

500 kV 級超高圧パンタグラフ形断路器

500kV Class Extra-High-Voltage Pantograph Type Disconnecting Switch

向山 秀次* 星 恵 記*
Hidetsugu Mukôyama Keiki Hoshi

内 容 梗 概

近年わが国においても、都市周辺における電力需要の増大、発電容量の増大に伴う電力系統網の強化、電力供給の経済性の向上などから、500 kV 級送電の建設が具体化されつつある。この500 kV 級超高圧送電に用いられる断路器としては、発電所の敷地面積を最も有効に利用でき、かつがいしの洗浄などの容易さが要求される。この要求を満足する断路器の形式としてはがいし数が少なく、据付面積が小さく、用途により斜めあるいは平行配列として敷地面積を縮小しうるパンタグラフ形が最も適していると考えられる。

日立製作所はかかる観点から今回 550 kV, 3,000 A 圧縮空気操作式パンタグラフ形断路器を開発した。本断路器は導電部分にアルミパイプを用い、操作の軽快性を図り、またがいしをささえている支持柱は、空気タンクを兼用しており、配管の簡潔化と据付面積の縮小を図るなど、多くの特長を備えている。

1. 緒 言

わが国の電力系統網は現在 275 kV がその主幹をなしているが、最近特に著しい都市周辺の電力需要の増大、送電容量の飛躍的な増大、土地の取得難などを考慮に入れるならば、早晚これら問題の解決の手段として、400 kV ないし 500 kV 級超高圧送電が必要となることは明らかであり、すでに二、三の電力会社においては、具体的に検討しはじめている。かかる超高圧送電系統に用いられる断路器に設計上要求される項目としては、

- (a) 母線、鉄構、がいしおよび敷地面積を最も有効に、経済的に利用できるような母線および機器配置に適したものであること。
- (b) がいしの洗浄および保守を安全容易に行ない得る構造であること。
- (c) コロナ発生電圧が十分高いこと。
- (d) 十分な機械的強度を有していること。

などがあげられる。

このような条件を考えると、わが国の超高圧断路器としてはパンタグラフ形が最も適していると考えられる。今回、種々の新機構を採用し、550 kV, 3,000 A 圧縮空気操作式パンタグラフ形断路器を製作し、諸種試験を行なったので、その概要をここに発表し関係者各位の参考に供する。

2. パンタグラフ形断路器の仕様

500 kV 級超高圧送電における種々の定格値は、わが国においては現在まだ決定されておらないが、一応日立パンタグラフ形断路器の定格は第1表に示すようなものとした。

3. 構 造

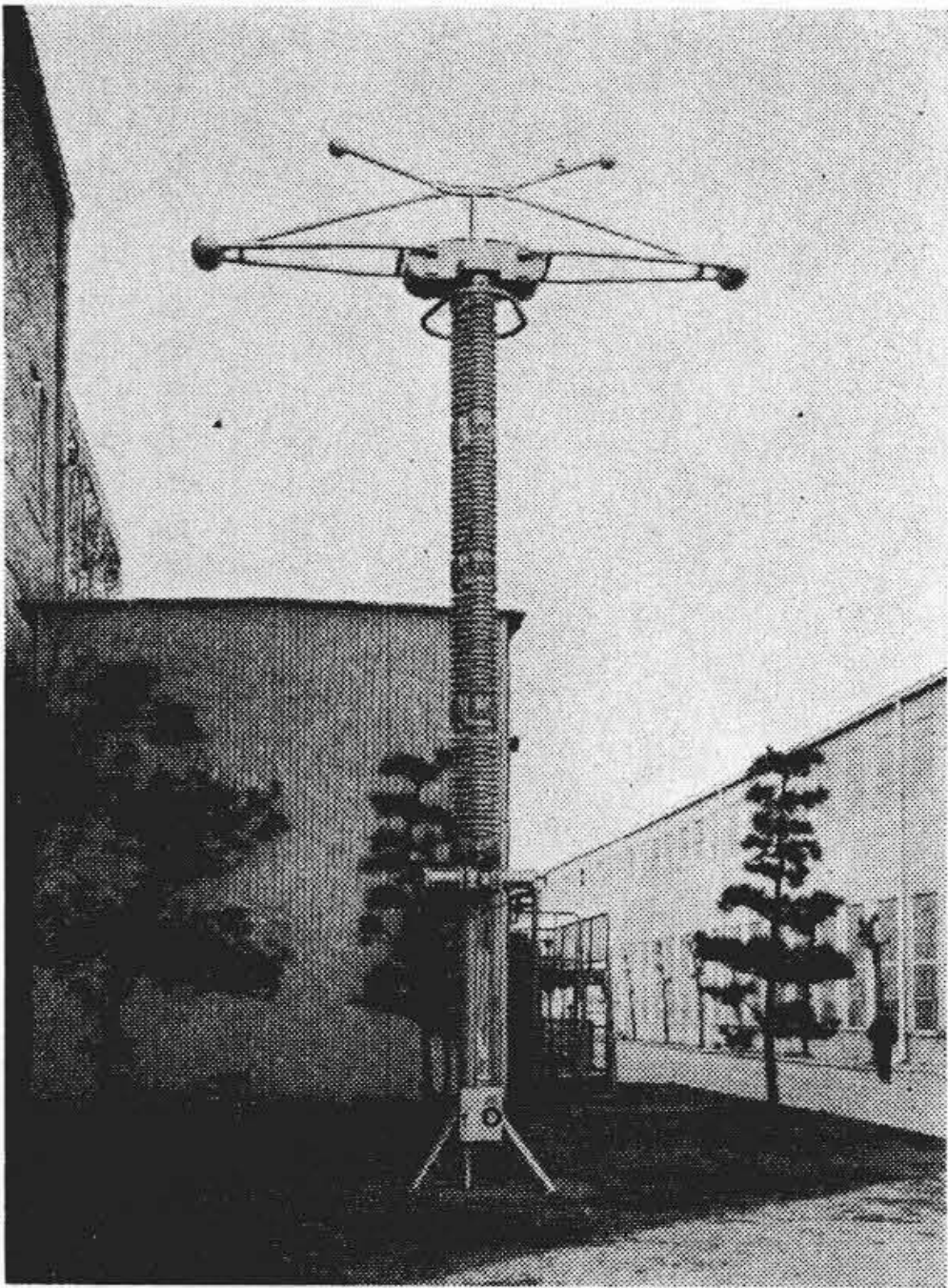
第1図は 550 kV パンタグラフ形断路器の外観図、第2図は構造説明図である。本断路器は圧縮空気操作器により、操作がいしを回転することにより、機構箱上に取り付けられたアームの関節機構を屈伸し、アーム上方に設けられた母線に取り付けられている固定接触子への開閉を行なうものである。したがって本断路器は発電所などで最も一般的な、上下母線を直角に配置した二段母線配線方式において、上下母線の連絡、送電線引き出しなどにきわめて適したものである。

各相はおのおの圧縮空気操作器を有しており、単独操作方式とな

* 日立製作所国分工場

第1表 500 kV 級パンタグラフ形断路器の定格および仕様

形 式	PX-PA
定 格 電 圧	550 kV
B I L	1,675 kV
定 格 電 流	3,000 A
定 格 周 波 数	50/60 c/s
定 格 短 時 間 電 流	32 kA 2 秒間
定 格 操 作 圧 力	15 kg/cm ²
定 格 操 作 電 圧	DC. 100V



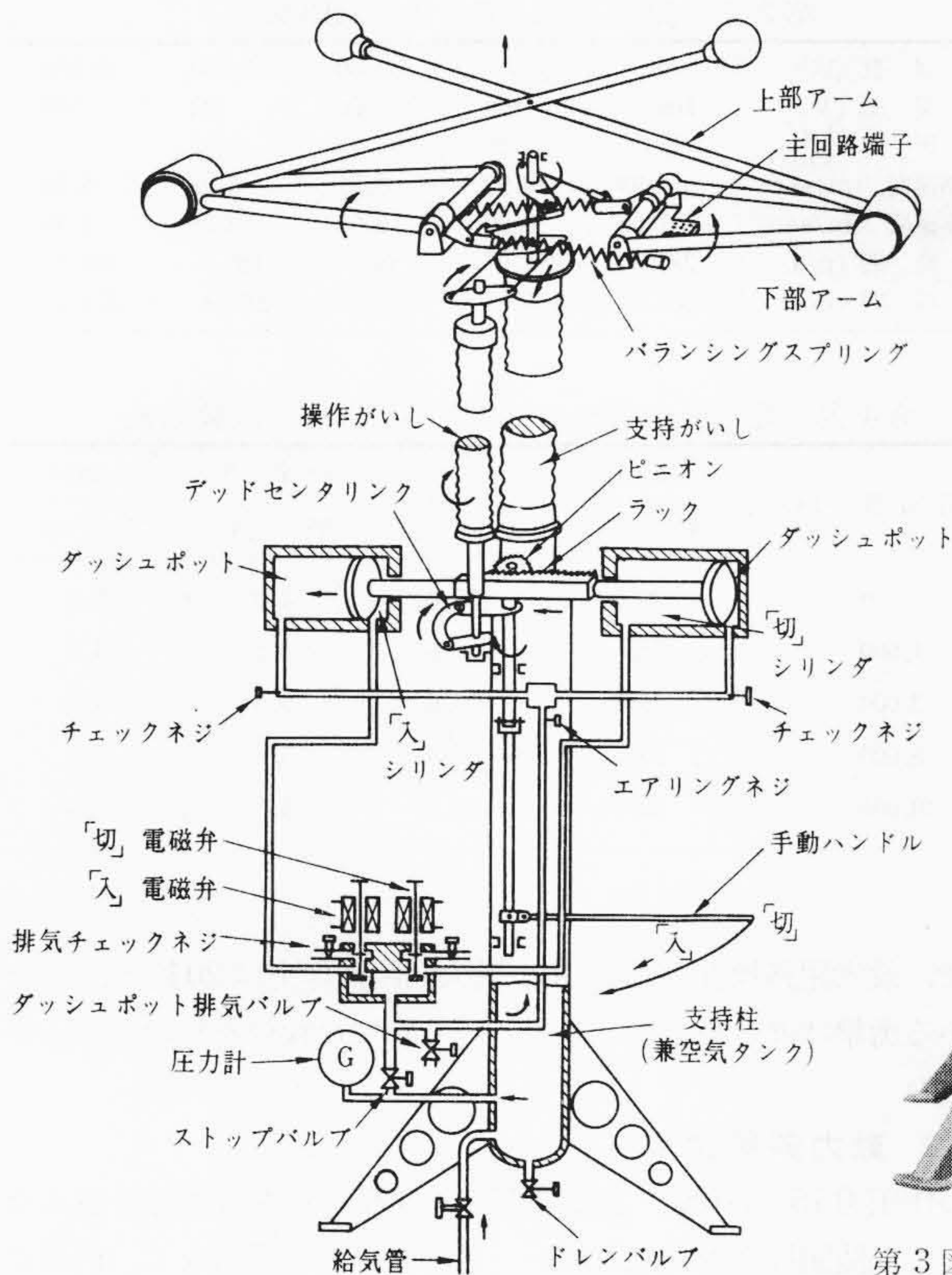
第1図 550 kV 3,000A パンタグラフ形空気操作式断路器

っているが、制御箱内結線を変更することにより、三相一括操作も可能である。このため断路器の配置はきわめて自由であり、平行配列、斜め配列などと、母線の配置方式に従った配列方式とすることができる。

3.1 支 持 柱

支持柱は圧力鋼管よりなっており、断路器のベースの役目をするばかりでなく、圧縮空気操作器用の空気タンクをも兼用している。このため空気タンクを別途設置する必要はなく、かつ配管を簡略化することができる。支持柱下部は4本足になっており、風圧、地震、電磁力に対しても十分な強度を有する構造である。

この支持柱の上部にはがいし柱が取り付けられ、また圧縮空気操作器も横の面に取り付けられるようになっているため、断路器の占有面積を著しく縮小することができ、見通しの良い変電所とするこ



第2図 550 kV パンタグラフ形断路器操作機構説明図

とができる。第3図に支持柱および圧縮空気操作器を示す。

3.2 圧縮空気操作器

本パンタグラフ形断路器の所要操作力は、第4図に示すように、著しく変化するため、操作器は大きな出力を有するとともに、きわめて制動効果の良いものでなければ操作が円滑に行なわれないことが予想される。このため本パンタグラフ形断路器は、特に壁掛形2シリンダ方式の圧縮空気操作器を使用している。

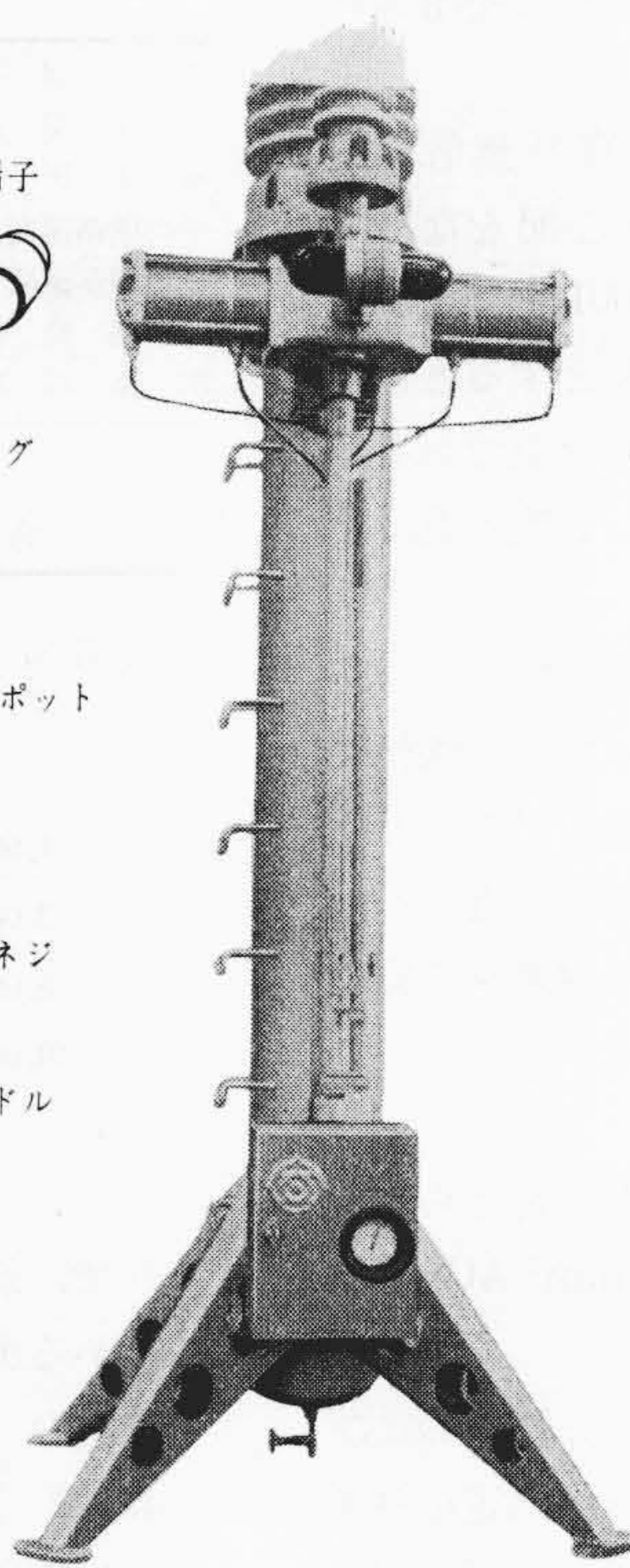
操作器は操作機構部と制御箱とに分割されており、ともに支持柱に取り付けられている。操作機構部は2個のシリンダおよびピストン、ギヤなどが一つにまとめられている。制御箱には電磁弁をはじめ、バルブ類、補助開閉器などが組み込まれていて、結線を変更することにより、単極単独操作、あるいは三相一括操作いずれの方式にもできる。

本操作器は操作時背気圧を有効に利用し、操作を円滑に行なわせるために、両シリンダの外側に常時圧縮空気を充填しており、操作は両シリンダの内側のいずれかに、電磁弁を介して圧縮空気を流入し、ピストンを動作させる。開閉位置へのロックは操作機構内に組み込まれているデッドセンタリンクおよび圧縮空気によって行なわれている。

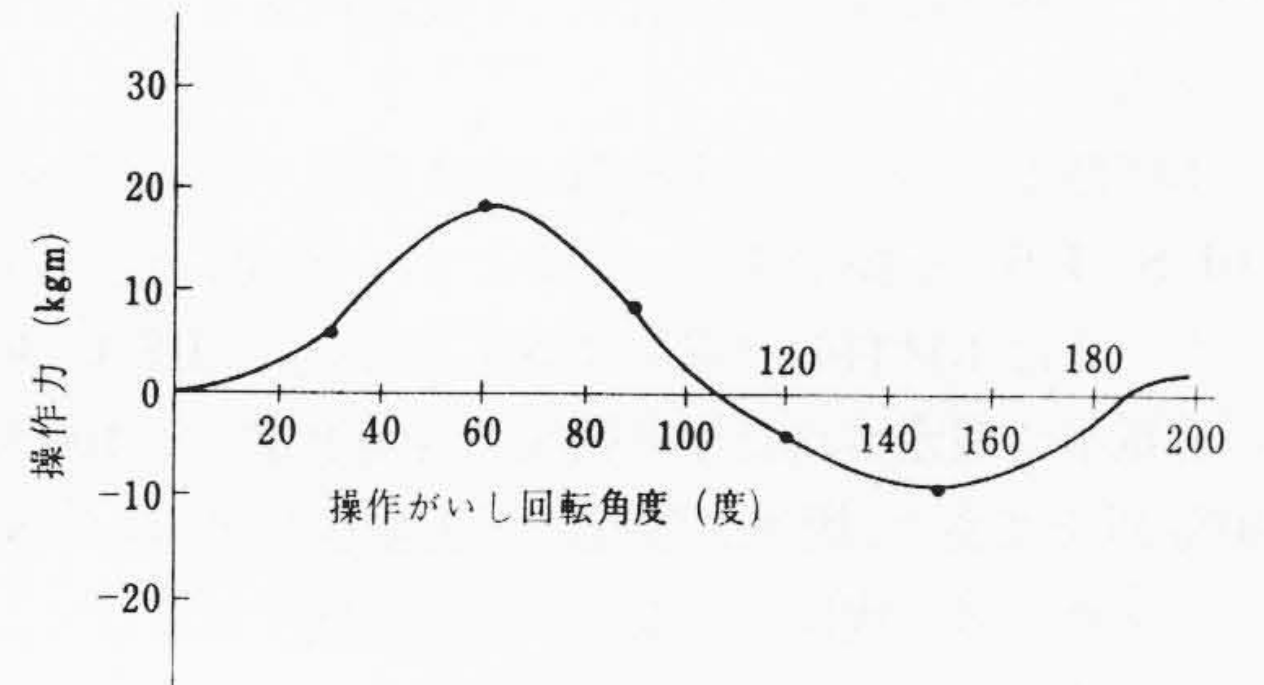
手動操作は、制御箱内に組み込まれている補助開閉器を操作するためのロッドが操作機構部と制御箱とを連結しているが、この途中に設けられた手動操作ハンドルを水平に操作することによって行なわれる。この場合、手動操作は圧縮空気によってロックされており、まず操作機構部に圧縮空気を供給するバルブを閉じて、両シリンダ外側の圧縮空気を排気してから行なわなければならないため、手動開閉操作時には動力操作を行なうことができず、操作者を保護することができる。

3.3 が い し

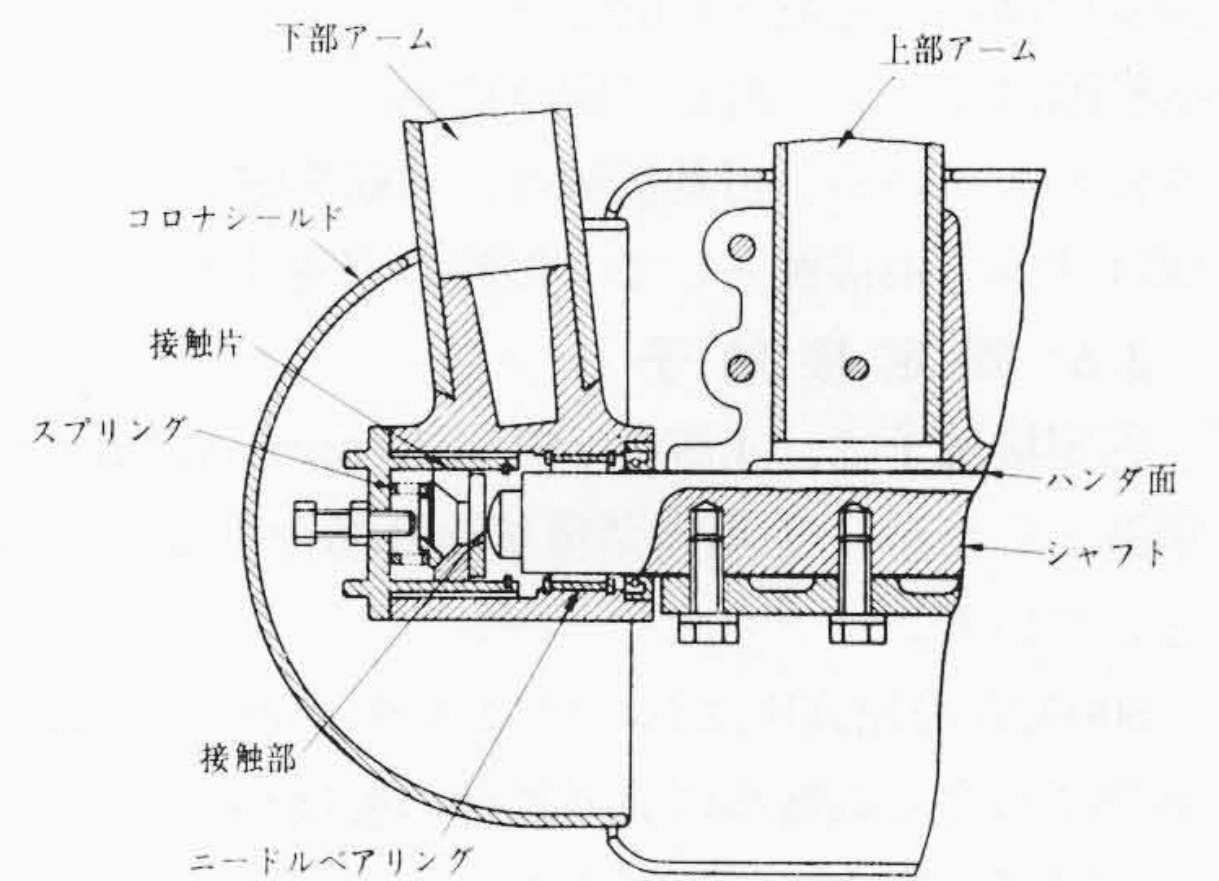
機構部およびアーム部分をささえるための支持がいしは、室素封入の中実ステーションポスト形で、操作がいしは中実ステーション



第3図 操作機構部および制御箱



第4図 回転角度と操作力との関係(計算値)



第5図 ヒンジ部構造図

ポスト形である。

がいし柱は4段積で全長5,000 mmある。コロナ防止のため取付金具の表面に丸みをもたせており、取付ボルトは取付金具の中にかくれるような構造としてある。

がいしの仕様は第2表に示すとおりである。

3.4 機 構 部

機構部は支持がいし頂部に固定されており、垂直軸を中心として回転する操作がいしの運動を水平軸を中心として回転する二つのアーム駆動軸に伝達する機構となっているが、アームの運動位置により必要な操作力が相当変化するので、これを補正するバランシングスプリングおよび主回路端子から構成されており、これらはコロナ防止のため、角を落とした箱の中にコンパクトに納められている。

3.5 ア ー ム

重量を低減し操作の軽快を図り、かつ機械的強度および電流容量を十分にとるためにアルミパイプをアームとして用いている。

従来アルミパイプを屋外に用いる場合の困難な問題点としては、

- (a) 耐 食 性
- (b) 電 流 容 量
- (c) アルミパイプの機械的強度
- (d) 電 食

などがあげられておったが、現在ではこれらの問題点は解決されて

第2表 550 kV パンタグラフ形断路器用がいし仕様

		支持用中空がいし	操作用中実がいし
全 長 (mm)		5,000	5,000
胴 径 (mm)		300	105
傘 径 (mm)		420	185
乾 燥 閃 絡 電 圧 (kV)		965	965
注 水 閃 絡 電 圧 (kV)		865	865
50% 衝 撃 閃 絡 電 圧 (kV)		1,980	1,980
衝 撃 耐 電 圧 (kV)		1,675	1,675
曲 げ 破 壊 荷 重 値 (kg)		800	110
ネ ジ リ 破 壊 荷 重 (kg-m)		5,000	500
表 面 漏 え い 距 離 (mm)		8,720	8,800
が い し 品 番		KNDA-80192A	KDA-80193A

おり、屋外用母線として数多くの変電所あるいは発電所に使用されている。

本断路器においては JIS-H-4143 耐食アルミ合金継目無管 4 種 (61 S-T 6) を採用することにより、耐食に対する心配をなくした⁽¹⁾。また本材料の導電率は 20℃ において JIS-C-3001 電気用銅材の導電率で規定された標準軟銅の容積導電率を 100% とするとき、40% 以上であり、機械的強度は引張強さが 27 kg/cm² 以上である。パイプサイズは機械的強度によって決定すればよく、電流容量は十分である。

電食は銅とアルミ面が直接接触しないような構造としてこれを防止している。第 5 図はヒンジ部分の一例である。シャフトは機械的強度のほかに通電を目的とするので銅製としているが、アルミとの接統面はアルミに対して電位比例に占める位置がきわめて近いハンダ面としている。可動接触部、回転集電部など相互に運動する接触面はすべて銀接触として、接触の安定性を図っている。

3.6 固定接触子

固定接触子は、4 導体 240~610 mm² ACSR 線に取り付けられる構造としたが、工場内諸種試験は都合上 2 導体 450 mm² ACSR 線としている。

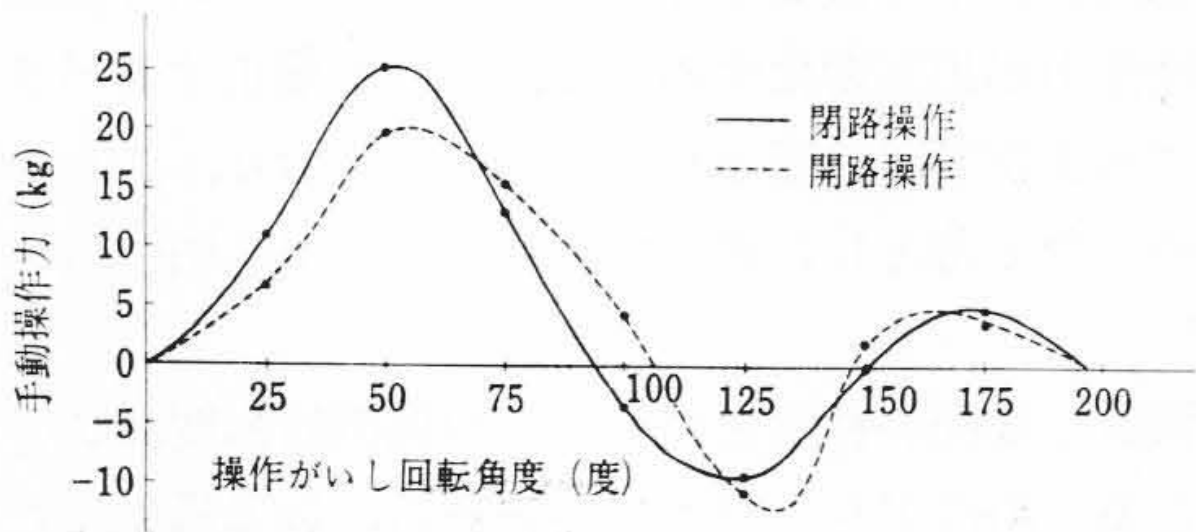
500 kV 級超高压においてはスパン間がきわめて長く、夏季および冬季における温度差により導体の張度が著しく異なり、固定接触子の位置が上下することが考えられるので、スパン間 50 m、温度変化 80℃ においても固定接触子、可動接触子は十分なる接触を保つように、アーム先端に取り付けられた可動接触子の長さを 700 mm としている。

4. 試験結果

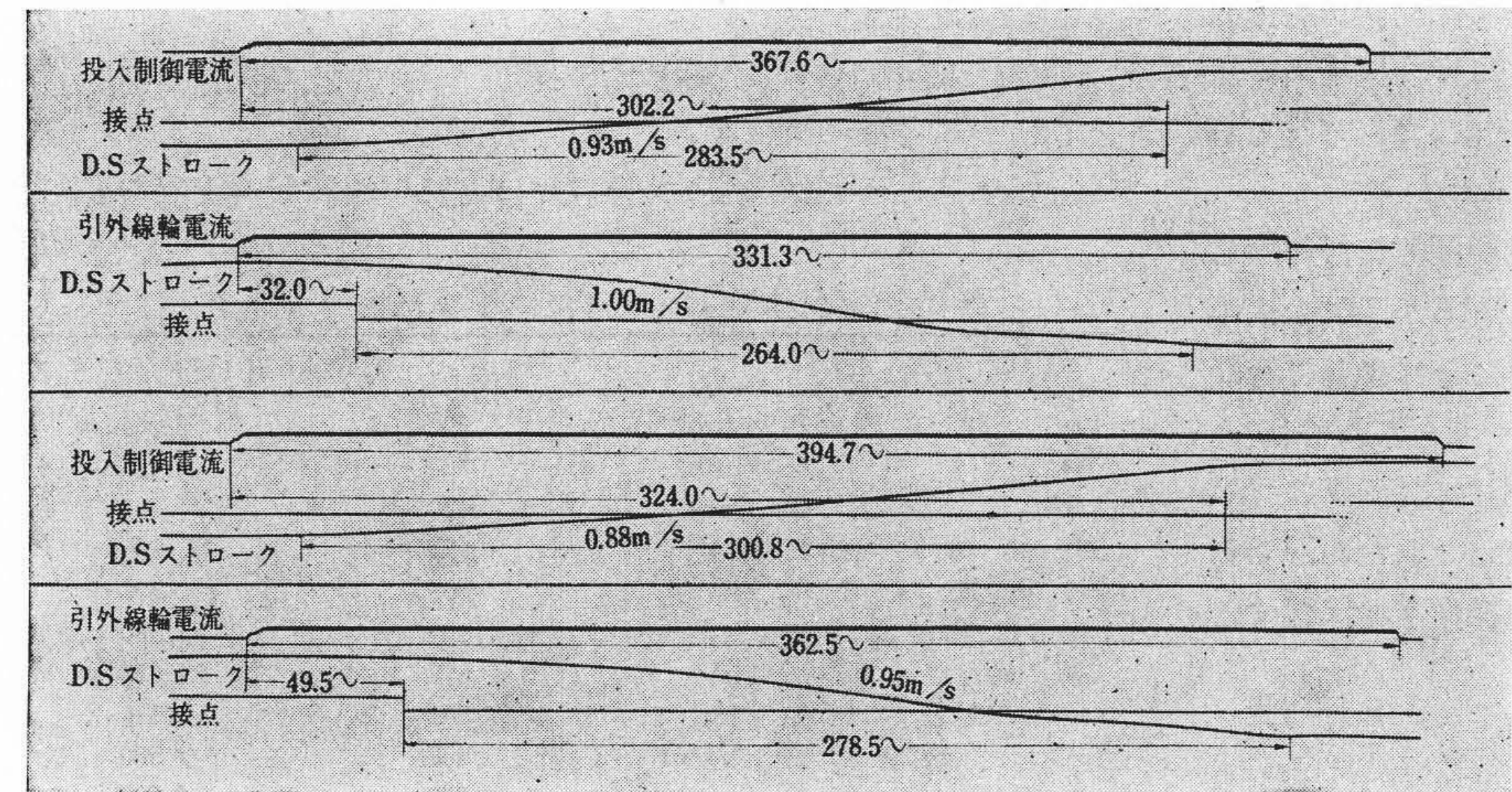
4.1 開閉操作試験

4.1.1 手動操作試験

本断路器においては、手動操作と動力操作は圧縮空気によってインターロックされているので、シリンダ内の圧縮空気を排気した後手動操作を行ない、操作力を測定した。結果は第 6 図のとお



第 6 図 操作がいし回転角度と手動操作力との関係



第 7 図 550 kV パンタグラフ形断路器開閉動作オシログラム

第 3 表 開閉速度、開閉時間試験結果

開 閉 回 数 (回)	0	1,000	3,000	5,000	10,000
操 作 電 圧 (V)	100	100	100	100	100
操 作 圧 力 (kg/cm ²)	15	15	15	15	15
平均閉路速度 (m/sec)	0.93	0.93	0.91	0.88	0.88
平均開路速度 (m/sec)	1.00	0.99	0.98	0.98	0.95
閉 路 時 間 (c/s)	283.5	284.0	288.3	300.5	300.8
開 路 時 間 (c/s)	264.0	265.0	269.0	269.4	278.5

第 4 表 最小動作電流および最小動作圧力試験結果

開 閉 回 数 (回)	最小動作電流 (V)		最小動作圧力 (kg/cm ²)	
	閉 路	開 路	閉 路	開 路
0	36.0	37.0	4.0	5.0
1,000	36.5	37.0	4.0	5.0
3,000	36.5	37.0	3.5	5.0
5,000	36.5	37.0	3.5	5.5
10,000	36.5	37.5	3.5	5.5

りで、最大閉路操作力は 25 kg、最大開路操作力は 20 kg で、手にかかる衝撃はほとんどなく、きわめて軽快な操作を行なうことができた。

4.1.2 動力開閉試験

操作圧力 75~110%、制御電圧 75~127% の範囲で種々組み合わせて、開閉操作を行なったが、各部はなんら異常なく、円滑に操作しうることが確認された。

開閉操作特性曲線は操作がいし基部の回転動作の電磁オシログラフにより測定した。定格操作電圧および圧力において、連続開閉試験前および後において測定した特性曲線を第 7 図に示す。図よりわかるように特性曲線はきわめて円滑であり、開閉時の衝撃はほとんど認められなかった。

4.1.3 連続開閉試験

定格操作電圧および圧力において、10,000 回の連続開閉試験を行ない、各部の機械的強度、損耗および特性の変化を測定した。

第 3 表は開閉回数による操作特性の変化を、第 4 表は最小動作電圧および最小動作圧力の変化を示している。この結果、本断路器はきわめて安定した動作状態を示した。10,000 回操作後断路器各部を分解点検し、試験前との寸法比較を各部品について行なったがなんら異常は認められず、耐久性の十分なことが、証明された。

4.2 温度上昇試験

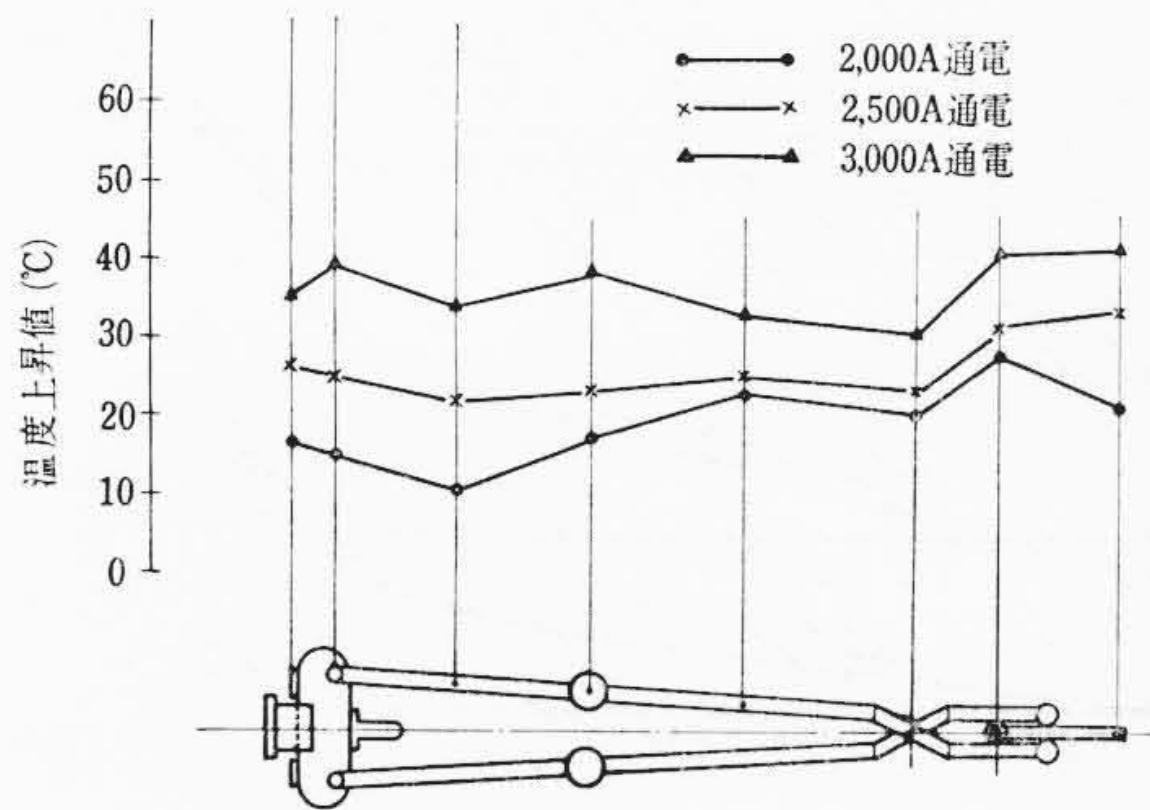
4.2.1 温度上昇試験

本パンタグラフ形断路器の導電部分はきわめて大きなものであり、実際使用時と同様にアームを直立させた状態で試験することができず、温度上昇の点からは過酷な横置状態で試験を行なった。

電流は 2,000、2,500 A および定格電流たる 3,000 A を一定時間通電して各部の温度上昇値を測定した。試験結果は第 8 図に示すとおりで、各部の温度上昇値は十分に規格値を満足している。

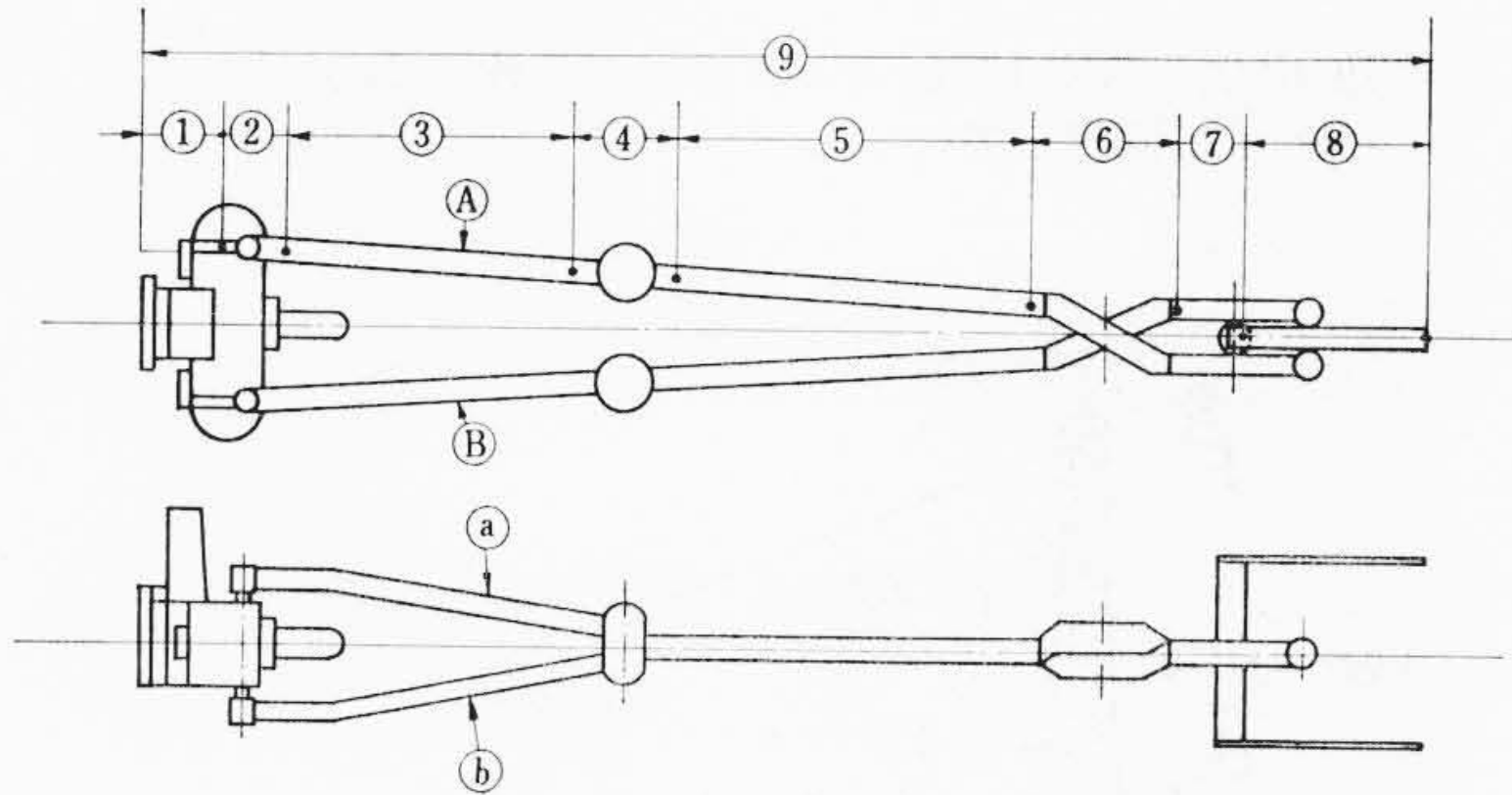
4.2.2 接 触 抵 抗

両端子間に DC 50 A を流通し、各部分の電圧降下を測定し、これから接触抵抗を求めた。試験結果を第 5 表に示す。パンタグラフ形断路器はその構造上多くの回転集電部分を有するが、表よりわかるようにこの



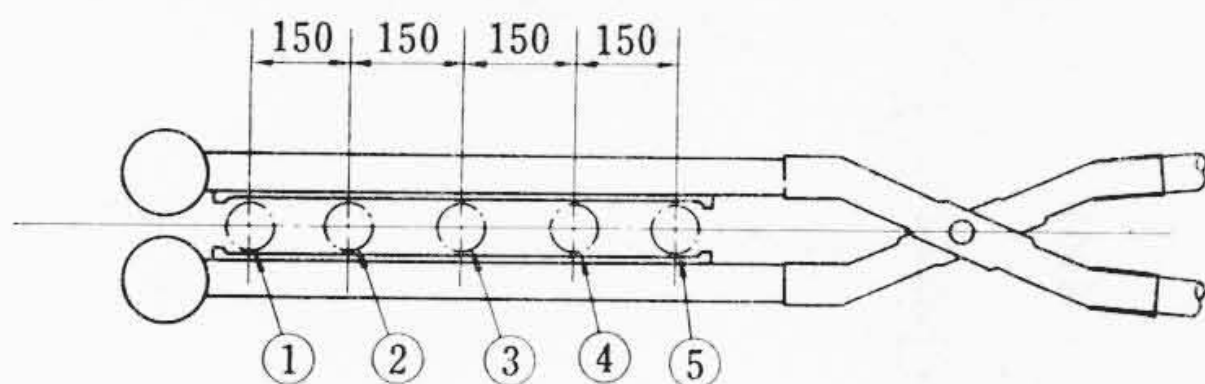
第8図 温度上昇試験結果

第5表 電圧降下試験結果



測定位置	電圧降下 (mV)								
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
① ②	0.12	0.41	0.49	0.50	1.10	1.10	1.10	0.78	5.45
① ③	0.16	0.40	0.49	0.50					
① ④	0.09	0.39	0.39	0.48	0.93	0.80	0.97	0.80	4.92
① ⑤	0.10	0.39	0.43	0.49					

第6表 接触位置と電圧降下および接触圧力との関係



測定位置	電圧降下 (mV)	接触圧力 (kg)
①	4.81	51
②	4.68	52.5
③	4.55	52.5
④	4.63	54
⑤	4.61	53

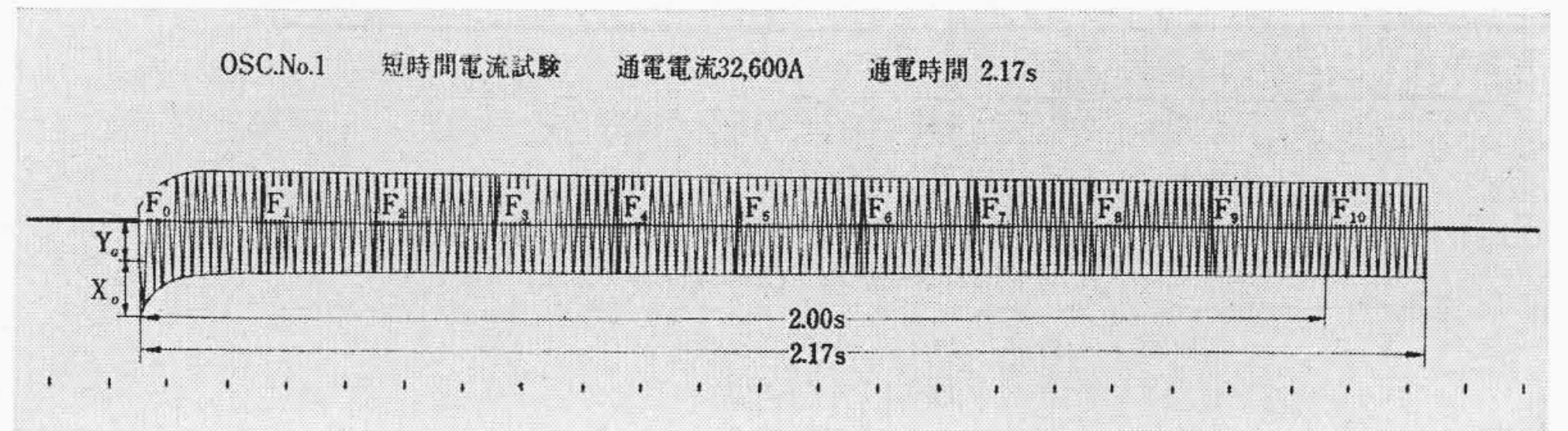
第7表 絶縁耐電圧値

	耐電圧値	
	衝撃波 (標準波形)	商用周波 乾燥 (1分間) 注水 (10秒間)
対地間	1,675 kV	745 kV
同相極間	1,925 kV	905 kV
異相間	1,675 kV	745 kV
制御回路	7 kV	2 kV (乾燥のみ)

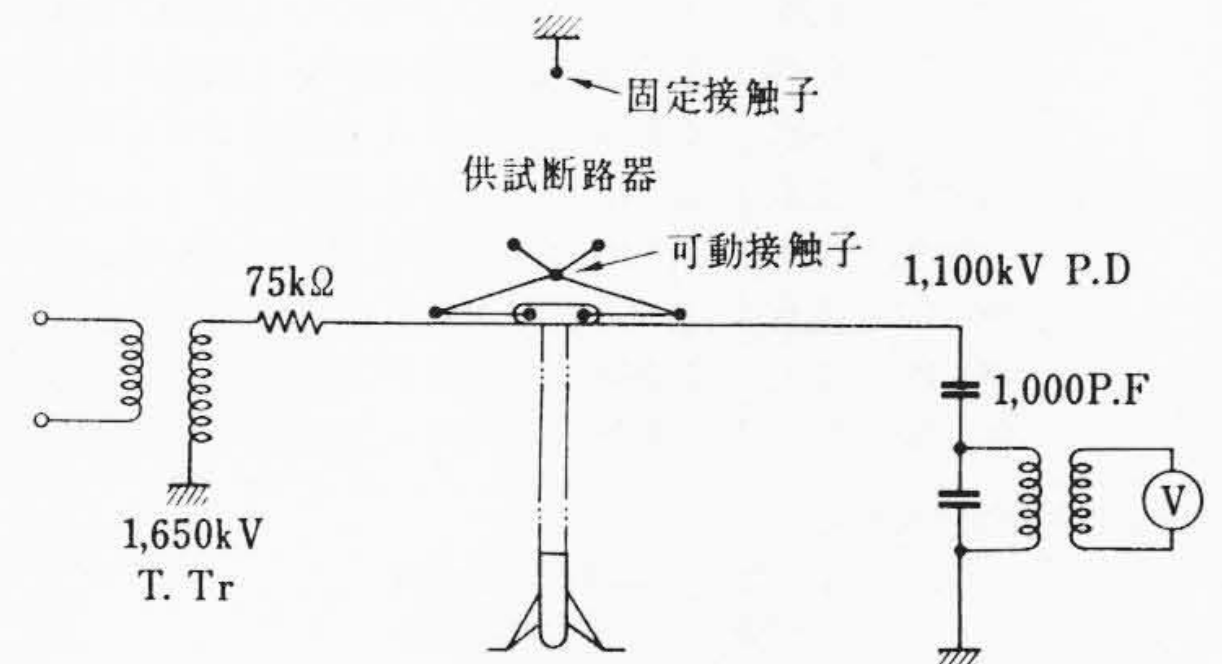
ような部分の電圧降下はきわめて小さいものであり、良好な接触であることを示している。

4.2.3 接触圧力と接触抵抗

固定接触子は母線のゆるみにより上下するため可動接触子の接



第9図 短時間電流オシログラム



第10図 550 kV パンタグラフ形断路器商用周波試験回路

触位置が異なってくる。このことにより接触圧力がどのように変化し、また接触抵抗がいかに変化するかを測定した。

接触圧力は接触圧力計で、接触抵抗は DC 50 A を通電して電圧降下で測定した。試験結果は第6表のとおりで、可動接触子はいかなる位置で固定接触子をはさみ込んでも、十分な接触圧力を有しており、接触抵抗もほとんど変化しないことがわかった。

4.3 短時間電流試験

供試品がきわめて大きく、据付場所および試験設備の関係上、正規の状態に組み立てて試験することができないので、導電部分を水平に置き試験を行なった。

短時間電流は 32.6 kA を 2.17 秒間流したが、各部になんら異常はなく、設計値 32 kA、2 秒間は十分満足することが確認された。第9図にオシログラムを示す。

4.4 絶縁試験

本断路器の対地間および異相間の衝撃波耐電圧値および商用周波耐電圧値をそれぞれ 1,675 kV および 745 kV とした。また同相極間衝撃耐電圧値は対地絶縁強度の 115%，同相極間商用周波耐電圧値は 905 kV とした。

4.4.1 衝撃波耐電圧試験

衝撃波耐電圧試験は乾燥状態において、対地間に対しては正極性 1,690 kV、負極性 1,750 kV を連続 5 回印加し、同相極間に対しては正、負両極性 2,050 kV を 5 回連続して印加したが、なんら異常は認められなかった。

4.4.2 商用周波絶縁試験

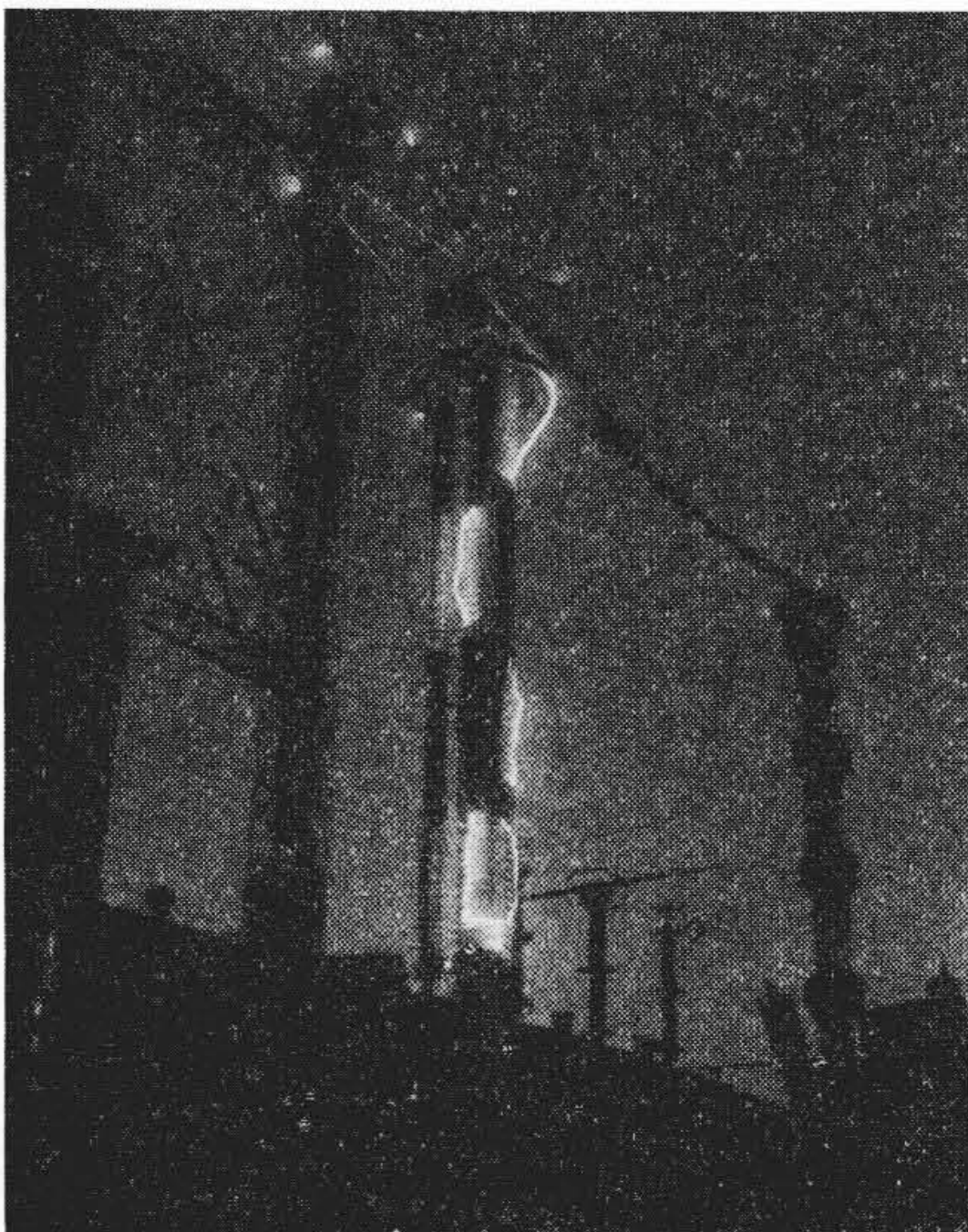
商用周波絶縁試験は第10図に示すような回路で、乾燥および注水状態において、耐電圧試験およびせん絡試験を行なった。

第8表に衝撃波、商用周波の耐電圧試験結果および商用周波のせん絡試験結果を示す。第11図は乾燥時 1,110 kV の商用周波を印加し、せん絡試験を行なった際のがいし沿面のせん絡状況を示したものである。

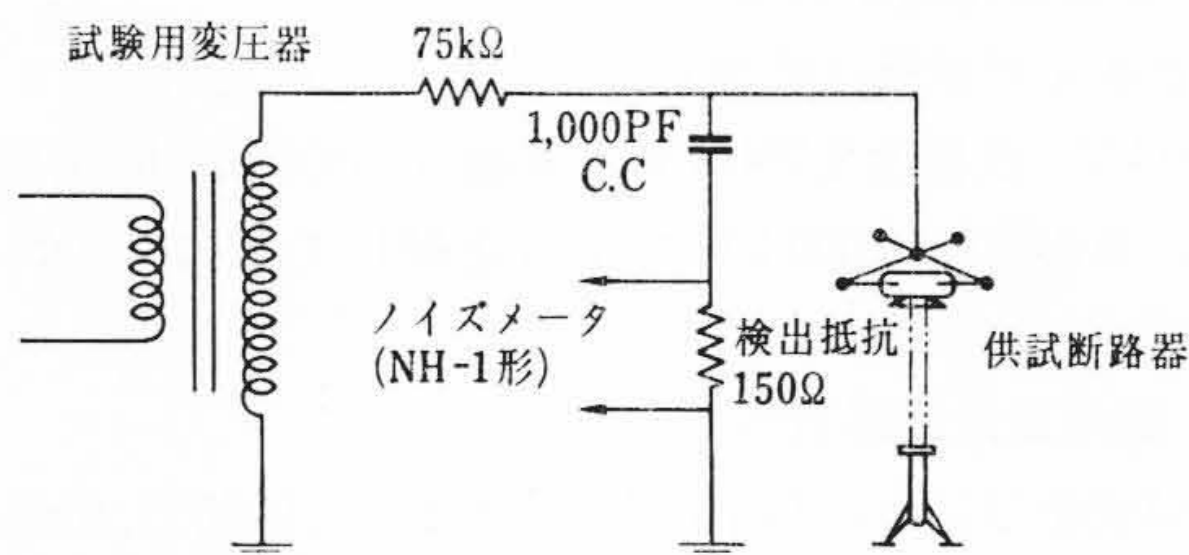
4.5 コロナ試験

わが国の電力機器においてはコロナノイズの規定はなんらなされていないが、500 kV 級超高圧送変電機器においては、電力損失のみならずラジオ障害などの点からも、特にコロナノイズの問題が重要になる。このため参考試験として、NEMA 法およびアンテナ法により、種々の電圧を印加しコロナノイズの測定を行なった。測定周波数は 1 Mc/s で、準ピーク値および平均値を測定した。アンテナ

第 8 表 絶 縁 試 験 結 果					
試験項目	印加電圧 の 種 類	測定位置	測定 条件	印加電圧 (kV)	備 考
耐電圧試験	衝 撃 波	大地間	乾燥	⊕1,690	連続 5 回印加 異常なし
		大地間	乾燥	⊖1,750	連続 5 回印加 異常なし
		極 間	乾燥	⊕2,050	連続 5 回印加 異常なし
		極 間	乾燥	⊖2,050	連続 5 回印加 異常なし
	商用周波	大地間	乾燥	965	1 分間異常なし
		極 間	乾燥	965	1 分間異常なし
		大地間	注水	905	10秒間異常なし
		極 間	注水	905	10秒間異常なし
せん絡試験	商用周波	極 間	乾燥	1,080	昇圧途中支持がいし沿面フラッシュオーバー
		極 間	乾燥	1,110	印加 7 秒後がいし沿面フラッシュオーバー
		極 間	乾燥	1,110	印加 4 秒後がいし沿面フラッシュオーバー
		大地間	注水	1,070	支持がいし沿面フラッシュオーバー
		大地間	注水	1,140	支持がいし沿面フラッシュオーバー
		大地間	注水	1,140	支持がいし沿面フラッシュオーバー
		極 間	注水	1,080	支持がいし沿面フラッシュオーバー
		極 間	注水	1,080	支持がいし沿面フラッシュオーバー
		極 間	注水	970	支持がいし沿面フラッシュオーバー
		極 間	注水	970	支持がいし沿面フラッシュオーバー
(注) 試験時諸条件は次のとおり					
注 水 量		水平成分	2.0 mm/min		
		垂直成分	6.0 mm/min		
注水固有抵抗		12 kΩ-cm			
水 温		6℃			
気 象 条 件		気圧 764.9 mmHg, 気温 6.5℃ 湿度 6g/cm ³ (74%)			



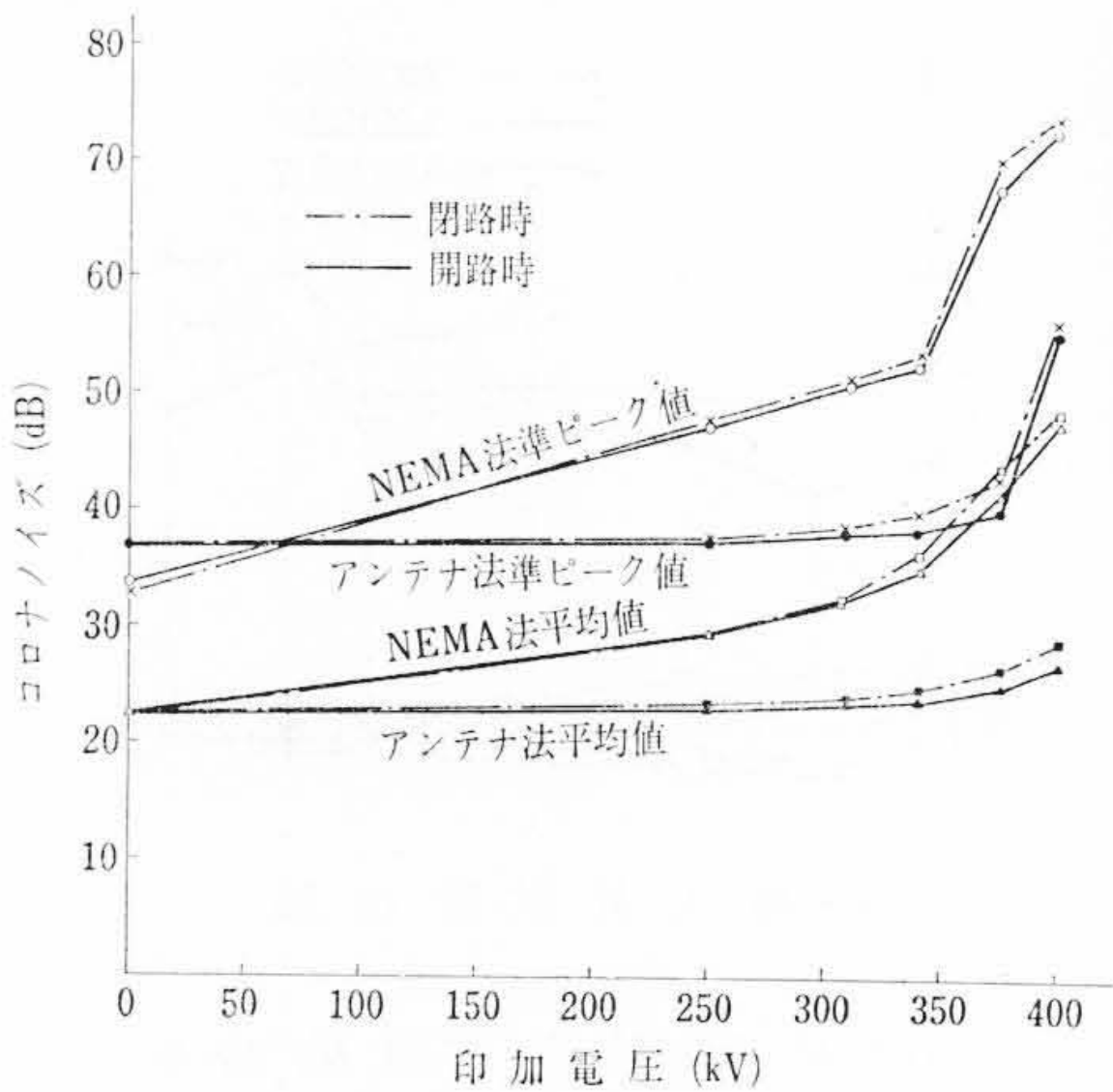
第 11 図 商用周波せん絡試験状況 (印加電圧 1,110 kV)



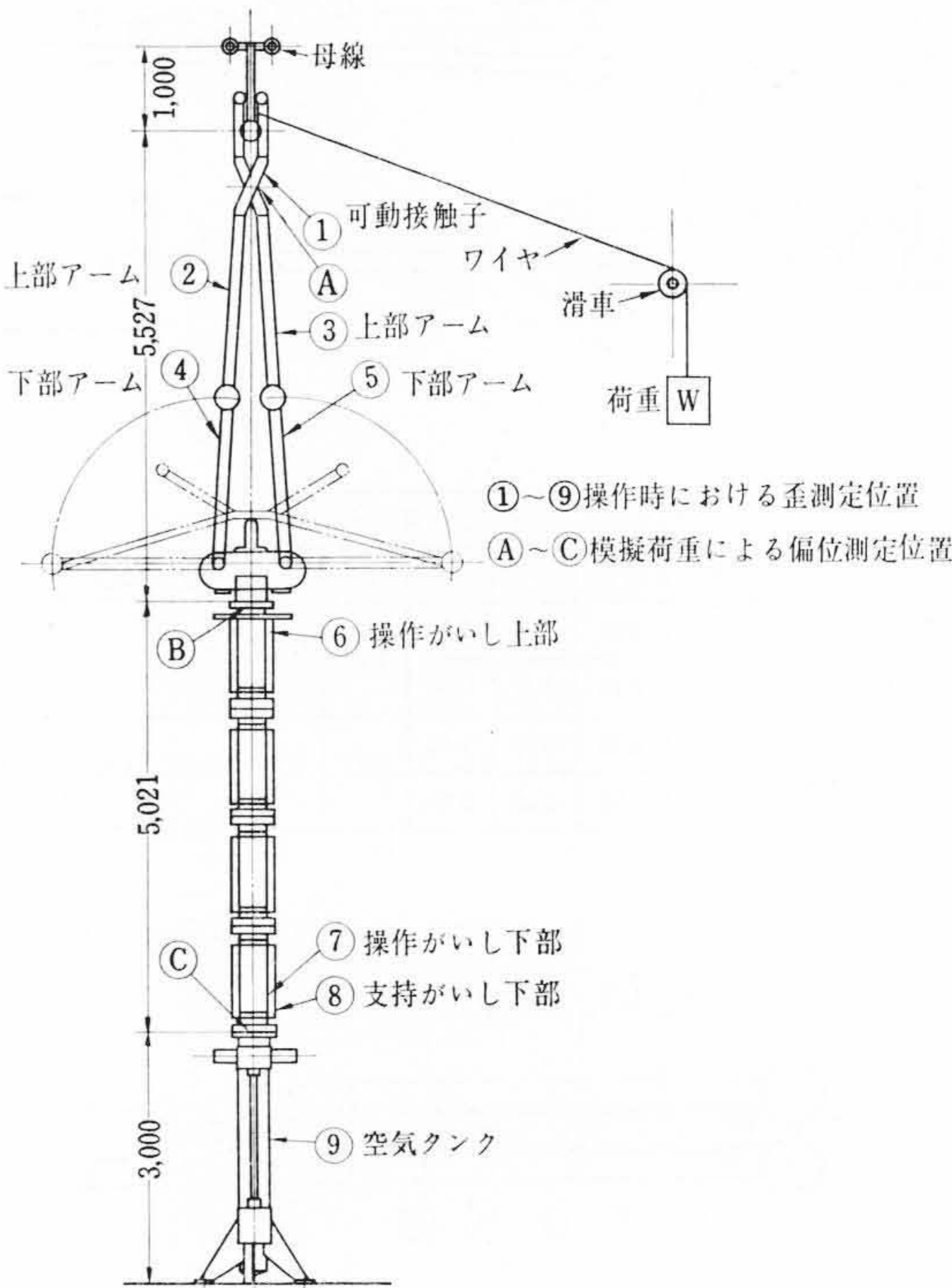
第 12 図 NEMA によるコロナノイズ試験回路

法は供試品との水平距離 6 m, 地上高さ 3 m の位置で, NEMA 法は第 12 図に示すような回路で測定した。

試験結果を第 13 図に示す。この結果 NEMA 法では 340 kV 程度からコロナノイズは急激な増加を示し, 400 kV で準ピーク値は 73~74 dB である。アンテナ法でも 340 kV 程度から増加を示し, 400 kV で準ピーク値は 55dB 程度である。NEMA 法では 250 kV のとき 0 kV のときより約 15 dB 増加しているが, アンテナ法では増加していない。これはアンテナ法では, 印加線で発生するコロナノイズに対しては測定距離が大で感度が悪く検出しにくい, 供試



第 13 図 NEMA 法およびアンテナ法によるコロナノイズ測定結果



第 14 図 偏位量およびひずみ測定方法

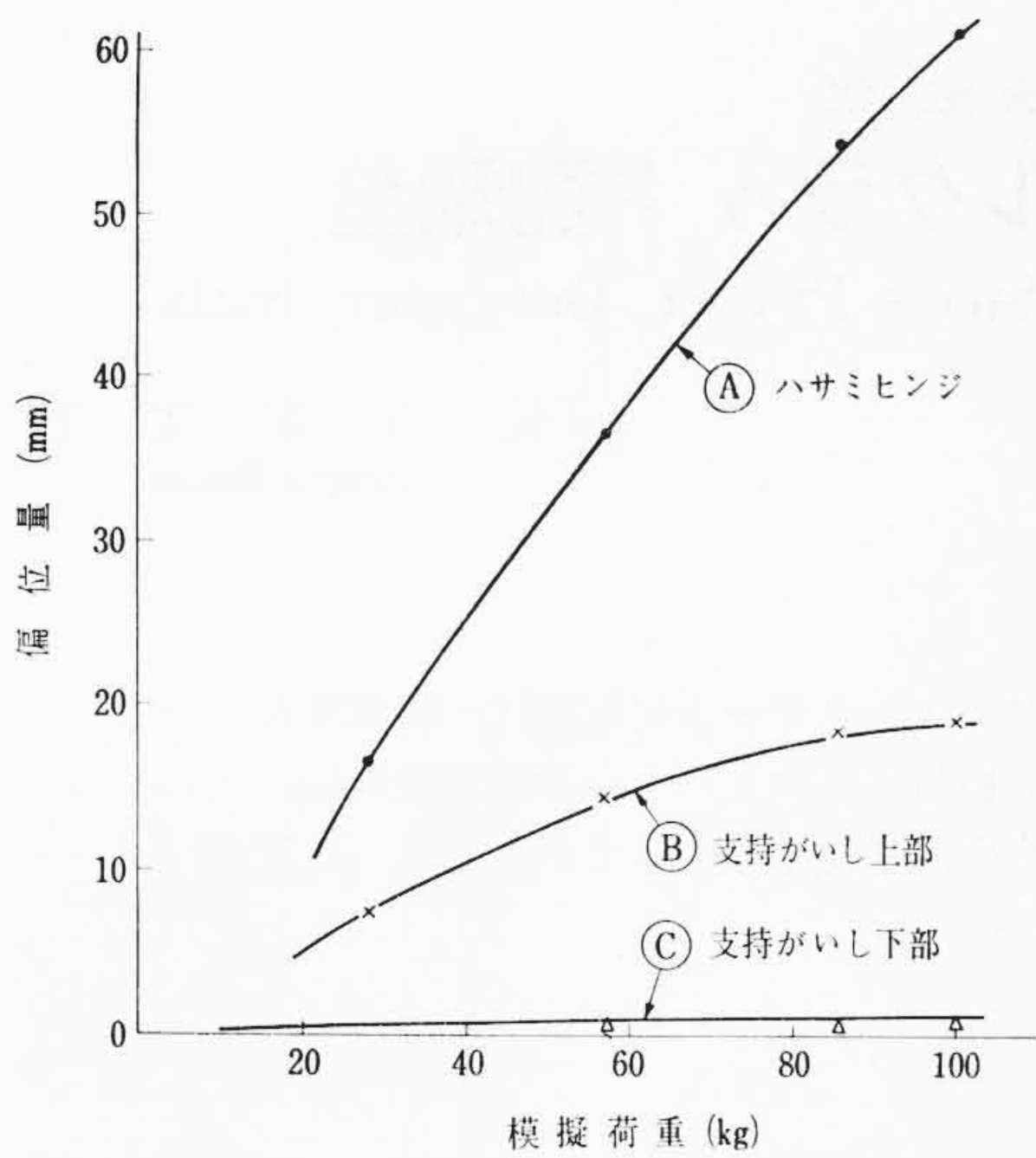
品で発生するコロナノイズに対しては距離が近い検出感度が良く, このような違いがでたものと思われる。したがって超高圧機器のコロナノイズ測定においては, 機器自体のコロナノイズを測定する意味において, 印加線で発生するノイズに対しては感度の悪いアンテナ法が合理的であると考えられる。

なお測定時の気象条件は下記のとおりであった。

気 圧 755.3 mmHg
気 温 9.7℃
湿 度 78%

4.6 そのほかの参考試験

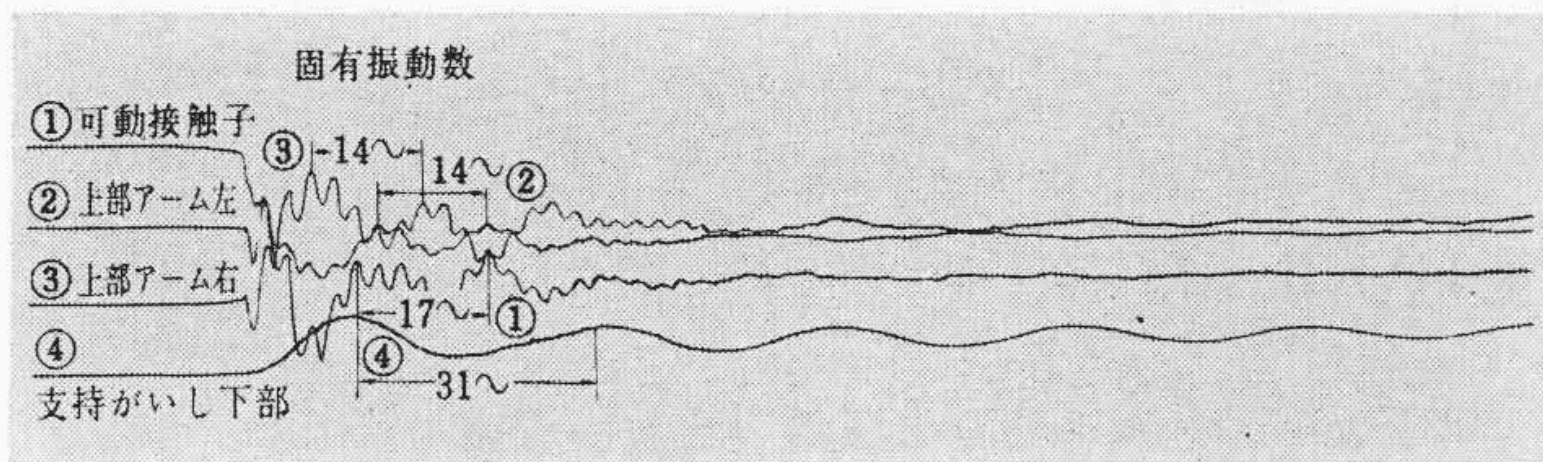
参考試験として風圧, 電磁力, 地震などが加わった場合を想定し, 断路器頂部に模擬荷重を加え, 各部の偏位量を測定した。またパイプ母線を断路器に直接接続する場合は, パイプの微風振動と関連してそれぞれの固有振動数が問題となるので, これも測定した。そのほか, 開閉操作時の各部の応力を測定し, 機械的に十分なる強度を有しているかを検証した。



第 15 図 模擬荷重による各部の偏位量

第 9 表 550 kV パンタグラフ形断路器における各部の固有振動数

測定箇所	固有振動数	
	周期 (sec)	振動数 (c/s)
可動接触子	0.34	2.94
上部アーム	0.28	3.57
上部アーム	0.28	3.57
支持がいし	0.62	1.61



第 16 図 固有振動数オシログラム

4.6.1 荷重による偏位試験

模擬荷重による偏位試験は第 14 図に示すように、接触部にワイヤを掛け滑車を介して荷重をつるようにした。荷重値は 28, 57, 85, 100 kg と変え、各部の偏位量を測定した。試験結果は第 15 図に示すとおりである。荷重 100 kg は風速 40 m/s 時の荷重値の約半分の荷重であるが、これを 200 kg としても接触部の偏位は正常位置にたいして ± 12 cm 程度であり、可動接触子許容偏差 ± 40 cm に対して十分小さく問題ない。

第 10 表 開閉操作時における各部のひずみ測定結果

		最大ひずみ ($\times 10^{-6}$)			最大応力 (kg/cm^2)			安全率		
操作圧力 (kg/cm^2)		11.25	15.0	16.5	11.25	15.0	16.5	11.25	15.0	16.5
操作電圧 (V)		75	100	110	75	100	110	75	100	110
閉 路 操 作	① 可動接触子	23.0	22.0	22.0	80.5	77.0	77.0	33.6	35.1	35.1
	② 上部アーム	25.3	24.6	23.6	88.5	86.1	82.7	30.5	31.4	32.7
	③ 上部アーム	24.3	20.0	23.6	85.0	70.0	82.6	31.8	38.6	32.7
	④ 下部アーム	50.0	44.2	49.4	175	151	173	15.5	17.9	15.6
	⑤ 下部アーム	60.0	58.5	57.7	210	205	202	12.8	13.1	13.3
	⑥ 操作がいし上部	18.2	17.5	16.7	50.1	48.2	45.9	4.4	4.5	4.8
	⑦ 操作がいし下部	26.4	26.0	28.0	72.6	71.5	77.0	3.0	3.1	2.8
	⑧ 支持がいし下部	10.8	9.2	8.8	40.5	34.5	33.0	19.8	23.2	24.2
	⑨ 空気タンク	4.4	3.5	4.3	48.3	36.8	45.2	78.8	103	84.1
開 路 操 作	① 可動接触子	29.0	15.0	13.9	102	52.6	48.7	26.5	51.3	55.5
	② 上部アーム	27.3	16.7	14.7	95.6	58.5	51.5	28.2	46.2	52.5
	③ 上部アーム	19.5	17.8	15.3	68.3	62.3	53.6	39.5	43.3	50.4
	④ 下部アーム	50.8	51.7	50.8	178	181	178	15.1	14.9	15.1
	⑤ 下部アーム	61.5	63.4	60.6	215	222	212	12.5	12.1	12.7
	⑥ 操作がいし上部	14.0	15.5	14.5	38.5	42.7	39.9	5.7	5.1	5.5
	⑦ 操作がいし下部	21.4	23.0	24.0	58.9	63.3	66.0	3.7	3.5	3.3
	⑧ 支持がいし下部	5.0	5.0	5.0	18.8	18.8	18.8	42.5	42.5	42.5
	⑨ 空気タンク	1.8	1.7	2.1	18.9	17.8	22.1	201	214	172

4.6.2 固有振動数測定

第 14 図のように加えておいた荷重を急激に切り離し、電磁オシログラムにて各部のひずみを測定し、これから固有振動数を算出した。試験結果を第 9 表に、オシログラムを第 16 図に示す。300 kV 水平 2 点切形断路器の固有振動数が約 6 c/s 程度であるからそれよりもさらに小さな振動数である。

4.6.3 開閉操作時のひずみ測定

開閉操作時の各部分のひずみを操作電圧、操作圧力を変えて測定を行なった。試験結果は第 10 表のとおりで、安全率は各部分とも十分であることがわかった。

5. 結 言

500 kV 級超高圧送電は、わが国でも建設の段階にはいろいろとある。かかる電力界のすう勢のもとに日立製作所は定格電圧 550 kV、定格電流 3,000 A 圧縮空気操作式パンタグラフ形断路器を開発した。

本断路器は支持柱と空気タンクを兼用しており、導電部分には耐食アルミパイプを用いて軽量化するとともに、圧縮空気操作器を 2 シリンダ形常時充気式として操作の円滑を図った。そのほか配管の簡潔化や据付面積の縮小化を図っている。操作特性や絶縁特性のすぐれていることは試験結果が証明しており、十分使用に耐えるものと確信する。

参 考 文 献

- (1) 中島：電気公論 38, 29 (昭 37-2)