

66 kV OF ケーブル用簡易形接続箱の開発

Development of Prefabricated Joints for 66 kV-class Oil-filled Cable

金子 輝 雄*
Teruo Kaneko

深 沢 正 名**
Masana Fukasawa

井 出 成 夫***
Shigeo Ide

安 藤 順 夫**
Nobuo Ando

熊 沢 武 寿***
Takeju Kumasawa

要 旨

われわれは今回、66 kV 級単心 OF ケーブル用接続箱を対象として従来の性能を保持し得てしかも省力化、寸法縮小化を目標に簡易形接続箱の開発を試みた。開発した接続箱は油止接続箱 1 種類と普通接続箱 3 種類で、接続箱を簡易化するため、エポキシ樹脂材料を用いて接続箱内部の絶縁構成をプレハブ化するとともに、導体スリーブ圧縮接続後の成形仕上げを不用にし、寸法の縮小と施工時間の短縮を図った。簡易形接続箱の初期特性は現用のものと同等あるいはそれ以上である。現在、実負荷試験を行なってその長期安定性を確認しつつある。

1. 緒 言

電力ケーブルの各種接続箱としては形が小さく、施工が簡単で、しかも性能の安定したものが望まれている。すでにわれわれは 22 kV 級接続部について準成形タイプの各種接続箱を開発したが⁽¹⁾、今回さらに 66 kV 級 OF ケーブル用接続箱を取り上げてその簡易化に着手した⁽²⁾。本報告は油止接続箱と直線接続箱の開発経過を記述したものである。

2. 接続箱簡易化の要点

現用の 66 kV 級単心 OF ケーブル用接続箱の改善にあたって、われわれは特に下記の項目を目標にした。

- (1) 寸法の縮小化
- (2) 作業の省力化と施工時間の短縮
- (3) 性能の安定化と信頼度の向上

第 1 の目標である寸法縮小に関しては人孔の長さの縮小が土木工事費の低減につながるもので、エポキシベルマウスを用いて長さ方向の短縮を図った。

第 2 の作業省力化という目標は内部絶縁構成のプレハブ化によってのみ達成されるので、絶縁体としてエポキシ注型品を多用して内部構造をユニット化した。また従来の 66 kV 級接続箱の施工において長時間を要している作業は、

- (1) 導体接続圧縮スリーブの成形仕上げ（一相分約 2 時間）
- (2) ケーブル絶縁体のステッピングと紙巻作業（一相分約 20 分）
- (3) 鉛工（一相分約 40 分）

であり、上記 3 作業でケーブルの切断から真空引き開始までの施工時間の約 80% を占めている。圧縮スリーブの成形仕上げについてはその上にシールド電極をかぶせるか、スリーブケースでおおうかの二つの方法が考えられる。第 2 の紙巻作業は油浸紙をできるだけ少なくして、絶縁の主体を油に置くことが考えられる。なお鉛工に関しては別に研究が行なわれているのでここでは省略する。

第 3 は性能安定化である。個人差や熟練度の影響を少なくするためには接続箱の内部構造をプレハブ化することが必要である。

3. 簡易形油止接続箱

3.1 構造および特徴

油止接続箱は普通接続箱と異なり、油止めのために固体絶縁体が必要であり、しかも限られた寸法内で接地電極と高圧電極の間に油通路を作らねばならない。現用の油止接続箱は油止素子として磁器碍子(がいし)を使用しており、構造が複雑なので作業には熟練を必要とし、かつ作業時間も長時間を要する。

そこで油止素子としてエポキシ絶縁体を使用した図 1 の構造の油止接続箱を試作した。現用のものと異なる点は次のとおりである。

- (1) 導体スリーブはシールド電極をエポキシモールドした中央

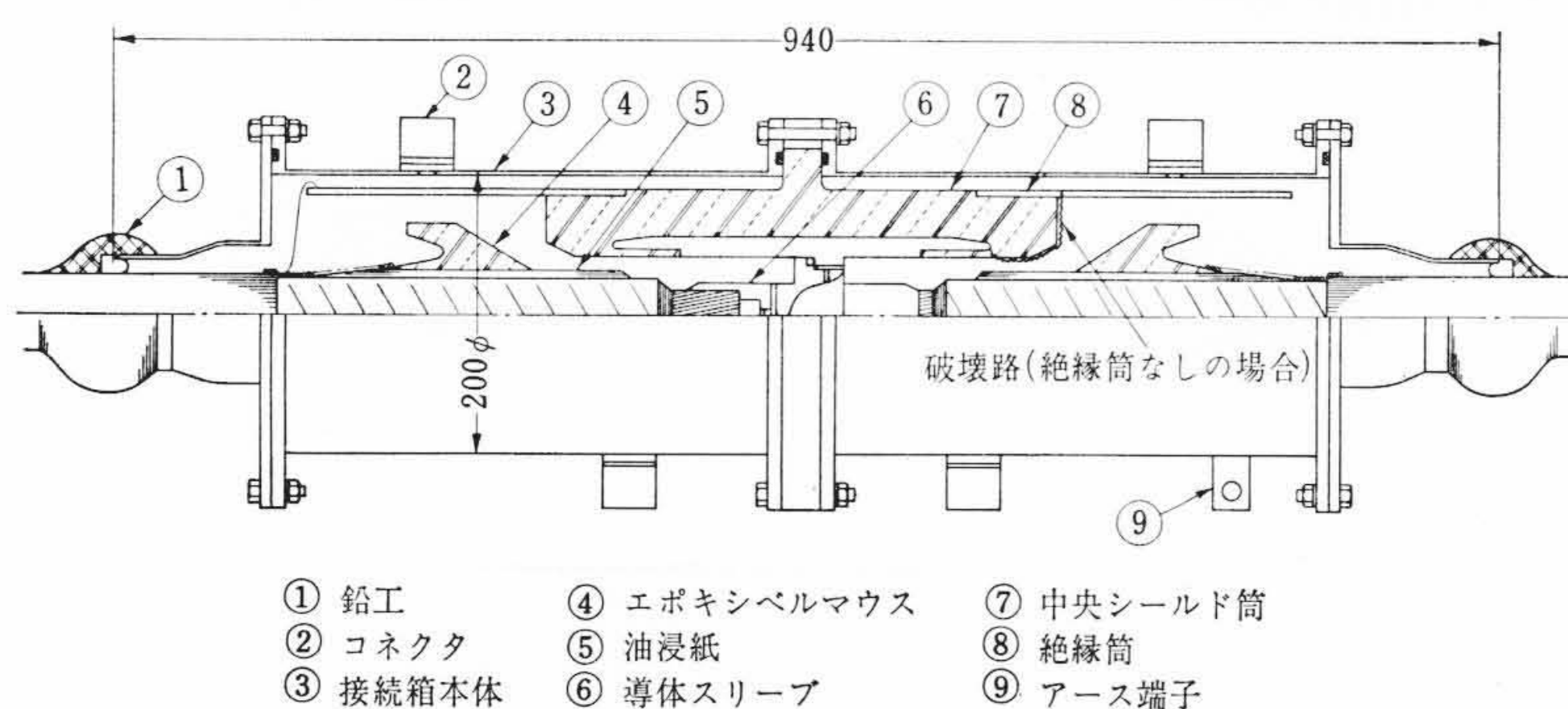


図1 簡易形油止接続箱

* 東京電力株式会社
** 日立電線株式会社研究所
*** 日立電線株式会社日高工場

シールド筒によりおおわれており、スリーブ圧縮接続後の成形仕上げが不要である。

- (2) ストレスコーン部にエポキシベルマウスが用いられ、長さが大幅に短縮されている。
- (3) 油浸紙はエポキシベルマウスの下巻油浸紙のみであり、内部構造は完全プレハブ化に近く、作業時間の短縮ができるとともに真空脱気時間の短縮も可能となる。

3.2 予備試験

図1のように簡易形油止接続箱は従来のものと大幅に構造が変わっているため以下の予備実験を行なった。

3.2.1 導体スリーブに関する検討

導体スリーブをシールド電極でおおうため、現用標準形に比べ高圧電極部が大きくなる傾向にあり、これを押えるには導体スリーブをなるべく小さくすることが望ましい。この観点から従来の導体スリーブ設計法を再検討し、導体スリーブ自身の小形化を図った。

導体スリーブ形状に関しては、

- (1) 引張強度が導体破断強度の50%以上であること。
 - (2) 導体接続部分と導体自身の電気抵抗が同等であること。
- の制限がある。長さおよび厚さを変えて数種のスリーブを作り、試験した結果導体スリーブの形状としては、
- (1) 導体と導体スリーブの接触面積が導体断面積の5倍以上であること。
 - (2) 圧縮接続後の導体スリーブの断面積が導体の計算断面積と同等以上であること。

の2条件を満足するものであればよいことがわかった。従来のスリーブに比べると、シールド電極を用いるので、スリーブの成形仕上げが不要であり、したがってテーパ部も不要であるので、全体としてこれまでのスリーブより40～50%小形化された。なおシールド電極は中央シールド筒内に埋め込まれており、導体スリーブの圧縮接続後、スリーブ上にねじ込まれる。

3.2.2 エポキシ絶縁体に関する検討

エポキシ絶縁体はこれまで高電圧ケーブル用接続箱、終端箱内のストレスコーン部に用いられ、その信頼性は実証されているが、高圧電極に直接接して主絶縁体として用いられた例は少ない。また図1の中央シールド筒のように金属に直接モールドした場合には初期の電気特性および長期の電氣的劣化や熱的安定性を確認する必要がある。

今回の開発にあたり、エポキシ材料の初期電気特性を再検討し、エポキシ絶縁体の設計上の絶縁耐力として、

交流に対して 8 kV/mm
インパルスに対して 20 kV/mm

を設計の目安にした。

一方、金属を埋め込んだエポキシモールド品に温度変化が加わると金属とエポキシ樹脂の熱膨張係数の差から亀裂(きれつ)やハ

ク離が発生する危険がある。そこで図1のエポキシ主絶縁体と同様の銅パイプ埋め込みエポキシモールド試料を作り、5℃以下の冷水と95℃以上の熱湯中に30分ずつ交互につける冷熱試験を10回、-30℃と90℃(各3時間)の条件のヒートサイクル試験を360回行ない異常ないことを確認した。このような過酷な試験に耐えているので実用上は問題ないものと思われる。

3.3 試作および試験

以上の検討に基づき図1の構造の油止接続箱の試作試験を行なった。この油止接続箱は交流耐圧240 kV、インパルス耐圧600 kVを目標に設計されたものである。接続箱全体の寸法は直径200 mm、鉛工間長さ940 mm(以後200 mmφ-940 mmと略称する)であり、現用の200 mmφ-1,800 mmに比べほぼ半分になっている。

油止接続箱は6回の試作、試験の結果、交流耐圧240 kV、インパルス破壊電圧560 kVの性能のものが得られた。試作当初、図1で絶縁筒のない構造で試験したところ、交流耐圧は良好であったがインパルスに対して460～510 kV(シールド電極上の最大電位傾度16.8～19.7 kV/mm)で破壊した。破壊はいずれも中央シールド筒の側面クリープ破壊であった(図1内の破壊路参照)。そこで中央シールド筒の両側から絶縁筒を差し込む構造にしたところ良好な結果を得ることができた。

3.4 組立施工時間

簡易形油止接続箱の組立施工時間は、内部構造をプレハブ化した結果、導体むき出しから鉛工完了まで約2時間となり、従来の7～8時間に比べ1/4に短縮された。

施工時間の中で最も長時間を要している作業は鉛工作業である。火気を使用し、熟練を要する鉛工作業は時間短縮の点からも好ましくないので無鉛工方式を検討中である。

3.5 油止試験

簡易形油止接続箱の油止機構は図1に示したように、接続箱の気密を兼用したパッキング部と左右の油をしゃ断するOリング部とから成っている。

この油止機構は従来の機構と異なっているため、特に油止試験を行なったが異常はなく、じゅうぶんな性能を持っているものと判断された。

4. 簡易形普通接続箱

現用66 kV級普通接続箱は、内部絶縁がすべて油浸紙で構成されており、施工時間が長く熟練も要する。今回の開発では接続箱の外径は多少大きくなっても、内部絶縁をプレハブ化することにより施工時間の短縮をねらいとし、3種の簡易形普通接続箱を開発した。以下それぞれA形、B形およびC形とし、各接続箱の概略図を図2、図3および図4に示した。なお設計はいずれも油止接続箱と同じく交流耐圧240 kV、インパルス耐圧600 kVを目標とした。

4.1 簡易形普通接続箱—A形

本接続箱は図2のように、油浸紙と油の組合せ絶縁であり、現用

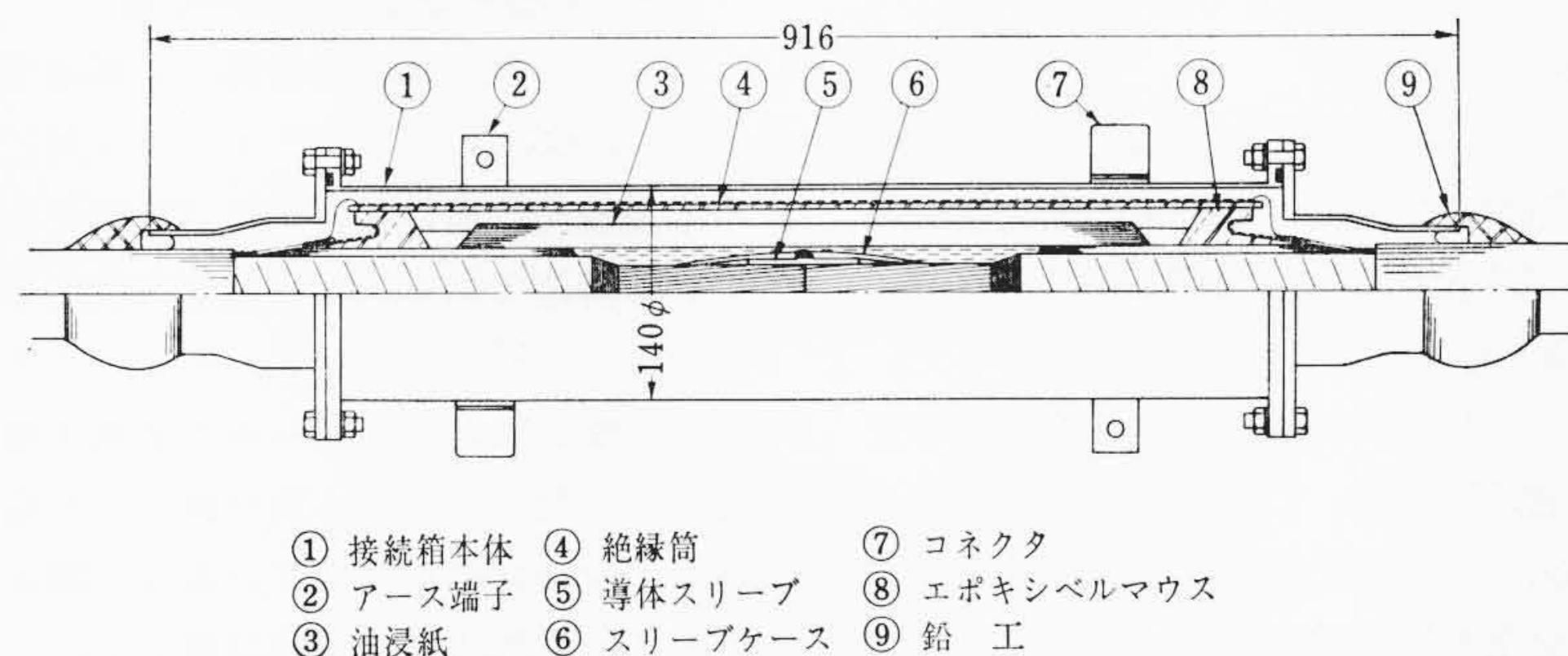


図2 簡易形普通接続箱—A形

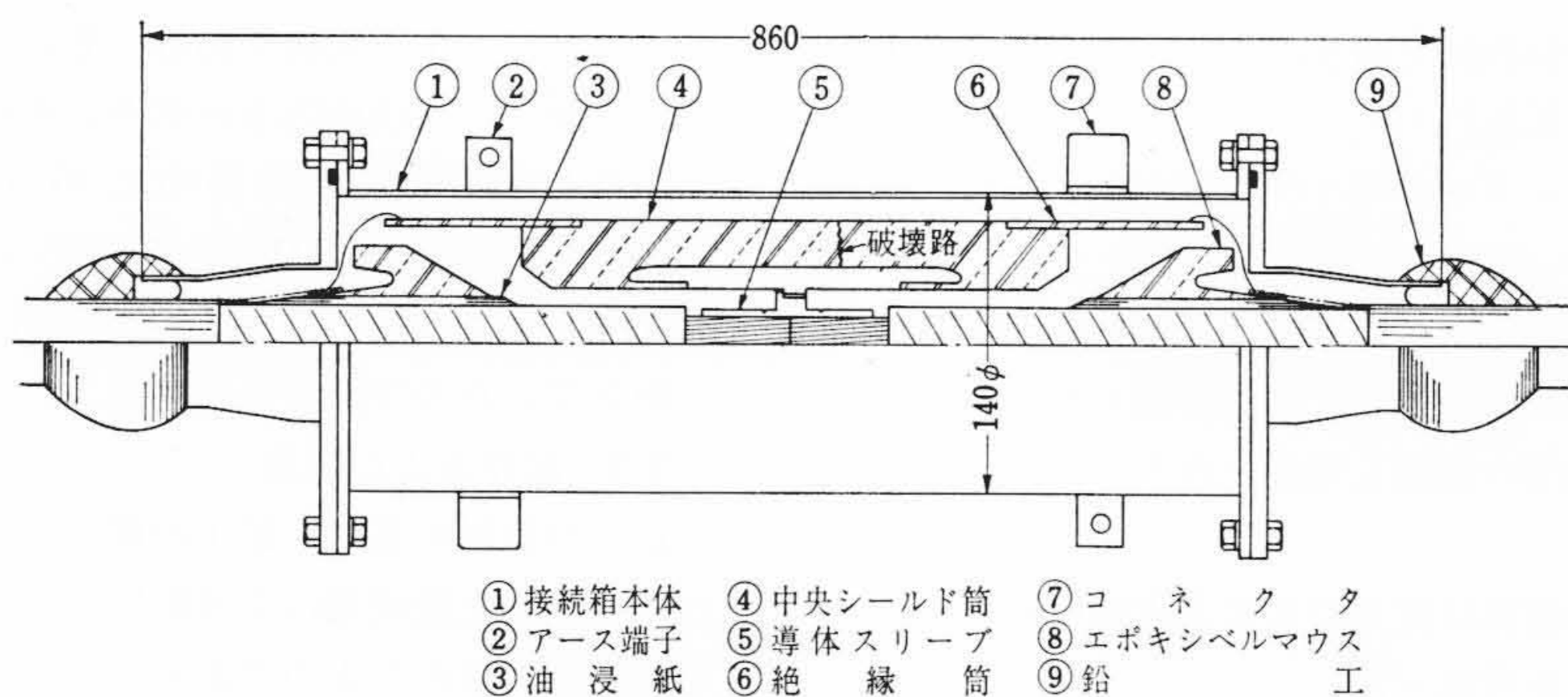


図3 簡易形普通接続箱—B形

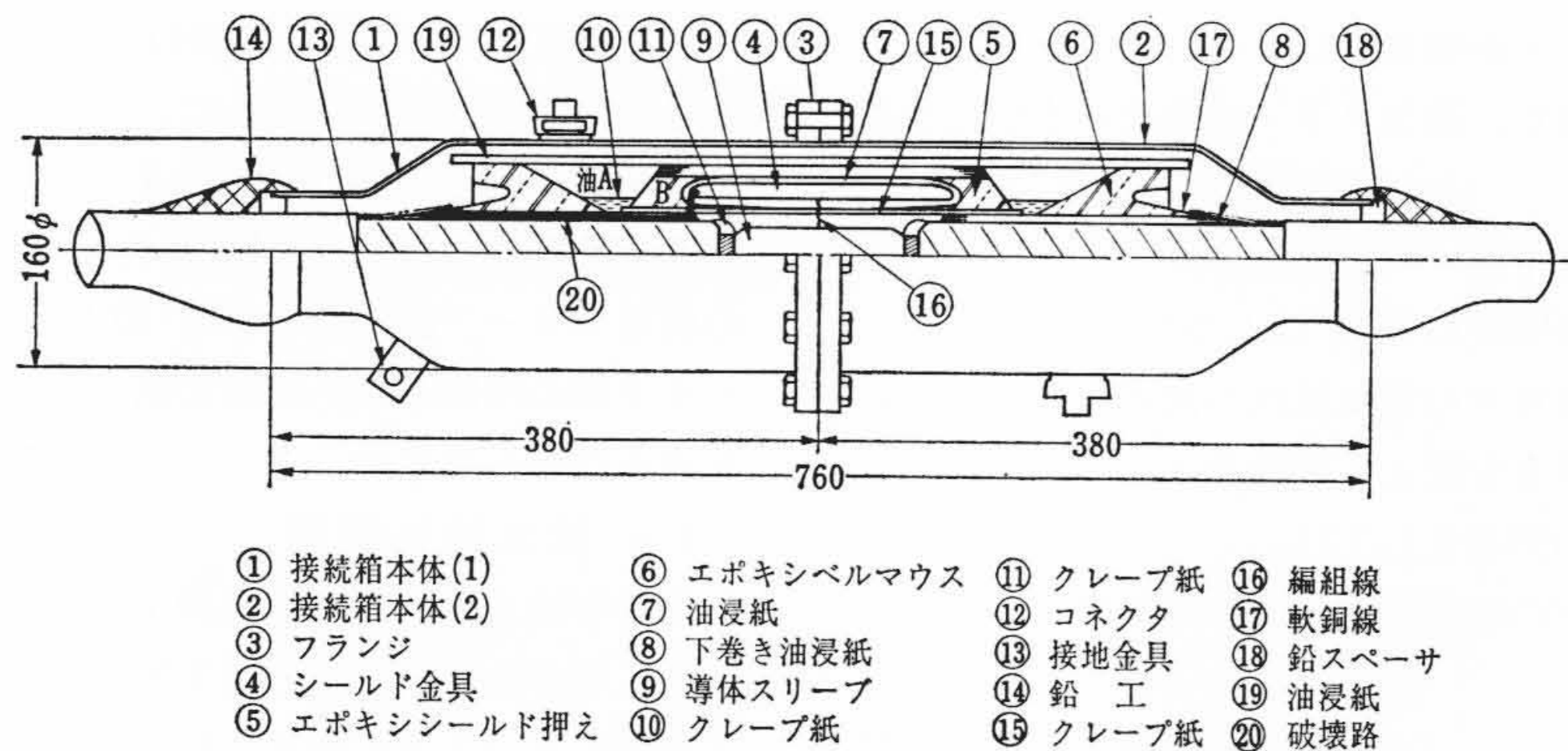


図4 簡易形普通接続箱—C形

形に比べ次のような特徴を持っている。

- (1) 導体接続部は、図5に示されているように、圧縮スリーブの上にあらかじめ仕上げてあるスリーブケースをかぶせる構造となっており、スリーブ圧縮後の成形仕上げが不要である。このため図2のように導体むき出し部分が長くなり、クレープ紙を巻く量が増すが、導体スリーブの仕上げがなくなるため作業時間はかなり短縮される。
- (2) ストレスコーン部にはエポキシベアリングを用いた。また接地電極は絶縁筒上にアルミ箔(ハク)を巻きつけて形成し、油中露出金属面に直接電界が加わらないようにしている。中間部は油絶縁で油浸紙巻量は少ない。

この普通接続箱—A形の試作、試験では接地電極径を124 mmφに、導体スリーブの長さを130 mmにしたが、交流およびインパルス試験とも接続箱部分で破壊したものはなく、いずれも交流耐圧240 kV、インパルス耐圧580 kVであった。したがって本接続箱は径、長さともさらに縮小することによりクレープ紙による谷埋部を少なくすることが可能であると考えられるが、クレープ紙による谷埋は見かけほど長時間を要しない。1相あたりのケーブル切断から真空引き開始までの組立施工時間は1時間50分であった。

4.2 簡易形普通接続箱—B形

この接続箱は図3に示したように、簡易形油止接続箱を普通接続箱に応用したもので、設計、構造および特徴とも図1の油止接続箱と同じである。本接続箱の性能は交流破壊電圧240 kV、インパルス耐圧580 kVであり、施工時間は最も短く1時間20分であった。交流長時間耐圧試験では2回とも240 kVで中央シールド筒の中央部(図3中の破壊路参照)を貫通破壊した。したがって破壊は構造的な原因ではなく、エポキシ絶縁体自身に起因するものと考えられる。このときのシールド電極表面上の最大電位傾度は10.3 kV/mmで、設計値8 kV/mmより高いが、試料試験から予想される値16～

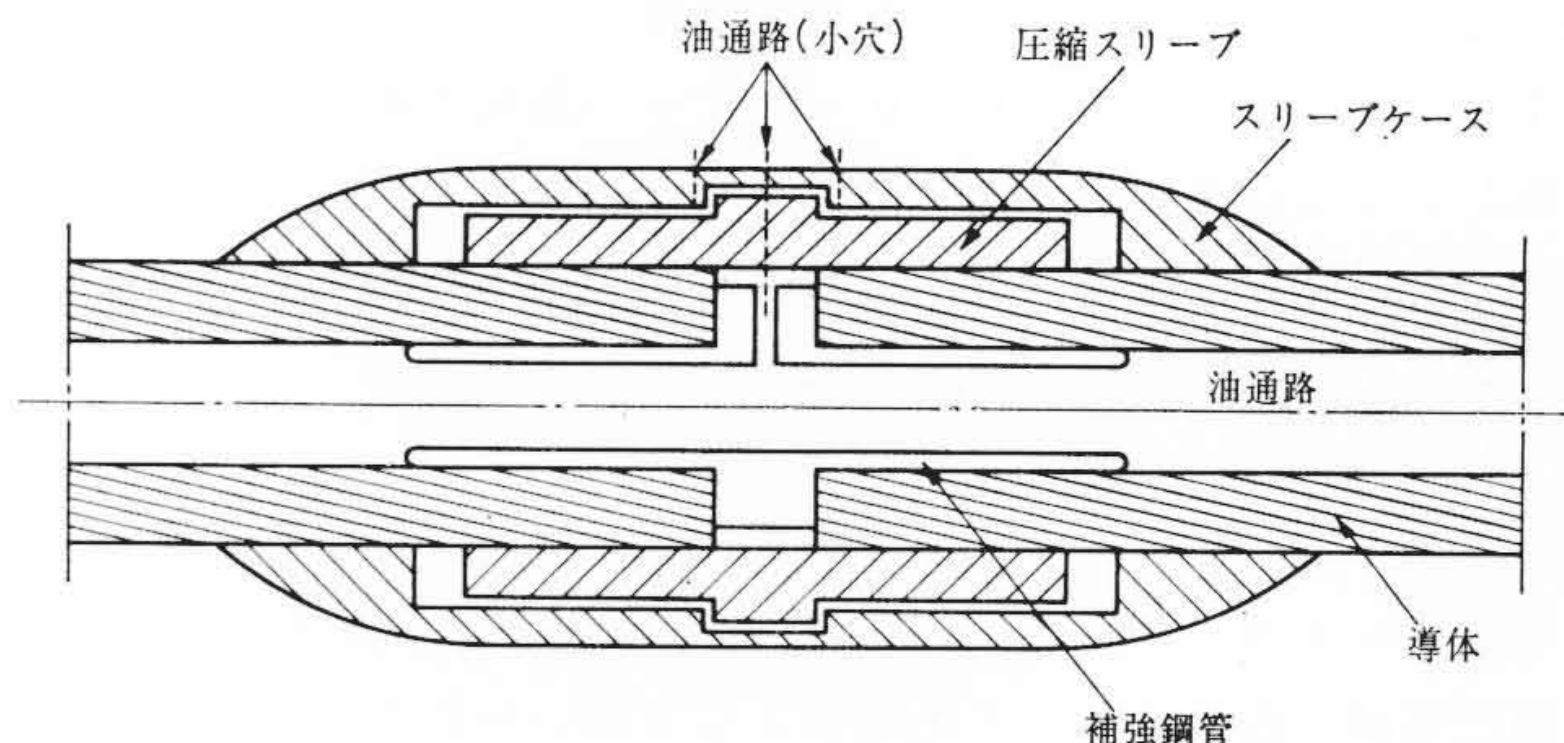


図5 簡易形普通接続箱—A形の導体接続部

20 kV/mm よりかなり低い値である。この原因として次のような点が指摘される。

- (1) エポキシ絶縁体の厚み効果が大きく、厚さを増しても耐電圧が上昇しない。
- (2) 試料試験は電圧上昇速度が5 kV/minであり、短時間破壊電圧に近く長時間の特性と異なる。

今後154 kV級への発展を考え、エポキシ材料の絶縁耐力を実用的な面から明らかにしておく必要がある。

4.3 簡易形普通接続箱—C形

図4の簡易形普通接続箱—C形はすでに試作検討された構造⁽²⁾をもとに、66 kV単心OFケーブル用として再検討したものである。

本接続箱は導体をクレープ紙巻きしたシールド金具でしゃへいしている構造である。試験結果は交流260 kV、インパルス560 kV破壊であり、破壊路は交流、インパルスとも図4中に示す経路であった。破壊路に当たるシールド金具先端部(図4中のB)にエポキシ押えを用いたため性能は前の値⁽²⁾よりも向上している(文献⁽²⁾ではB部にクレープ紙を巻いている)。図4中のA部をすべてクレープ紙で充てんすれば電気性能が向上し、シールド電極の固定方法としても改良されるが、クレープ紙巻きに長時間を要するので今回は図4

表1 各種簡易形接続箱の特性

項 目	油 止 接 続 箱	普通接続箱—A形	普通接続箱—B形	普通接続箱—C形
1. 形 状	200 mmφ— 940 mm	140 mmφ— 916 mm	140 mmφ— 860 mm	160 mmφ— 760 mm
2. 1相あたりの施工時間	2 時 間 2 分	1 時 間 47 分	1 時 間 21 分	1 時 間 59 分
3. 交 流 試 験 *1	240 kV/3 h 良	240 kV/3 h 良	240 kV/13 min 破 壊	260 kV/40 min 破 壊
4. インパルス試験 *2	560 kV/ 2回目破壊	580 kV/3回 良	580 kV/3回 良	560 kV/2回目 破 壊
5. コロナ開始電圧 *3	130 kV 以 上	130 kV 以 上	130 kV 以 上	—

注：*1 交流印加法：180 kV/3 h 耐圧，以後 20 kV/3 h で昇圧
*2 インパルス印加法：420 kV/3 回 耐圧，以後 10 kV/3 回で昇圧（負極性）
*3 検 出 感 度：8 pc

のように，一部をクレープ紙で埋めるにとどめた。なお施工時間は図4の構造のもので約2時間であった。

5. 長期安定性の検証

5.1 コロナ試験

付属品の長期の寿命を保証するには運転電圧において有害な内部コロナ放電を生じてはならない。そこで簡易形普通接続箱—A形およびB形について内部放電開始電圧を測定した。その結果，いずれも検出感度8 pcで130 kVまで内部放電の発生はなかった。実線路における異常商用周波電圧に対してもじゅうぶん安定していると推定される。なおB形と絶縁構造が類似の簡易形油止接続箱についても同様である。

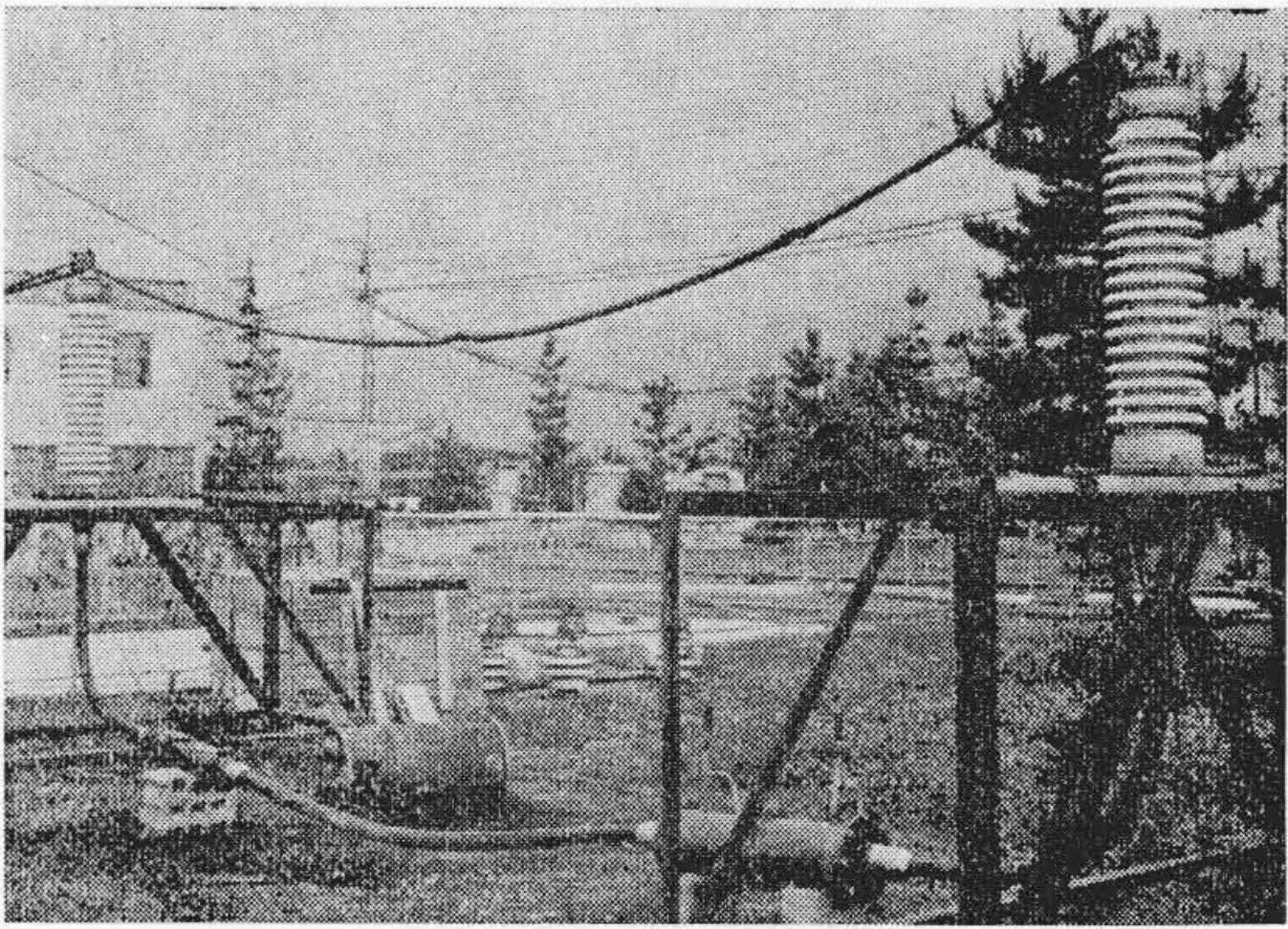
5.2 実負荷試験

簡易形接続箱の性能をまとめると表1のようになる。寸法，電気性能および施工時間の点ではほぼ所期の目的を満たす簡易形接続箱を開発することができたといえる。しかしこれら接続箱の実用化にあたっては各種導体サイズに対する部品の共用化，長期性能の確認などの問題が残されている。

簡易形油止接続箱および普通接続箱—A形については昭和44年12月から課電電圧50 kV，通電電流400 A（使用ケーブル：66 kV単心OFケーブル，400 mm²）の条件で実負試験を開始しており，46年2月現在なんら異常は発生しておらず，今後さらに試験を継続して長期安定性を実証する予定である。図6は実負荷試験状況の写真である。

6. 結 言

66 kV OF ケーブル用接続箱の簡易化を行ない，次のような結果を得た。



(大きなほう(手前)が簡易形油止接続箱，小さなほうが普通接続箱—A形)

図6 実負荷試験状況

- (1) 電気性能は従来品と同等である。
 - (2) 施工時間はいずれも従来の1/2～1/4になった。
 - (3) 油止接続箱は長さが約半分に縮小された。
- また導体スリーブの縮小化やエポキシ材料の電気性能およびヒートサイクルに対する耐力も確認された。
- この研究では無鉛工接続については言及しなかったが，この問題は別に検討中である。
- 終わりにあたり本研究に終始ご鞭撻(べんたつ)賜わった東京電力株式会社，日立電線株式会社の関係各位に対し厚くお礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 林，井出ほか5名： 昭44年電学東支大，No. 371
- (2) 加藤，沼尻： 日立評論 50，1107 (昭43-12)