相	2-1	1号線上腕金先端	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○ ○
		1号線中腕金先端	1,000	51.1	-9.6	振切れ	振切れ	-0.21	振切れ	振切れ	3.15	391	-2.4	振切れ	振切れ	○ ×
	2-1'	1号線上腕金先端	3G	17.3	+2.7	+4.8	-3.8	+0.47	+0.83	-0.65	3.05	368	+12.5	+22.0	-17.4	○ ○
		1号線中腕金先端	3G	8.7	-0.8	+3.6	-4.2	-0.28	+1.2	-1.5	3.05	368	-7.4	+31.9	-38.6	○ ×
	2-2	1号線上腕金先端	1,000	5.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○ ×
		1号線中腕金先端	3,000	25.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○ ○
2-3	1号線上腕金先端	3G	14.3	-0.2	+4.8	-5.0	-0.031	+1.0	-1.1	3.09	378	-8.3	+28.5	-27.6	○ ○	
	1号線中腕金先端	3G	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	× ×	
2-4	1号線上腕金先端	3G	15.1	-0.4	+5.5	-4.3	-0.08	+1.1	-0.84	3.07	373	-2.1	+28.5	-22.2	○ ×	
	1号線中腕金先端	3G	5.6	-2.0	+4.3	-5.9	-1.1	+2.3	-3.2	3.07	373	-28.7	+60.0	-83.2	× ○	
2-5	1号線上腕金先端	3G	15.7	-0.4	+6.2	-4.9	-0.076	+1.2	-0.94	3.31	433	-1.7	+26.7	-21.3	○ ×	
	1号線中腕金先端	3G	6.9	-0.7	+4.5	-4.2	-0.31	+2.0	-1.8	3.31	433	-6.9	+44.9	-41.2	○ ×	
A形Vつりがい子	3-1	1号線中腕金先端	3G	12.0	-0.3	+2.7	-3.2	-0.063	+0.67	-0.81	—	—	—	—	—	× ×
		1号線下腕金先端	3G	7.5	+0.5	+4.5	-8.7	+0.20	+1.8	-3.5	—	—	—	—	—	○ ○
D形鉄塔耐張がい子連破断	4-1	1号線上腕金先端	3G	7.9	-0.3	+6.7	-6.8	-0.096	+2.6	-2.6	3.04	365	-2.6	+68.8	-69.3	→ ×
		1号線中腕金先端	3G	11.9	-0.2	+2.3	-2.9	-0.05	+0.57	-0.73	3.04	365	-1.3	+15.2	-19.7	→ ×
	4-2	1号線上腕金先端	3G	13.1	+0.4	+6.4	-10.3	+0.080	+1.5	-2.4	3.06	369	+2.1	+38.6	-62.4	→ ×
		1号線中腕金先端	3G	14.5	+0.6	+2.1	-1.4	+0.12	+0.44	-0.29	3.06	369	+7.6	+11.6	-77	→ ×
4-3	1号線上腕金先端	3G	31.0	-0.2	+6.7	-8.0	-0.02	+0.64	-0.77	3.12	383	-0.5	+24.1	-28.9	→ ×	
	1号線中腕金先端	3G	20.9	+0.7	+14.4	-9.2	+0.10	+2.1	-1.3	3.12	383	+2.6	+53.0	-33.8	→ ×	
4-4	1号線上腕金先端	3G	31.4	+0.5	+7.3	-6.2	+0.28	+0.70	-0.59	3.12	383	+7.1	+17.8	-15.2	→ ×	
	1号線中腕金先端	3G	26.6	-0.3	+9.9	-9.2	-0.28	+1.1	-1.0	3.12	383	+7.2	+28.5	-26.5	→ ×	



(a) 耐張部縦2条断線(実験番号1-5)のA形鉄塔加速度計および鉄塔のひずみ



(b) 懸垂部下1条断線(実験番号2-1')D形鉄塔電線張力および金具



(c) 長幹がい子V形懸垂部断線(実験番号3-1)D形鉄塔加速度計

第5図 記録したオシログラムの例

ものは懸垂部断線のものの約1.5倍になっている。この張力変化はすべて負で約0.1秒後上昇を始める。断線相の懸垂がい子連の張力

第7表 断線の衝撃による断線相の張力変化

耐張部断線			懸垂部断線				
実験番号	耐張部電線張力	懸垂がい子連張力	実験番号	耐張部電線張力	懸垂がい子連張力		
1-1	○ ○ ○ ×	-7.8 t	-1.7 t	2-1	○ ○ ○ ×	—	-0.63 t
1-2	○ × ○ ○	-7.4 t	-1.9 t	2-1'	○ ○ ○ ×	-4.1 t	-0.67 t
1-3	○ ○ × ×	-14.8 t	-2.5 t	2-2	○ × ○ ○	-6.8 t	-0.98 t
1-4	○ × × ○	-15.0 t	-2.5 t	2-3	○ ○ × ×	-9.7 t	-1.6 t
1-5	○ × ○ ×	-14.0 t	—	2-4	○ × × ○	-7.9 t	-1.8 t
1-5'	○ × ○ ×	-13.0 t	-2.2 t	2-5	○ × ○ ×	-9.2 t	-1.7 t

変化は耐張部断線の場合のほうが大きい。

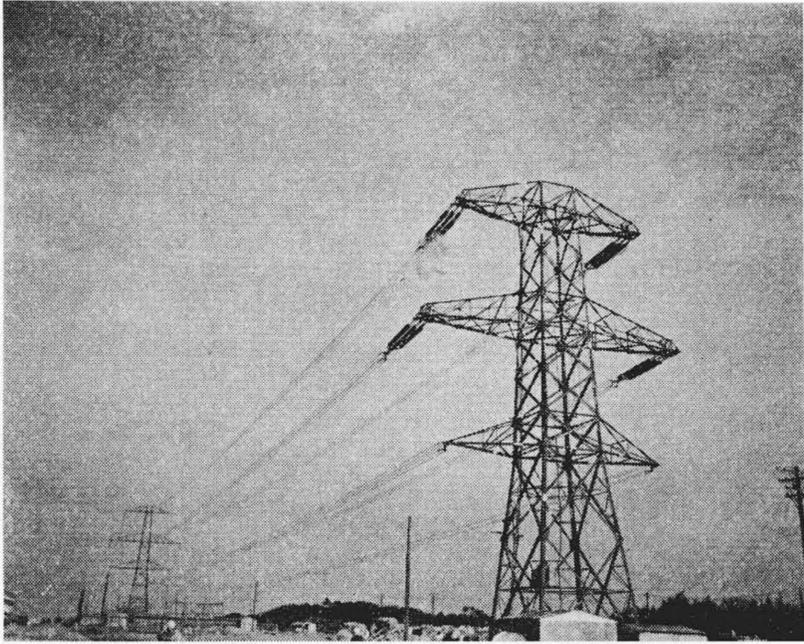
これらを第7表に示す。

3連がい子連の各連の張力変化は、上下振動を起こすものたとえば下2条断線では位相が同じで最大値は小さいが、水平振動あるいはねじりを起こすものたとえば縦2条や1条断線では左右のがい子連で位相が反対となり最大値も大きい。

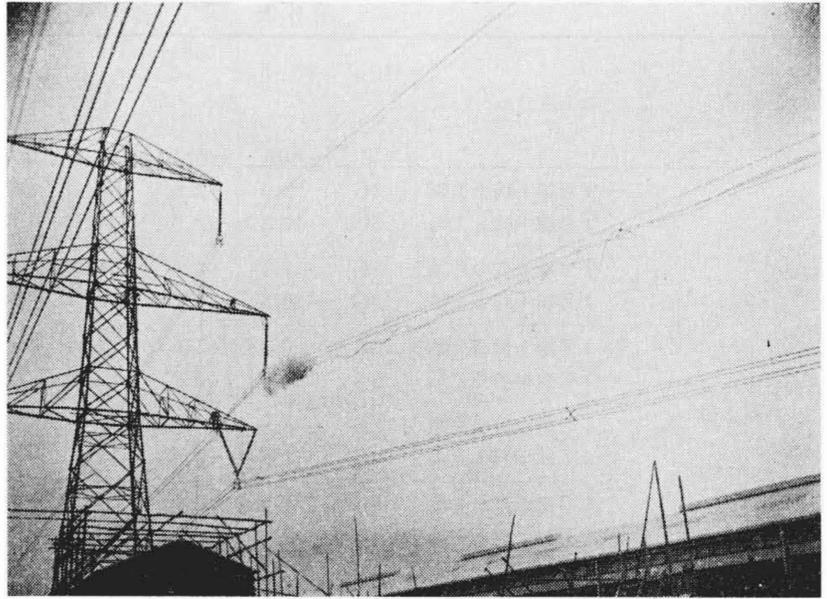
鉄塔の振動は一般に断線点より遠い鉄塔が大きい。

4.1 耐張部断線

1条断線では上1条、下1条ともD形鉄塔では張力変化や鉄塔部材のひずみ量は差がないが、A形鉄塔の懸垂がい子連張力や加速度を比較すると上線の断線の場合の影響が大きい。これは懸垂クラ



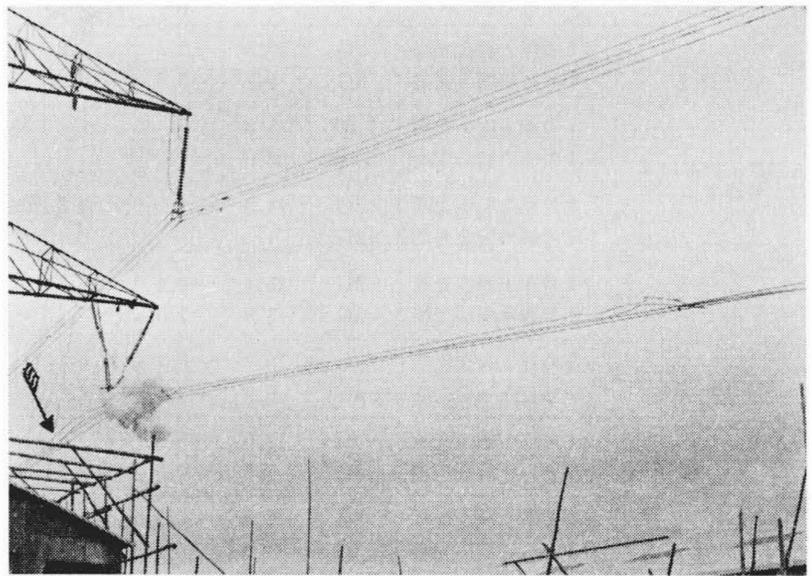
第 6 図 耐張部下 1 条断線 (実験番号 1-1)



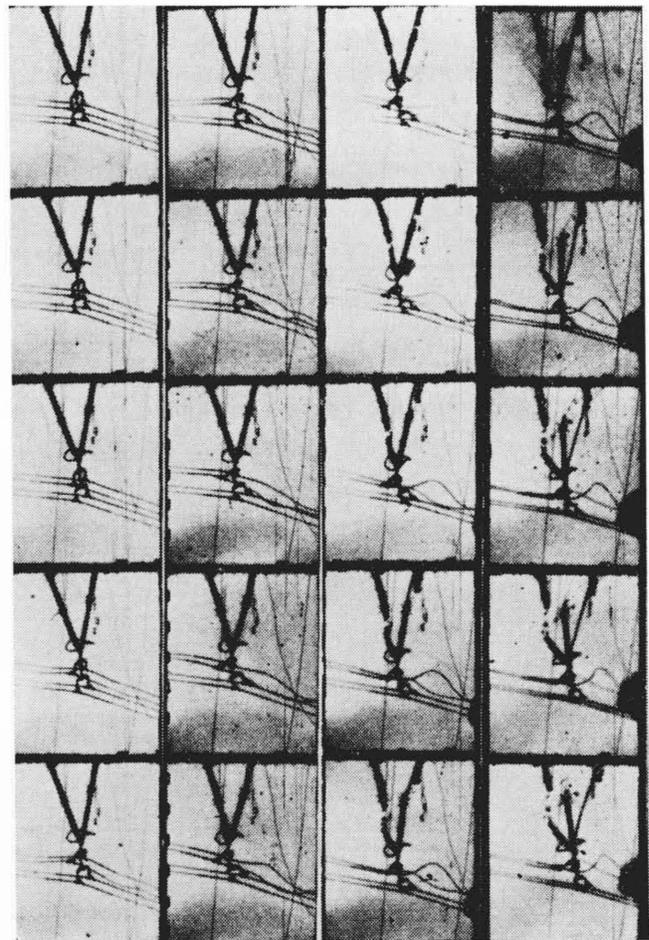
第 8 図 懸垂部対角 2 条断線



第 7 図 耐張部縦 2 条断線 (実験番号 1-5)



第 9 図 長幹がい子 V 形懸垂部断線
(断線時の衝撃波が矢印の所まで進んでいる)



第 10 図 長幹がい子 V 形懸垂部断線
(左上から右下へ)

ソブの位置が異なるために力のかかり方に違いがでていると考えられる。

張力変化は -7.8 t と -7.4 t で架線張力の約 2 倍であり、瞬間的に 2 条分の張力がなくなったことを示している。断線の瞬間の写真を第 6 図に示す。

2 条断線では、D 形鉄塔部では対角 2 条、下 2 条、縦 2 条断線の順、A 形鉄塔では、下 2 条、対角 2 条、縦 2 条断線の順で、スペーサの破損状況からみると縦 2 条、対角 2 条、下 2 条断線の順に影響が小さくなっている。すなわち A 形鉄塔ではスペーサがこわれないうちに変形の大いものほど大きく、スペーサが全部破損したものがいちばん小さい。これはスペーサの衝撃力の吸収の大小によるものと考えられる。第 7 図は縦 2 条断線の瞬間である。

電線張力は 4 条分 (約 15 t) 瞬間的に減少する。すなわち 4 条断線と同じ衝撃が加わったことになる。この現象は $0.1\sim 0.15$ 秒継続した。

4.2 懸垂部断線

1 条断線の場合、断線相の張力変化は上 1 条のものが大きい。断線点での残りの電線が断線した 1 条分の張力を一時的に分担しているような現象を示している。懸垂金具でヨークを連結する金具はボールソケット形を使用したほうがよいことがわかった。

2 条断線では耐張部の張力変化は約 3 条分で大差はないが、D 形鉄塔の振動は下 2 条断線がいちばん小さい。A 形鉄塔の振動は対角

2 条が最大で縦 2 条、下 2 条の順であった。第 8 図は対角 2 条断線の瞬間である。

以上の断線実験を通じて鉄塔部材のひずみの最大値は 530×10^{-6} で、金具ではゲージの破損したものもあった。

4.3 長幹がい子V形懸垂部断線

長幹がい子は7A胴径80mm, 3本連結でV角度は45度, 東京電力黒山試験線から移設したものである。275kV 2 導体用のものであるが、準備の都合上用いた。

第9図が断線の瞬間, 第10図は8mmシネで撮影したものである。長幹がい子は6本のうち3本が破損し電線は落下した。破損したがい子のひずみは $1,040 \times 10^{-6}$ 以上で、健全がい子では 600×10^{-6} 以下であった。第11図は破損の状況である。4 導体送電線では胴径125mmのものが推奨されている。

4.4 がい子連破断実験

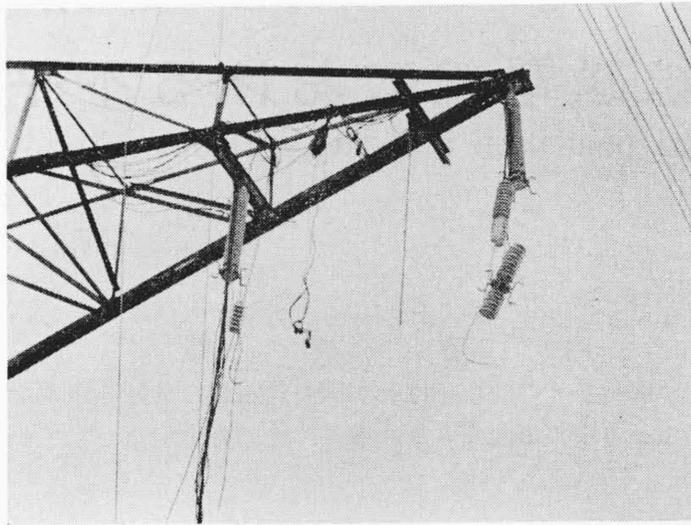
外側1連破断ではドイツの例⁽⁴⁾によると中1連が一時的に全荷重を受けているが、本実験では残った外連が受ける荷重が2回とも大きかった。ドイツのものは長幹がい子を使用していることと、金具の構造が異なることも考慮する必要がある。第12図は1号線上相外1連破断実験である。上相(日本可鍛製)と中相(旭可鍛製)を比較すると破断の際の移動量が大きい上相のほうが影響が小さい。日本可鍛製は84mm, 旭可鍛製では40mm移動する。移動量の少ない旭可鍛製では外側1連の第1衝撃がプラスにでている。これらは電線の弾性伸びと金具の移動量との関係から表われる現象であろう。断線によるがい子連の動揺は非常に大きく、そのため残りのがい子連の張力変化は同位相にはならないばかりか外側の1連は上相の場合+14t, 中相で+17.5tと異常な張力の増大を示し、電線総合張力の2倍以上にもなっている。

中1連破断では外1連破断に比べ影響は非常に少ない。またがい子連破断を通じて、破断の衝撃によるがい子の破損はなかった。がい子連破断実験は実験数が少ないので、詳細な資料が得られなかった。

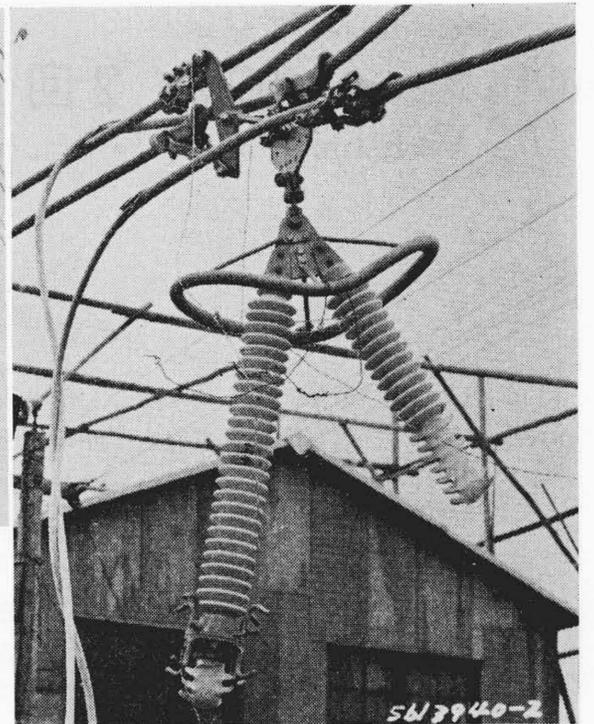
5. 結 言

以上で4 導体断線実験の報告を終るが、この実験が示すように2 条断線までは現行設計で行なった鉄塔およびがい子装置はなんらの異常を呈しなかった。

なお3 連耐張装置のがい子連破断実験は日本可鍛株式会社, 旭可鍛株式会社でさらに行なわれているので適確な報告を期待してよ

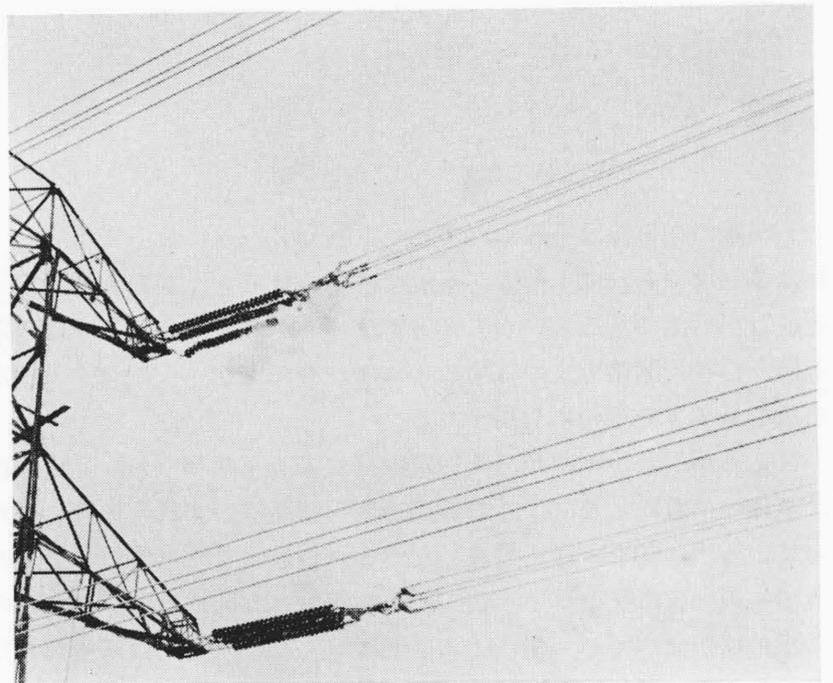


(a)



(b)

第11図 破損した長幹がい子



第12図 がい子連破断 実験番号 4-1

いであろう。

この実験を計画し終始ご指導を賜った東京電力株式会社関係者各位ならびに実験に参加された株式会社巴組鉄工所, 日本鉄塔工業株式会社, 株式会社日本可鍛鉄所, 旭可鍛鉄株式会社, 日立電線株式会社の関係者各位に深く感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) G. Hilgarfb: E. T. Z.-A 81, (20/21) 749~754 (26, Sept. 1960)
- (2) 細谷, 柏村, 山岸: 電力 45 (13) 1962~1973 (昭 36-12)