

アルミ被高ガス圧ケーブルの諸特性

Characteristics of Aluminum Sheathed High Pressure Gas Filled Cables

今井敏雄* 小石原進*
Toshio Imai Susumu Koishihara
富田一男* 池田忠禧*
Kazuo Tomita Chuki Ikeda

内 容 梗 概

セルフコンテーン形の高ガス圧ケーブルはおもにイギリスにおいて発達してきたものであるが、最近のアルミ被押出し技術の確立によって軽量、安価でよりすぐれた特性のケーブルを製造することが可能になり、各国でこの種のケーブルの特長を一段と生かした使い方が考えられている。

本稿は、33 kV 3×160 mm² および 66 kV 3×160 mm² アルミ被高ガス圧ケーブル試作品の諸特性について検討した結果を述べたものである。この結果、本試作品の特性は、諸外国の同種のケーブルと比較してなんら遜色のないものであることが判明した。さらに架空ケーブルとして設計された 66 kV ケーブルについては架線実験を行なったがその結果は良好であり、かつこの実験を通じてこの種のケーブルの架線に関して貴重な経験を得ることができた。

1. 緒 言

ここで、高ガス圧ケーブルと呼ぶものは、動作圧力 14 kg/cm² ゲージ圧のセルフコンテーン形高ガス圧ケーブルを指す。

アルミ押出し技術の確立された今日、高ガス圧ケーブルに関する諸外国の情勢には特筆すべきものがある。これらの諸外国の情勢にかんがみ、日立電線でもアルミプレスの新設を契機として、33 kV 3×160 mm² および 66 kV 3×160 mm² のアルミ被高ガス圧ケーブルの試作、ならびに諸特性の検討を開始した。

検討すべき特性としては、次のようなものがある。33 kV 3×160 mm² アルミ被高ガス圧ケーブルに対しては

電気特性 わく長試験、インパルス試験、交流長時間耐圧試験
誘電正接試験、強制劣化試験、交流実効抵抗の測定
機械特性 EI の測定、Uベンド試験、振動試験、マンホール試験

66 kV 3×160 mm² アルミ被高ガス圧ケーブルに対しては

架線特性 架線実験、架線されたケーブルの熱伸縮の問題と振動の問題
電気特性 わく長試験、インパルス試験、交流長時間耐圧試験
誘電正接試験、交流実効抵抗の測定
機械特性 33 kV ケーブルと同様

交流実効抵抗の測定および機械特性は、アルミ被ケーブル全般に関するものであり別途報告しているので⁽¹⁾ ここではおもに、すでに試験の完了している 33 kV ケーブルの電気特性（強制劣化試験を除く）および 66 kV ケーブルの架線実験について報告したい。同時に、本試作検討の指針とした諸外国の高ガス圧ケーブルについても、その概要を併せて報告したい。

2. 諸外国の高圧ガス圧ケーブルの概要

高ガス圧ケーブルはほとんどがイギリスを中心に発達してきたものであり⁽¹⁾、BICC の「Impregnated Pressure Cable」⁽²⁾、W. T. Glsvet and Co., Ltd. 「Gas-Filled Cable」⁽³⁾⁽⁴⁾、W. T. Henlay の「Gas Cushion Cable」⁽⁵⁾ などがその代表的なものである。

イギリスおよびイギリス系の国々では、これらのケーブルは、わが国における OF ケーブルと同様に 33～132 kV の系統に広く使用されている。たとえば「Impregnated Pressure Cable」の場合に

*● 日立電線株式会社日高工場

は、1940～1952 の 12 年間のイギリス本土における延べ布設長は、約 260,000 yds (約 240 km) に及び、「Gas-Filled Cable」の場合には、1937～1957 の 20 年間のイギリス本土における延べ布設長、約 395,000 yd⁽³⁾ (約 360 km)、イギリス以外の諸外国における延べ布設長は約 283,000 yd⁽³⁾ (約 260 km) にも及んでいる。さらに最近では、275 kV、380 kV 級の高ガス圧ケーブルが研究されている⁽⁶⁾。また、イギリス以外の国、たとえば、おもにパイプラインケーブル、OF ケーブルなどが広く使用されているドイツ、フランス、アメリカなどにおいても、高ガス圧ケーブル独自の特長に目を向け、研究が進められている。

これらの高ガス圧ケーブルは、原理的には油浸紙絶縁体にじかに封入された窒素ガスに約 14 kV/cm² ゲージ圧の圧力を印加して絶縁体中のボイドのイオン化開始電圧を高めたものであり、一般に金属シース内にガス通路を備えている。

油浸紙絶縁体の種類としては「Impregnated Pressure Cable」および「Gas Cushion Cable」のように Mass-impregnate されたものと、「Gas Filled Cable」のように Pre-impregnate されたものがあるが、その特性には大差がない。

ケーブルの絶縁設計の基本は絶縁厚の決定であり、これは使用電圧のもとにおける最大電位傾度、およびインパルスに対する強度をいくらに採るかということによって決定される。また使用電圧のもとにおける最大電位傾度をいくらに採るかということは、絶縁体のイオン化開始電位傾度に対する余裕をいくらに採るかということによって決まる。高ガス圧ケーブルにおいては、ガス圧を印加することによってイオン化開始電位傾度は大幅に改善されているが、インパルスに対する強度はあまり改善されていないので、絶縁厚は大部分がインパルスによって決まってくる。最近では絶縁厚を薄くするためにインパルスに対する絶縁レベルを低くとうとする傾向がある。さらに絶縁油の発達、ならびに高密度薄紙による絶縁体グレージングの発達などによって絶縁厚はますます薄くなる傾向にある。したがってケーブルの静電容量は増大し、開閉サージに対する条件は従来よりも過酷になってきている。このような観点から諸外国においてはこの種のケーブルの開閉サージに対する強度についても検討が進められつつある⁽⁹⁾。

第 1 表に、現在イギリスで標準とされている使用電圧のもとにおける最大電位傾度とインパルス試験電圧のもとにおける最大電位傾度との関係を示す⁽²⁾⁽⁶⁾。さらに現在のイギリスにおける各種ケーブ

第 1 表 使用電圧の下における最大電位傾度とインパルス試験電圧の下における最大電位傾度との関係（イギリス）

使用電圧 (kV)	インパルス 試験電圧 (kV)	インパルス試験および使用電圧の下における 最大電位傾度 (kV/mm)				
		8.5	9.35	10.0	11.0	12.0
33	194	86.0*	—	—	—	—
66	342	—	80.0*	90.0†	—	—
132	640	—	—	84.0*	93.0†	—
275	1,050	—	—	—	73.0*	79.0†

* 参考文献（2）

† 参考文献（5）

第 2 表 各種ケーブルの導体の最高使用温度(℃)(イギリス)

ケーブル種別	使用電圧(kV)	33	66	132	275	380
高ガス圧ケーブル（IP）		85	85	85	85	80
高ガス圧ケーブル（GF）		85	85	85	80	80
OF ケーブル		85	85	85	85	80
パイプ形ガスコンプレッ ションケーブル		85	85	85	85	85

第 3 表 使用電圧の下における各種ケーブルの最大電位傾度 (kV/mm)（イギリス）

ケーブル種別	使用電圧(kV)	33	66	132	275	380
高ガス圧ケーブル（IP）		8.5～	9.35～10.0	10.0～11.0	11.0～	11.0～
高ガス圧ケーブル（GF）		7.5～	8.5～10.0	9.35～10.0	11.0～12.0	11.0～12.0
OF ケーブル		—	8.5～10.0	9.35～10.0	11.0～15.0	11.0～15.0
パイプ形ガスコンプレッ ションケーブル		—	9.35～10.0	10.0～11.0	11.0～15.0	11.0～15.0

第 4 表 補強鉛被高ガス圧ケーブルとアルミ被高ガス圧ケーブルとの重量比較表（イギリス）

使用電圧 (kV)	線 心 数	導体断面積 (Sgin)	*補 強 鉛 被 ケーブル重量 (CWt/1,000yd)	†アルミ被 ケーブル重量 (CWt/1,000yd)	アルミ被 補強鉛被 (%)
33	単 心	0.1	67	23	35
		1.0	242	149	62
	3 心	0.1	158	69	44
		0.4	339	205	61
66	単 心	0.1	85	32	38
		1.0	256	159	62
	3 心	0.1	234	101	44
		0.3	358	187	53
132	単 心	0.2	181	78	43
		1.0	314	187	60
	3 心	—	—	—	—
		—	—	—	—

* ビチューメンラバーサンドウイッチ防食

† PVC防食

ルの最高使用温度、および使用電圧のもとにおける最大電位傾度を、それぞれ第 2 表、および第 3 表に示す^{(1)～(3)(6)}。

金属シースとしては従来は純鉛が用いられていたが、最近では耐疲労性、耐クリープ性などのすぐれた合金鉛の使用が目だって多くなっている。しかし 14 kg/cm² ゲージ圧の内圧に耐えるためには、これらはいずれも非常に強い補強層を必要とする。

ところが最近になってアルミ被押し出しおよびその波付加工の技術が確立され、アルミ被ケーブル量産化の体制が整った。周知のようにアルミ被ケーブルは機械的特性が特にすぐれているため、高ガス圧ケーブルにおいても、もはや補強層を必要としなくなった。その結果ケーブルの価格は大幅に低減し、かつケーブルの重量は約 50 % 近くも減少した。一例として、補強鉛被高ガス圧ケーブルとアルミ被高ガス圧ケーブルの重量比較を第 4 表に示す⁽²⁾。この軽量、安価である特長を生かしてアルミ被高ガス圧ケーブルは架空ケーブル

第 5 表 アルミ被高ガス圧ケーブルの構造

		単 位	33kV アルミ被高ガス圧ケーブル	66kV アルミ被高ガス圧ケーブル
使 用 電 圧		kV	33	66
線 心 数		—	3	3
導 断 面 積		mm ²	160	160
	形 状	—	圧 縮 扇 形	圧 縮 扇 形
絶 縁 厚*		mm	3.0	6.0
ガ ス 通 路		—	鉛 管 (1本)	鉛 管 (1本)
バ イ ン ダ		—	銅 線 入 金 巾	銅 線 入 金 巾
アルミ被	波付平滑の別	—	波 付	平 滑
	厚 さ	mm	1.4	1.8
ア ル ミ 被 外 径		mm	51.1	57.0
防 食 層	材 質	—	PVC	PVC
	厚 さ	mm	2.5	2.5
概 算 外 径		mm	58	64
概 算 重 量		kg/km	7,430	9,630

* 遮へい用カーボン紙または金属化成紙の厚さを含む

としても使用されている。

たとえばアメリカでは、Long Island Lighting Co. の系統において 69 kV 3×800 MCM (400 mm²) アルミ被高ガス圧架空ケーブルが使用された。新設線路は、交通量の非常にはげしい郊外、商店街および学校、ガスステーションなどのある中心地を通るものであり、普通の架空線を建設する余地はなく、またパイプラインなどの地中線路を建設するには経費がかさみすぎるという事情にあった。このような系統に架空ケーブルを採用することによって、建設費は 50 % も節約され、結果はきわめて良好であったと報告されている⁽⁸⁾。

高ガス圧ケーブルにおいては、圧力媒体が窒素ガスであるため高圧差による内圧の上昇はみられない。また、絶縁体は Pre impregnate されているか、あるいは Mass-impregnate されたものでも油浸後十分に脱油されているので、高低差の大きいルートに布設されても使用中に絶縁油が流下するようなことはほとんどない。かりに絶縁油が多少流下し、部分的に油枯れが起こった場合でも、この種の絶縁体の電気特性にはほとんど影響はない。このような理由から高ガス圧ケーブルは高低差の多いルートにも多く使用されている。

3. 試作アルミ被高ガス圧ケーブル
およびその付属品の構造

試作したアルミ被高ガス圧ケーブルの構造を第 5 表に示す。これらのケーブルは、すべてイギリスにおける標準品と同等の性能を持つように設計してある。

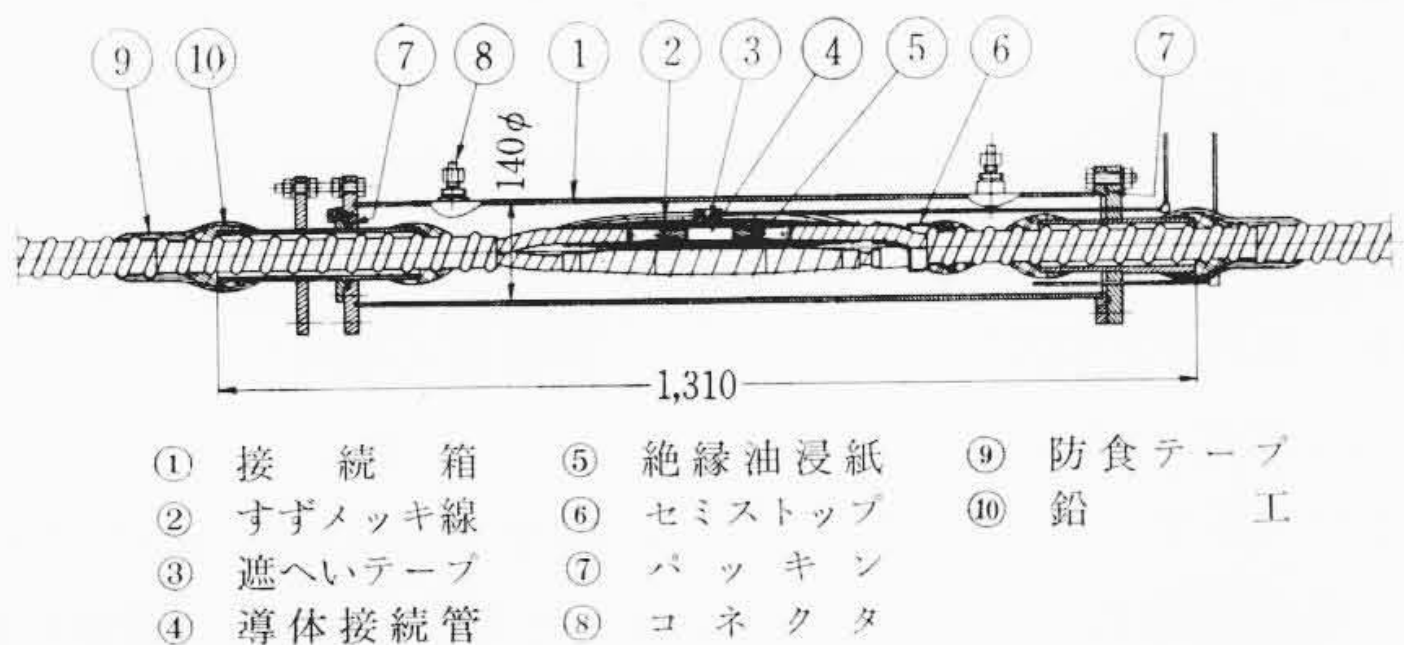
33 kV ケーブルの絶縁厚は、使用電圧のもとでの最大電位傾度 8.5 kV/mm、インパルス試験電圧(194 kV)のもとでの最大電位傾度 86.0 kV/mm になるように、また 66 kV ケーブルの絶縁厚は、使用電圧のもとでの最大電位傾度 9.35 kV/mm、インパルス試験電圧(342 kV)のもとでの最大電位傾度 84.0 kV/mm になるように設計された。導体上の遮へいにはカーボン紙を、絶縁体上の遮へいには金属化成紙を使用し、バインダには銅線入金巾(かなきん)を使用した。ガス通路としては一般には銅管が使用されているが、わが国における使用実績を参照して鉛管を使用した。絶縁コンパウンドとしては一般のソリッドケーブルに用いられている重質絶縁油とポリブテンとのコンパウンドを使用し、これを Mass-impregnate した後、十分に脱油処理した。

アルミ被の厚さは、次式：



(左 66 kV ケーブル 右 33 kV ケーブル)

第1図 アルミ被高ガス圧ケーブル



第2図 33 kV アルミ被高ガス圧ケーブル用直線接続箱

$$t = \frac{PD}{2\sigma}$$

t : アルミ被厚 (mm)

P : 内圧 (kg/cm² ゲージ圧)

D : アルミ被下径 (mm)

σ : アルミ被の許容応力 (kg/cm²)

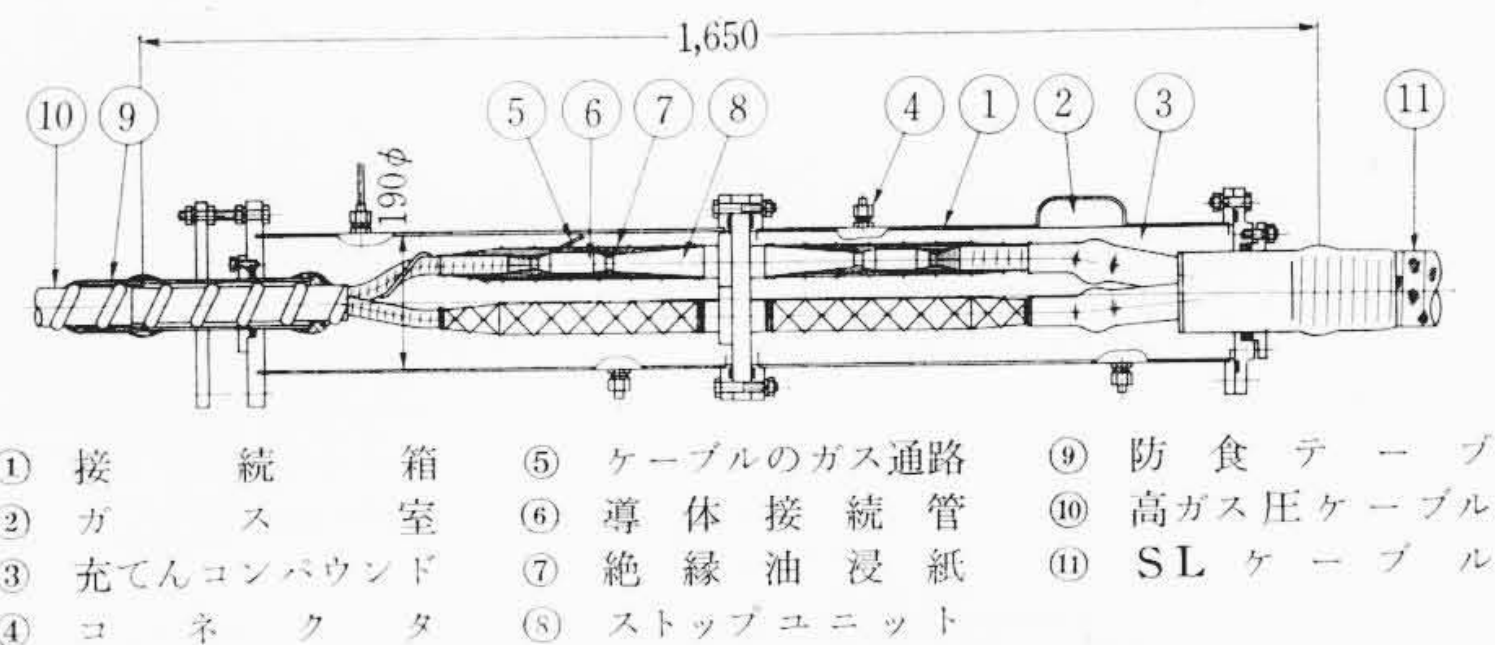
から、 $P=14$ kg/cm² ゲージ圧、 $\sigma=2.0 \times 10^3$ kg/cm² として算出した。33 kV ケーブルは一般用としてたわみ性を増すために波付加工した。66 kV ケーブルは架空用として設計されたものであり、架設工事における作業性を考慮して平滑アルミ被を採用した。

防食層は、33 kV ケーブル、66 kV ケーブルともに PVC とし、これらの厚さは JCS-250 に準じた。なおこれらのケーブルの最高使用温度はいずれも 85°C である。

33 kV ケーブルおよび 66 kV ケーブルの完成品の外観を第1図に示す。

これらのケーブルと同時に試作した 33 kV アルミ被高ガス圧ケーブル用の直線接続箱の構造を第2図に示す。この直線接続箱の特長は、14 kg/cm² ゲージ圧の内圧に耐えるように設計されていること、およびガス系統に特殊の考慮が払われていることである。高ガス圧ケーブルのガス系統は直線接続箱の片端でセミストップ(第2図⑥)によって各接続箱ごとに細分されている。各接続箱はケーブルに備えられたガス通路によって直列に接続されている。ガス通路は各接続箱のところで分岐しており、分岐したガス通路はいったん接続箱の外に引き出され、バルブを通して再び接続箱の内にはいり、そこで開放されている。このような方式を採用することによって次のような利点がある⁽²⁾。

(1) 布設の完了したケーブル系統全体を、同時に、かつ迅速に加圧することができる。



第3図 33 kV アルミ被高ガス圧ケーブル用ガス止接続箱

第6表 アルミ被高ガス圧ケーブルのわく長電気特性

ケーブル	線心 No.	絶縁抵抗 (MΩ/km 20°C)	静電容量 (μF/km 20°C)	導体抵抗 (Ω/km 20°C)
33 kV 3×160 mm ² アルミ被高ガス 圧ケーブル	1	13,000	0.711	0.1116
	2	14,000	0.692	0.1116
	3	13,000	0.716	0.1121
66 kV 3×160 mm ² アルミ被高ガス 圧ケーブル	1	28,000	0.365	0.1110
	2	28,000	0.369	0.1093
	3	32,000	0.369	0.1091

印加ガス圧大気圧

第7表 33 kV アルミ被高ガス圧ケーブルのインパルス破壊試験結果

試料	温度 (°C)	ガス圧 (kg/cm ² ゲージ圧)	破壊電圧 (kV)	破壊時 最大電位傾度 (kV/mm)	破壊箇所
ケーブル	常温	0	220(1回)	97.5	ケーブル
ケーブル	常温	0	200(3回)	88.5	ケーブル
ケーブル	常温	14	240(2回)	106.5	ケーブル
ケーブル+NJB*	常温	14	200(2回)	88.5	ケーブル
ケーブル	85	0	180(3回)	79.5	ケーブル
ケーブル	85	5	200(2回)	88.5	ケーブル
ケーブル	85	10	200(2回)	88.5	ケーブル
ケーブル	85	14	200(3回)	88.5	ケーブル

* NJB: 直線接続箱

(2) ガス漏えい点の検出が容易になる。

この種の接続箱においてはコンパウンドは充てんされない。それ以外の点においては一般の接続箱と大差はない。

33 kV および 66 kV の高ガス圧ケーブルの端末は、ガス止接続箱によって一般に単心ソリッドケーブル、または SL ケーブルに接続され、これを通して終端箱に接続されている。特に 33 kV ケーブルにおいてはほとんどがこの方式である。33 kV の高ガス圧ケーブルを SL ケーブルに接続する場合のガス止接続箱の構造を第3図に示す。しかし 66 kV ケーブルの一部分、およびこれ以上の電圧のケーブルにおいては、端末は分岐箱を通して圧力形終端箱に接続されている。

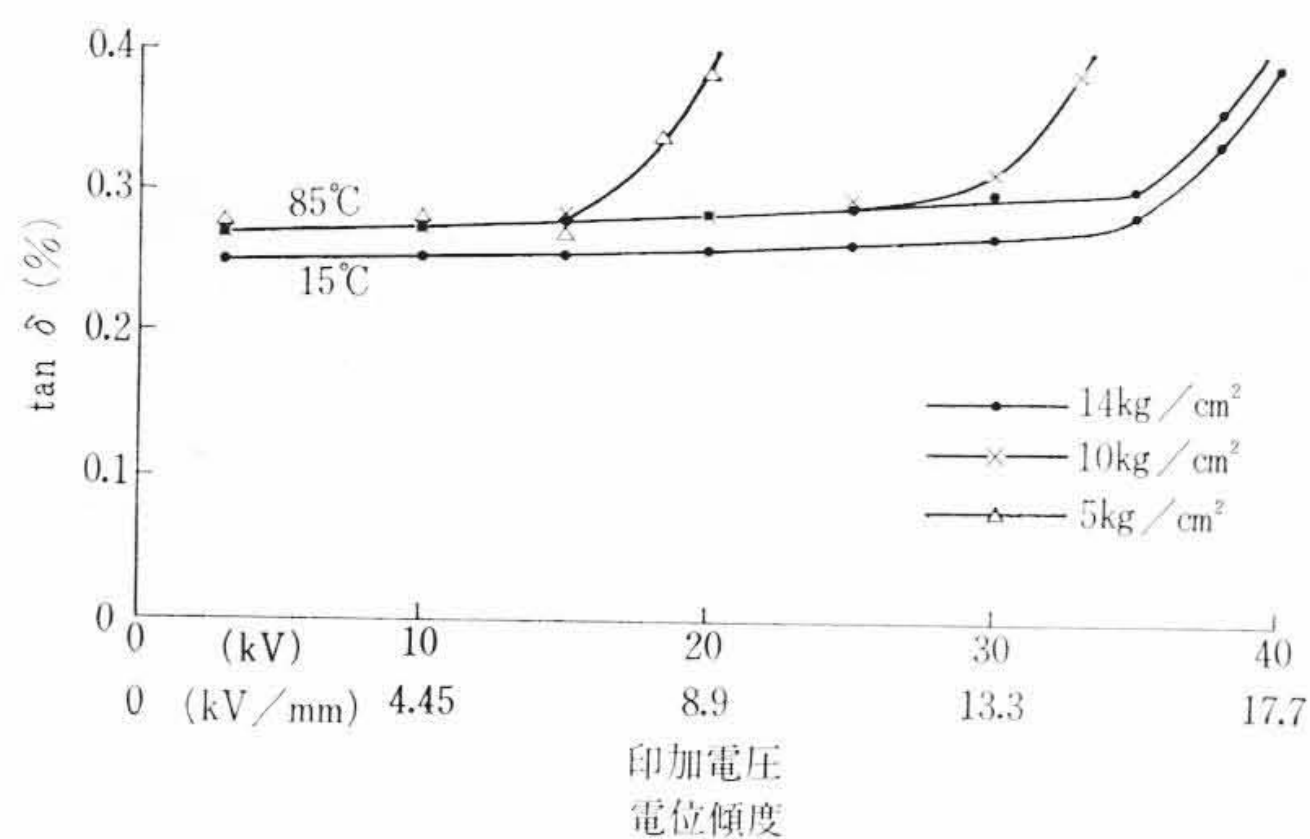
給ガス装置はパイプ形ガスコンプレッションケーブルなどの場合と比較して大差はない。しかし給ガス系統全体としてみた場合、高ガス圧ケーブルの場合にはガス通路が細くガス通路の流動抵抗が無視できなくなる。この点がパイプ形のものと若干異なる点である。

4. アルミ被高ガス圧ケーブルの電気特性

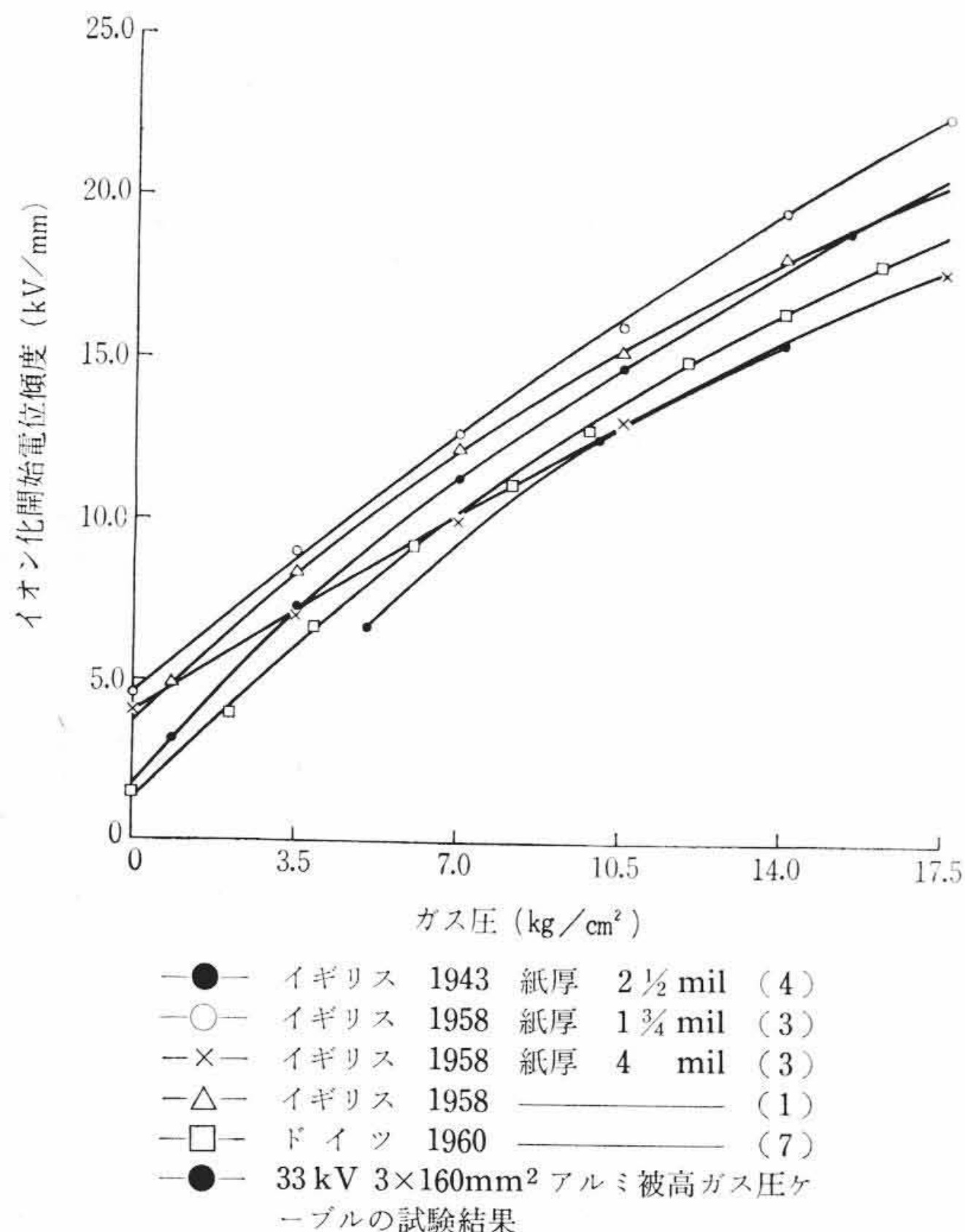
33 kV および 66 kV アルミ被高ガス圧ケーブルのわく長電気試験の結果を第6表に示す。

33 kV ケーブルについては次に述べるような一連の電気試験を行った。

インパルス破壊試験は、インパルス破壊特性のガス圧依存性を確認する意味から、常温および 85°C においてガス圧を 0, 5, 10, 14 kg/cm² に変化させて行なった。印加したインパルスは、1×40 μs 標準波形の負インパルスであり、180 kV から開始して 20 kV/3 回の割合で昇圧した。この試験の結果を第7表に示す。(なお第7表、第8表の中の破壊時最大電位傾度、第4図の中の電位傾度および第5



第 4 図 33 kV アルミ被高ガス圧ケーブルの誘電正接電圧特性



第 5 図 イオン化開始電位傾度とガス圧との関係

図の中のイオン化開始電位傾度は、同一断面積をもつ円形導体として計算したものであり、扇形導体の最大曲率についてこれを計算すると 1.10 倍の値になる。

この結果からはインパルス破壊特性のガス圧依存性はほとんど認められない。またインパルス耐電圧試験電圧 194 kV に対してはあまり余裕がないので、わが国のように高いインパルス耐電圧値が要求される場合には、絶縁厚を若干厚くする必要がある。たとえば、20 kV ケーブルの場合には 200 kV* 程度のインパルス耐電圧値が要求されているのでその絶縁厚は今回試作した 33 kV ケーブル程度にする必要がある。

交流長時間破壊試験は、常温で標準ガス圧 14 kg/cm² について行なった。電圧は 50 c/s 正弦波とし、50 kV から印加開始して 5 kV/3 時間の割合で昇圧した。この試験の結果を第 8 表に示す。この結果からケーブル、直線接続箱ともに破壊値は常規対地電圧の 3.5 倍以上であり良好な性能といえよう。

第 8 表 33 kV アルミ被高ガス圧ケーブルの交流長時間破壊試験結果

試料	温度 (°C)	ガス圧 (kg/cm ² ゲージ圧)	破壊電圧 (kV)	破壊時最大電位傾度 (kV/mm)	破壊箇所
ケーブル	常温	14	70 (2 時間 30 分)	31.0	ケーブル
ケーブル+NJB	常温	14	70 (40 分)	31.0	NJB
ケーブル+NJB	常温	14	60 (2 時間 10 分)	26.6	NJB

高ガス圧ケーブルの誘電正接-電圧特性は、絶縁体のイオン化開始電位傾度を知る上から重要な意味をもってくる。33 kV ケーブルの誘電正接-電圧特性は、常温および 85°C においてガス圧を 5, 10, 14 kg/cm² に変化させて測定した。

この結果を第 4 図に示す。この結果イオン化開始前の誘電正接特性はきわめて良好であると考えられる。第 4 図において、曲線の立ち上がり点をイオン化開始電圧と考えてイオン化開始電位傾度を求め横軸にガス圧をとって図示すると第 5 図のようになる。第 5 図には、同時に諸外国の例も記載しておいた。高ガス圧ケーブルにおいては、低ガス圧ケーブルの場合にみられるような自己回復作用 (self healing action) はほとんど期待できない⁽¹⁰⁾。それゆえにたとえガス圧が低下しても、イオン化開始電位傾度が使用電圧のもとにおける電位傾度以下に下がるようなことは絶対にあってはならない。第 5 図によると、かりにガス圧が 9 kg/cm² ゲージ圧に低下しても、そのときのイオン化開始電位傾度は 11.5 kV/mm であり、このケーブルの使用電圧のもとにおける最大電位傾度 8.5 kV/mm に対して 3.0 kV/mm の余裕がある。

これらの結果を総合すると、高ガス圧ケーブルの絶縁厚はほとんどの場合においてインパルス耐電圧の点から決まってくる。これは周知のように高ガス圧ケーブルにおいては、ガス圧を印加することによって交流特性は大幅に改善されるが、インパルス特性はあまり改善されないからである。

一般に油浸紙の開閉サージに対する絶縁体の強度は、インパルス強度の約 80% であるといわれている⁽⁹⁾。これによると 33 kV アルミ被高ガス圧ケーブルの開閉サージに対する強度は、ほぼ 160 kV 程度、電位傾度にして 70 kV/mm 程度と考えられる。実際の使用条件のもとでどの程度の開閉サージが発生するか、その波高値およびひん度などが問題であるが、従来の経験からは一般に常規対地電圧の 3 倍以下といわれているので⁽¹¹⁾ 開閉サージに対する強度が常規対地電圧の約 8 倍にも及ぶ上記の高ガス圧ケーブルにおいては、特に問題はないと考えられる。

66 kV ケーブルの方は、現在架線されたままの状態です。前述のような諸特性の検討を行っており、これが完了した後電気特性の検討を行なう予定である。

5. 架 線 実 験

ケーブル架線方法としては、

(1) ハンガー方式

(2) 自己支持方式

ヒョウタン形

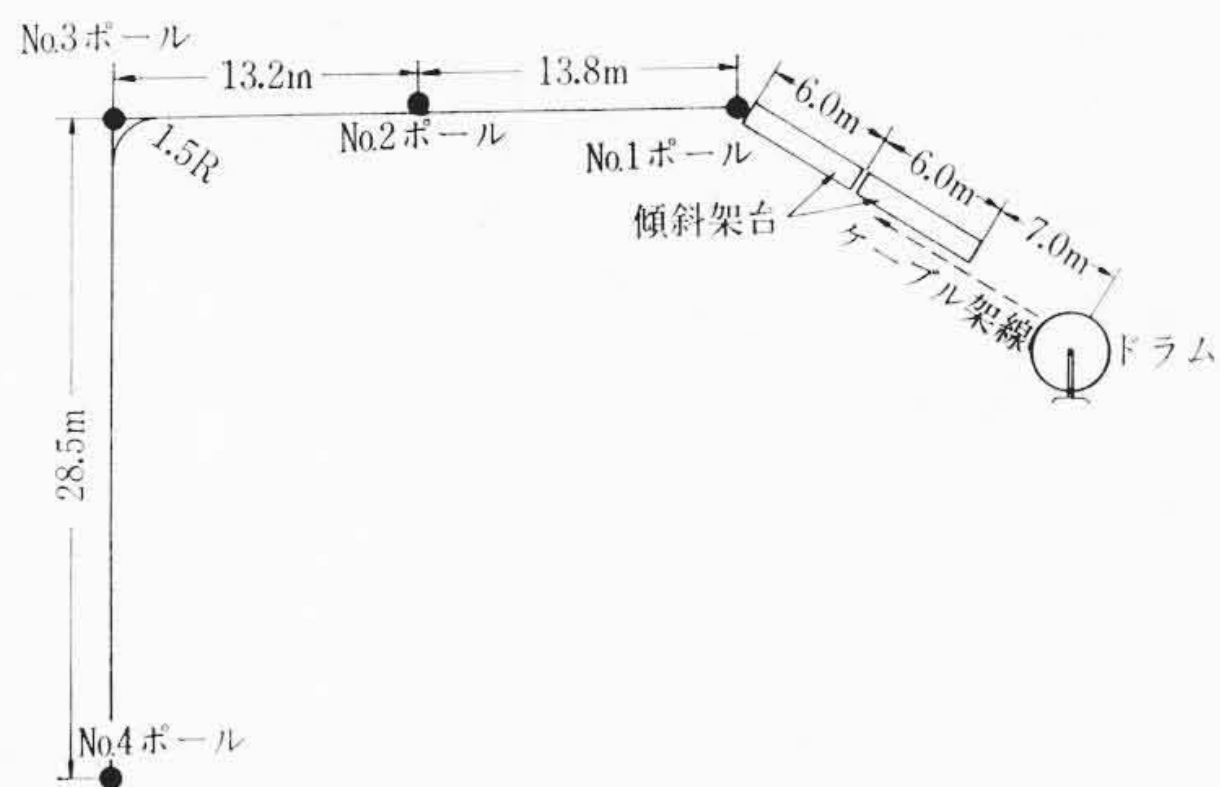
ラッシング形

2 個より形

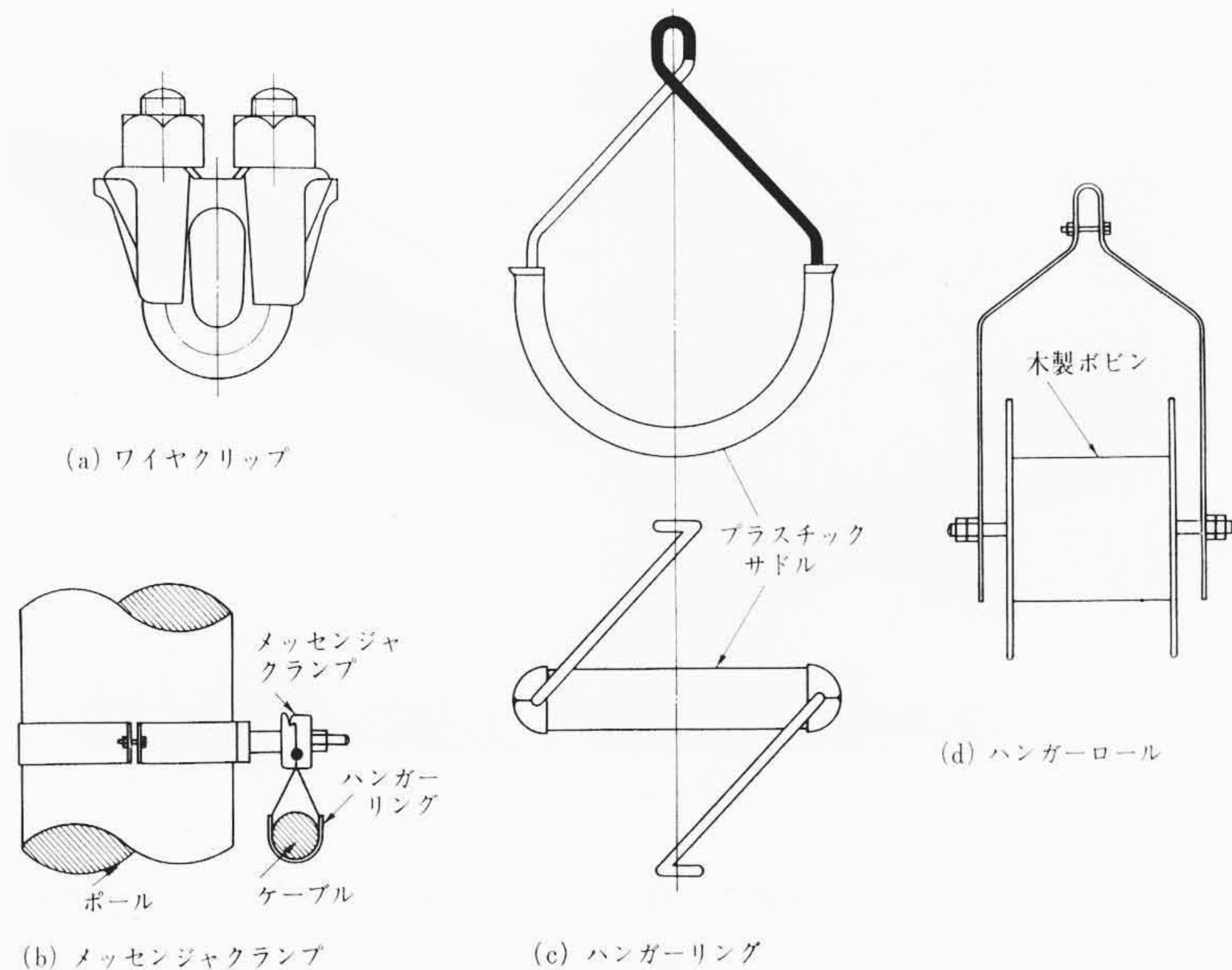
などがあるが⁽¹²⁾、今回の 66 kV 3×160 mm² アルミ被高ガス圧ケーブルの架線には、もっとも広く使用されているハンガー方式を採用することにした。

鉛被ケーブルの架空布設の例は諸外国においても少なくないが、アルミ被ケーブルの例となるときわめて少ない。アルミ被ケーブルは鉛被ケーブルに比べてたわみ性に欠けているため、架線に際しては、あらゆる点でむずかしい問題が発生するものと予想される。特に曲がり部分を持つルートでの架線は最大の問題となるであろう。

また今回の 66 kV ケーブルのように重量の大きいケーブルを架線する場合には、スパンが 40~50 m を越えると、一本のメッセンジャでケーブルを支持することは困難になる。したがって特殊な事情がない限りスパンはそれ以下にとるのが望ましい⁽¹²⁾。これらの点を考慮して、実験ルートとしては第 6 図に示すような直角曲がりを含んだ最大スパン約 30m 全長約 55m のルートを採用した。第 7



第6図 実験用のケーブル架線ルート



第7図 アルミ被ケーブル架線用器材

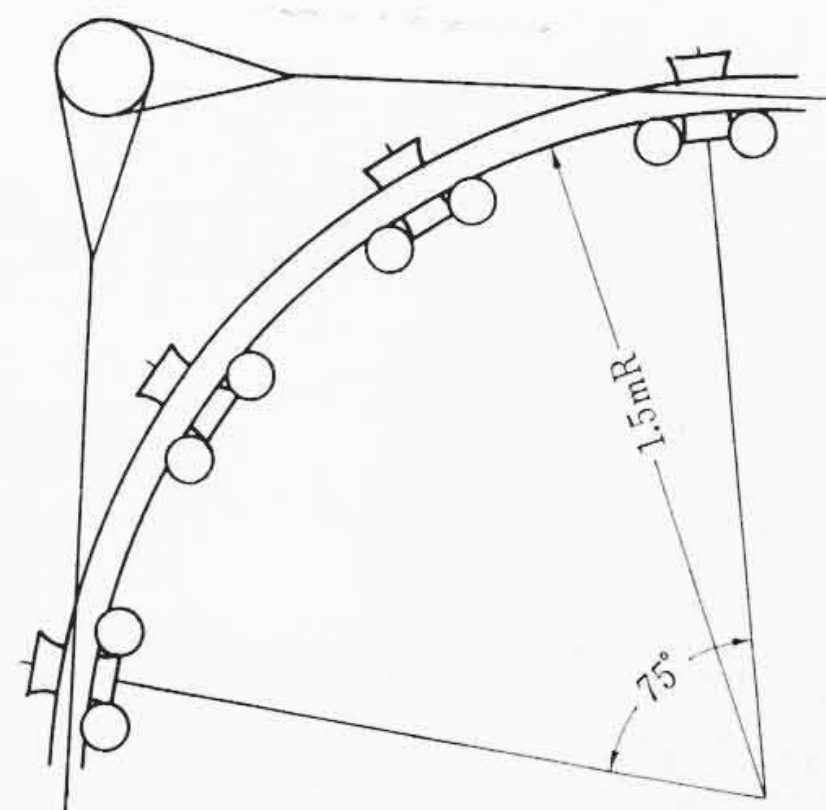
図は架線実験に使用した器材を示したものである。

メッセンジャにはアルミ被鋼線を使用した。このアルミ被鋼線は、外径 3.1 mm アルミ被厚 0.25 mm の素線 7 本を同心円状により合わせたもので、鋼の断面積は約 51 mm²、破断荷重は約 6,600 kg である。メッセンジャの両端はボールに巻きつけ、第7図(a)に示すようなワイヤクリップでとめた。また中間部の支持には第7図(b)に示すようなメッセンジャークランプを使用した。メッセンジャは地上高さ 5m の位置に取り付けた。ハンガーリングは第7図(c)に示すようなものを準備した。このリングはケーブルの表面を傷つけないようにプラスチック製のサドルを備えている。また、特にアルミ被ケーブルのようにたわみ性に欠けるものでは、いったん曲がると容易に元にもどらず、架線後においてもケーブルの荷重が各リングに一樣に掛かるとは限らず、特定のリングに集中する場合がありますと考えられる。したがって、架線後のケーブルに衝撃力が加わった場合にはリングを破損する恐れがあるので⁽⁸⁾、リングの強度には十分な余裕を見ておく必要がある。

メッセンジャに取り付けるハンガーロールはできるだけ軽量のものが望ましいので、第7図(d)のような木製ボビンを改良して使用することにした。

アルミ被ケーブルの場合、架線時に特に問題になる点は、曲がり部分のガイドと、ドラムからのケーブルの送り出しである。

平滑アルミ被の場合、ケーブルの一時的な許容曲げ半径としては、一般にアルミ被外径の 20 倍がとられている⁽¹³⁾。これに基づいて計算すると、今回の 66 kV ケーブルの許容曲げ半径は 1.2 m になる。しかしこの半径を通してケーブルを架線することは困難ではないか



第8図 直角曲がりの部分のガイドロール

と考えられたので、今回の直角曲がりの部分の半径は 1.5 m にとった。この部分には特に架台を組み立て、ガイドロールは第8図のように取り付けることにした。

送り出し部分においては、ドラムから巻き戻されたケーブルの曲がりを十分に矯正するために、ドラムから約 7 m はなれた点に約 12 m の傾斜架台を設け、ケーブルは架台上に取り付けられたロールの上を徐々に引き上げられていくように考慮した。また直角曲がり部分の架線を容易に行なうために、ドラムにはバックテンションを加えることにした。

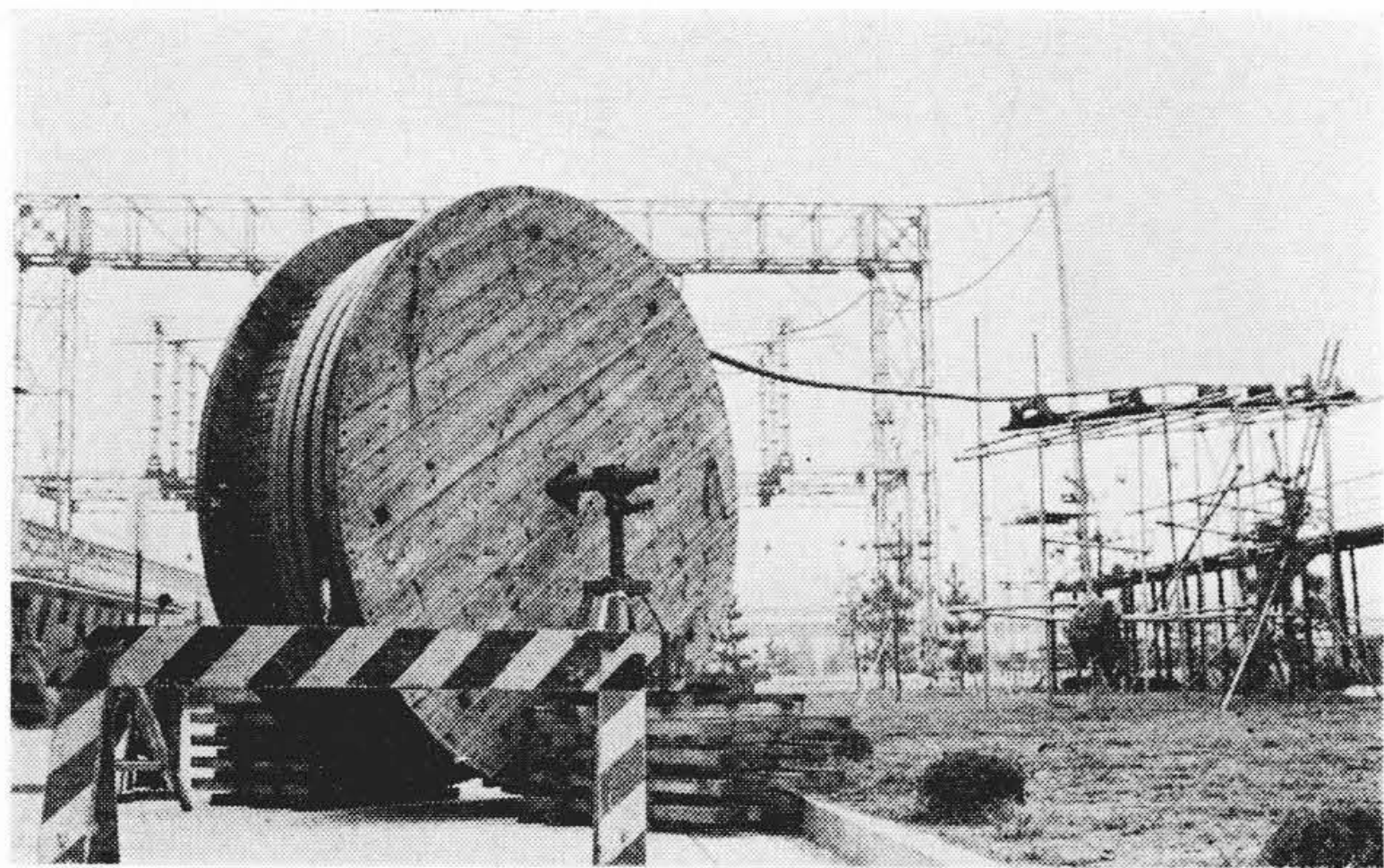
架線するケーブルは全長約 42 m である。このケーブルは架線特性検討後電気試験に供することを計画しているので、ケーブル内部の絶縁体は絶対に正圧に保たなければならない。今回は内圧を 1~2 kg/cm² ゲージ圧に保った状態で架線を行なった。

架線実験は次のような手順で行なった。

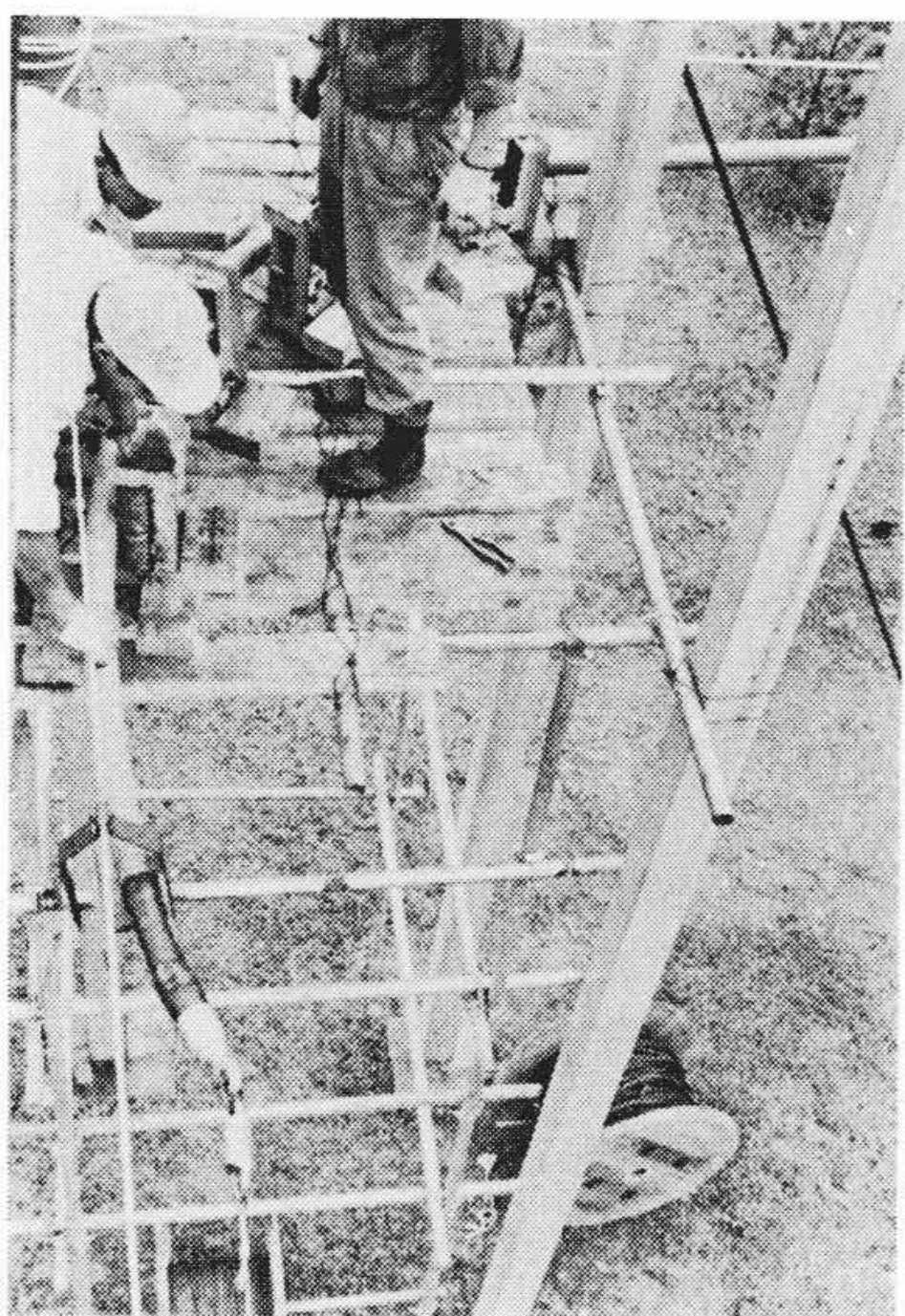
- (1) ボールにメッセンジャ取付用の金具を取り付け、続いてメッセンジャをはる。
- (2) 直角曲がりおよび送り出し部分のガイドを組み立てる。
- (3) ハンガーロールを約 3 m 間隔に取り付ける。
- (4) ルートに沿ってワイヤロープを通す。
- (5) 所定の位置にドラム、およびウインチを据付ける。
- (6) ケーブルの架線。
- (7) ハンガーロール、ガイドロールなどを取りはずし、約 300 mm 間隔でハンガーリングを取り付ける。

ケーブルの架線時の引取速度は全体を通じて約 4 m/min であり、架線に要した時間は約 25 分であった。架線時の状況の概要および問題点を要約すると次のとおりである。

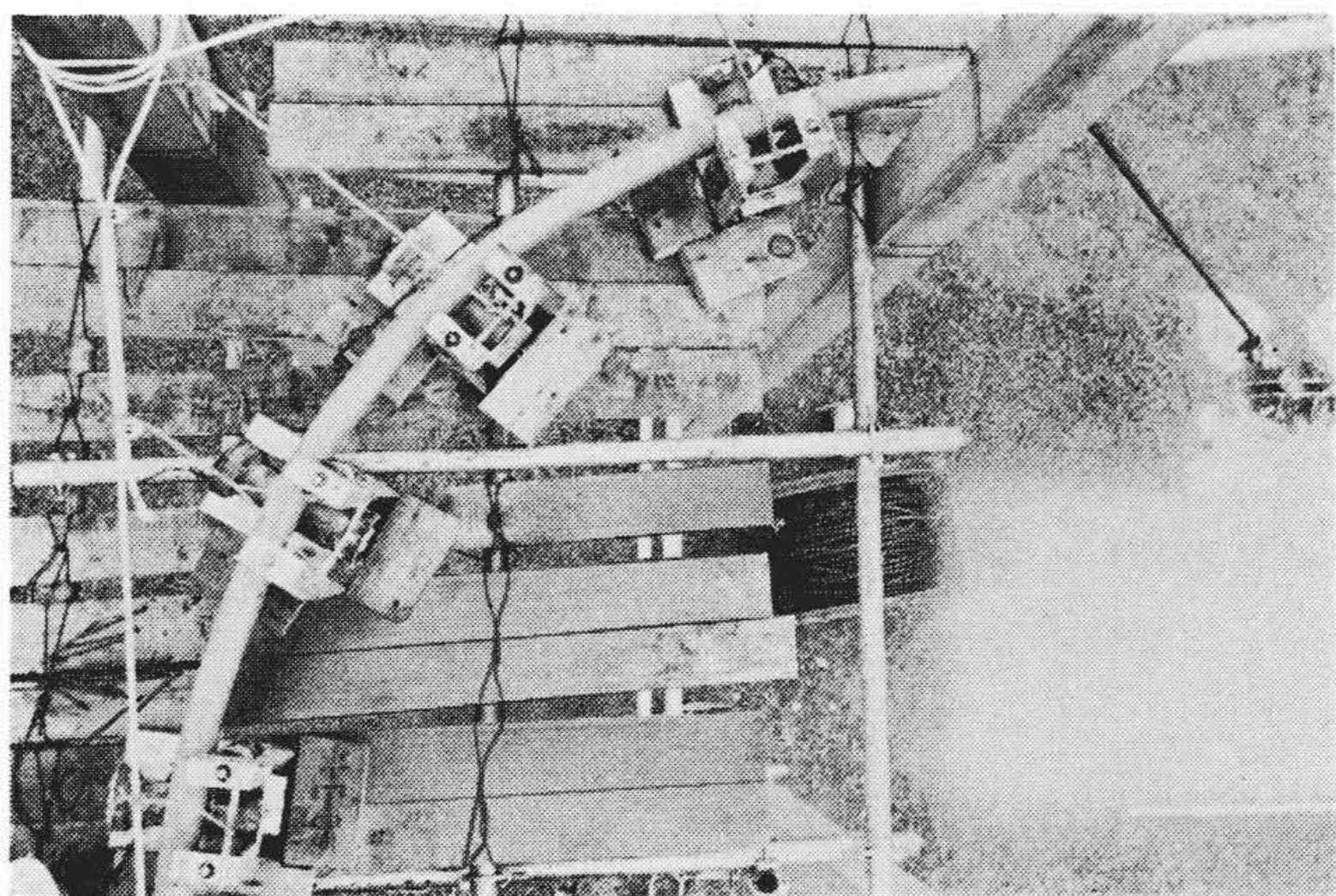
- (1) ドラムから送り出されたケーブルは、ドラムと傾斜架台との間、および傾斜架台に取り付けられたロールの上を通過する間に曲がりほとんど除かれて、架線に支障をきたすようなことはなかった。この結果からケーブルの送り出し部分については、今回のような方法を採用することによってほとんど問題なく架線できるものと考えられる(第9図参照)。
- (2) ケーブルの先端が No.1 ボールに達してから、No.3 ボールの直角曲がりに達するまでの 27 m の架線はなんら問題なくスムーズに進行した。
- (3) ケーブルの先端が直角曲がりを通過したときの曲がりは通過後も元どおりにならず、引き取りを一時停止して人手によってそれを矯正してやらなければならない。 (第10図参照) ところが先端の曲がりを矯正して、引き取りを再開してからはなんら問題なく、架線はスムーズに進行した。



第9図 架線実験の状況—送り出し部分



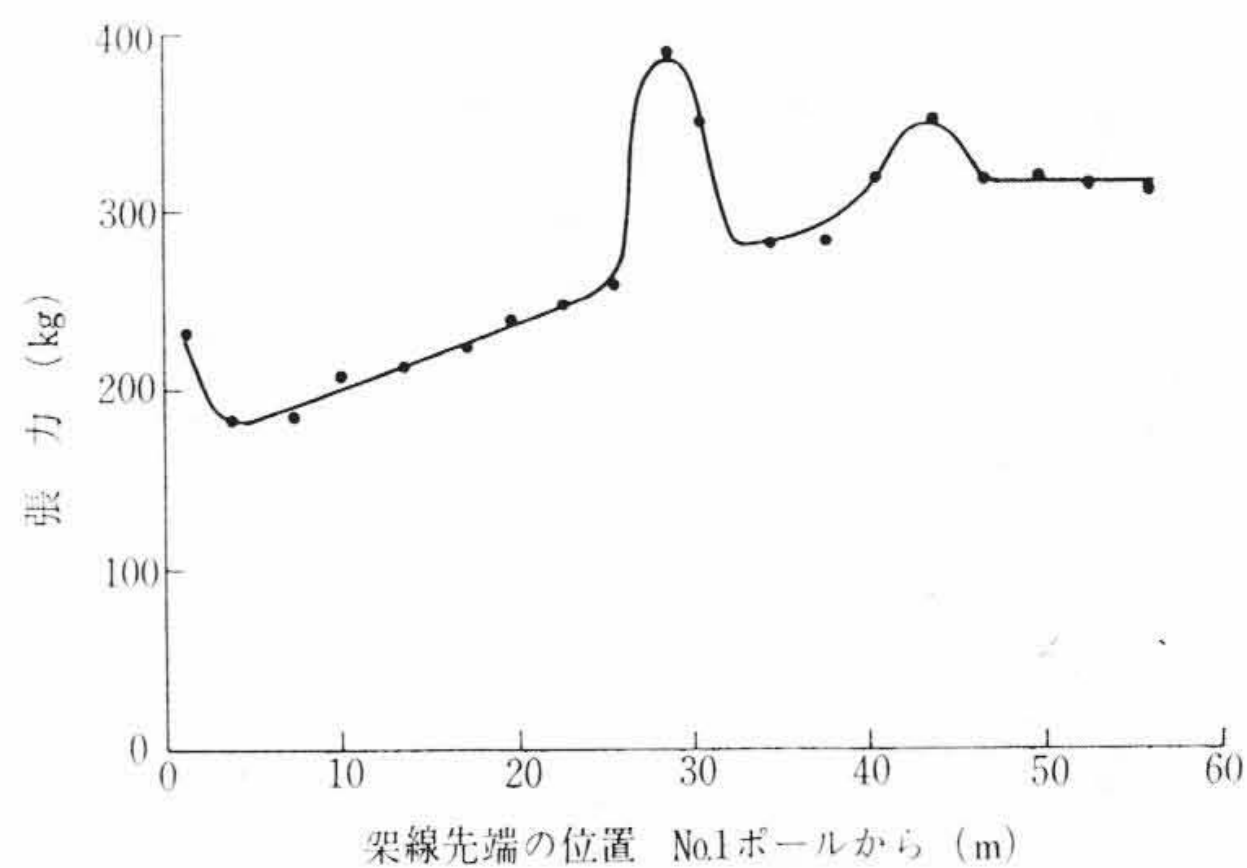
第10図 架線実験の状況—直角曲がりを通じた直後のケーブル先端の曲がり(先端の曲がりが直らない)



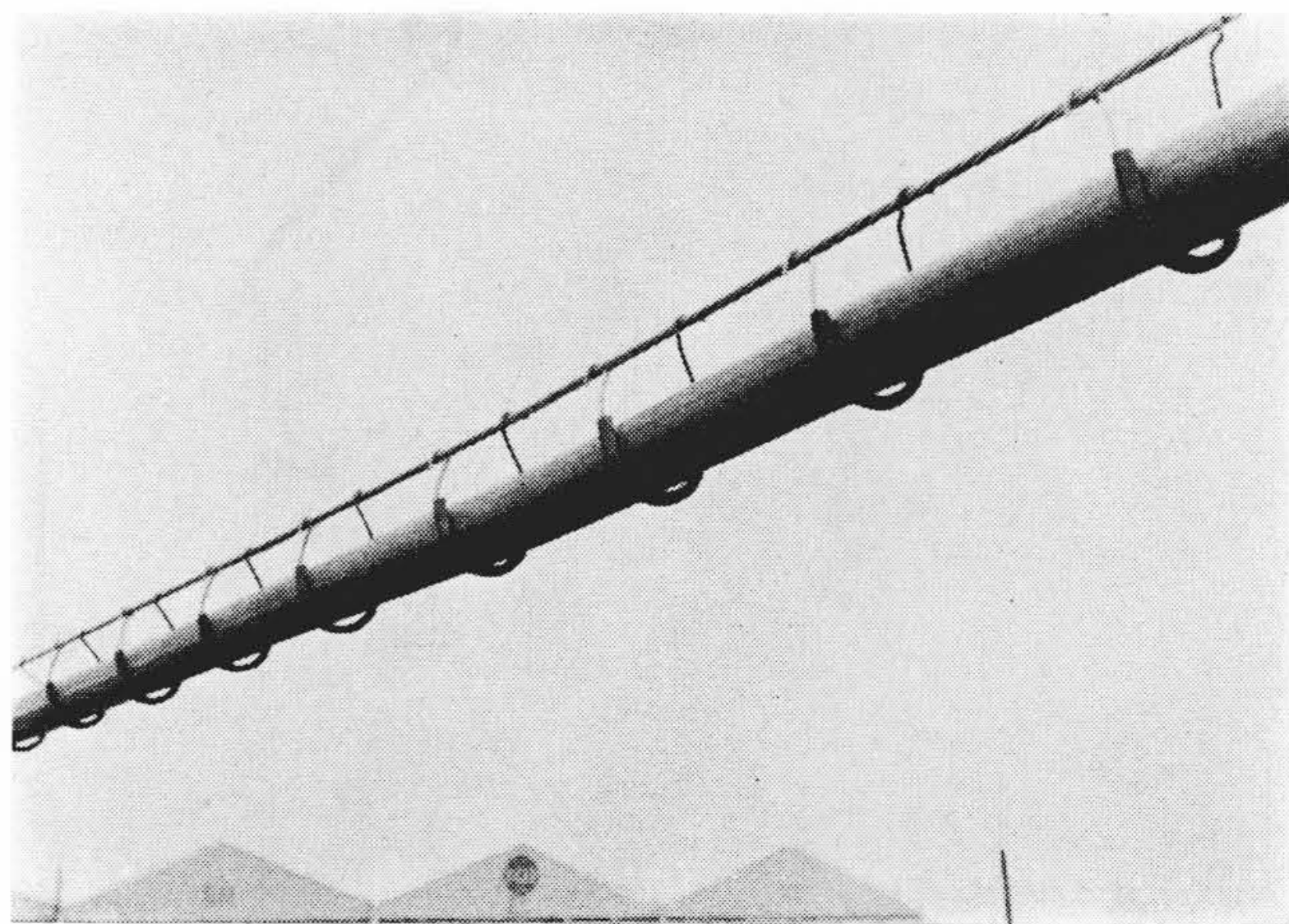
第11図 架線実験の状況—直角曲がりをケーブルが通過する状況(スムーズに通過している)

(第11図参照)。この結果からルート上の曲がり部分を通過する際に問題となるのはケーブルの先端だけであり、これは曲がり部分の直後に適当な矯正装置を備えることによって解決できるものと考えられる。

- (4) 架線中の引き取り張力の推移を第12図に示す。これによると、ケーブルの先端がNo.1ポールを通過するときに張力は上昇しており、通過後は急に低下して一定値に落ち付き、その後架線が進むにつれて徐々に上昇している。同様に先端が直角曲がりを通過するとき、張力は急激に上昇してお



第12図 架線時の引き取り張力の推移



第13図 架線完了したケーブル

り、通過後は再び元の値まで低下している。ケーブルの後端がドラムを離れたところで張力は一定値に落ち着き、以後張力の変動は認められない。この張力の推移の様子は、地中布設の場合と全く同一であり典型的なものである。

- (5) ケーブルが曲がり部分を通過するとき、横圧によってケーブルがどの程度変形するかということが問題になってくる。今回の架線実験においては管路の場合と同様に考えて計算すると、最大張力390 kgのもとにおける横圧は約240 kg/m となりほとんど問題にならないが、実際の場合には横圧の点からドラム条長が制限をうけることもあると考えられる。これらの結果を総合すると、曲がり部分一個所を含んだルートにおいても、ドラム条長 200~250 m の架線は可能であると考えられる。

最後に、架線完了したケーブルの状況を第13図に示す。

6. 結 言

以上の検討を通じて、アルミ被高ガス圧ケーブルの基本的な電気特性および架線に関する多くの問題点が確認された。その結果、今回試作したケーブルの電気特性は、諸外国のものと比較してもきわめて良好であり満足すべきものであることが判明した。また、わが国のように高いインパルス耐電圧が要求される場合は、絶縁厚はイギリスの標準値よりも若干厚くする必要があるが、このようにしても、そのすぐれた経済性の点より、十分実用に供し得るであろう。われわれはこの種のケーブルの架線に関して貴重な経験を得ると同時に実際の場合の架線も十分可能であるとの確信を得た。

この種のケーブルに関して、強制劣化特性ならびに架線されたケーブルの熱伸縮および振動の問題など現在検討中のものも残っているがこれらの結果も近いうちに判明する予定である。

アルミ被高ガス圧ケーブルは電氣的にも機械的にもすぐれた特性

を持っており、かつ軽量、安価で多くの特長を備えている点から、33～66 kV の範囲においてはこの種のケーブルを使用することによって大きい経済的利益が得られるものと考えられる。特に、圧力媒体が窒素ガスであり、高低差による内圧の上昇がないので高低差の多いルートにも適している。

さらにアメリカの Long Island Lighting Co. の例もあるように、大都市の中心部で架空線の建設は不可能であり、また地中線の新設も交通事情や経済的な面から問題があるような場合、この種のケーブルを架空ケーブルとして使用することによって建設費は大幅に節約され、かつ電流容量も地中線に比較して大きく取れるなど、多くの利点をもたらされるものと確信する。

終わりにのぞみ、本研究に関して始終ご指導、ご協力いただいた水上副工場長、杉山部長はじめ関係各位に厚くお礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) C. C. Barnes: Elec. Times, p. 3～9 (Jan. 1958)
- (2) L. G. Brazier, D. T. Hollingsworth, A. L. Williams: PIEE,

- 100, Pt. 2, p. 641～660 (1953)
- (3) E. P. G. Thosnton, D. H. Booth: PIEE, 106, Pt. 2, p. 207～230 (1958)
- (4) C. J. Beaver, E. L. Davay: JIEE, 91, Pt. 2, p. 35～59(1944)
- (5) T. R. P. Harriaon: PIEE, 94, Pt. 2, p. 233～246 (1947)
- (6) C. C. Barnes, C. T. W. Sutton: TAIEE (56), Pt. 3, p. 647～662 (1961)
- (7) H. J. Heinemann: Elektrizitätswirtschaft, 20 (8) p. 222～226 (Apr. 1960)
- (8) Elec. Wld, 155 (25) 60-61, 134 (1961)
- (9) P. Gazzana-Priaroggia, G. Palandri: TAIEE (55), Pt. 3, p. 396～405 (1961)
- (10) G. B. Shanklin: TAIEE (16), Pt. 3, p. 1707～1714 (1955)
- (11) 森: 電力 43 (13) p. 1663～1667 (1959)
- (12) E. E. I., "Underground Systems Refference Book" p. 8-31～48 (1957)
- (13) V. D. E., 0286/10.56
- (14) 今井ほか: 日立評論 45, 1485 (昭 38-9) "アルミ被電力ケーブルの諸特性"

Vol. 24

日 立 造 船 技 報

No. 3

- ・船 体 高 次 振 動 の 倍 率 係 数
- ・ターボ過給機の吸気消音器の模型実験
- ・貨物油管装置の合理的設計法
——大形貨物油管系の抵抗——
- ・小形高速艇の付加物の抵抗
- ・中ぐり作業における加工限界

- ・旋盤、フライス、ドリル切削相互間の被削性
- ・防錆油が潤滑油の潤滑性、防錆能に及ぼす影響
- ・鉄鋼の発光分光分析法 (第1報)
——鉄鋼中のニッケルの定量——
- ・インゴットに対するAlの影響 (第2報)
- ・X線照射時における散乱線量率の分布測定

……本誌に関する照会は下記に願います……

日立造船株式会社技術研究所

大阪市此花区桜島北之町60

第 26 卷

目

次

第 2 号

- ・U P ボイラを使った五井火力プラント
- ・ナイルのデルタ地帯を走る (エジプト通勤車)
- ・発熱自硬性鋳形の世界的発明 (N プロセス)
- ・ビルの活動を守るヒューズフリー遮断器
- ・使いやすさが身上、新しいヒッターバックのすべて
- ・テレビ放送の合理化を推進する (テレビ中継車)

- ・成人病と心電計
- ・明日への道標「F 210 トラッククレーン」
- ・日立ハイライト「掃除機」
- ・電線百話「地底へのダイビング」
- ・新しい照明施設「小樽市民会館」
- ・日立だより

発行所 日立評論社

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
振替口座 東京 71824 番

取次店 株式会社 オーム社書店

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