

シリコンゴム製ストレスコーンを適用した IEC 110/132 kV スマート終端接続部の開発

Development of IEC Smart Cable Head Using Silicone Rubber Stress-relief Cone for 110/132 kV XLPE Cable

住本 勉 足立和久 桑木亮仙
Tsutomu SUMIMOTO Kazuhisa ADACHI Akihisa KUWAKI

当社では 2008 年に中近東、中国などの海外市場向けに特化して構造簡素化、小型化した 110/132 kV 級の終端接続部を製品リリースした。本論文では、この終端接続部に関して現地施工の簡素化、プラグイン／プラグアウト対応を主目的に、界面特性に優れたシリコン材料のストレスコーンへの適用検討、及びプラグイン／プラグアウトに最適な接続端子部の構造設計検討を行ったので報告する。各種検証を実施し、IEC 60840 の 132 kV 級の性能を有することを確認した。

We released the simplified and compact sealing end of 110/132 kV class, which is specially designed for oversea market such as Middle East area and China. In this paper, we investigate an application of silicone material which has superior interface property as stress-relief cone and the structural design of connection parts suitable for plug-in / plug-out for the purpose of simplification of assembly on site and achievement of plug-in / plug-out. We have examined that the new cable head has sufficient property of IEC 60840 132 kV class by the several investigation.

1. はじめに

電力需要の伸びが大きい中近東、中国などの海外市場では、インフラストラクチャー整備に伴い 132 kV 級（中国は 110 kV 級）の送電線路、変電設備の拡張がなされている。このような設備で機器とケーブルの接続に用いられるのが終端接続部であり、この取り付け寸法、電気性能は、IEC 規格で規定されている。規格はそれぞれ、IEC 62271-209(旧 60859)、IEC 60840 である。当社では、2008 年にスマート技術（界面形状の最適化等）を適用した IEC 規格準拠の 110/132 kV ガス中終端接続部を製品リリースした¹⁾。これは、既存の EP ゴム製ストレスコーンを適用した製品であった。今回、海外市場における現地施工の簡素化、プラグイン／プラグアウト対応を目的として、界面特性に優れたシリコン材料のストレスコーンへの適用検討、及びプラグイン／プラグアウトに最適な接続端子部の構造設計検討を行い、110/132 kV ガス中終端接続部に適用したので、報告する。

2. 開発仕様

110/132 kV ガス中終端接続部の開発に際して、IEC 規格に準拠し、下記の通りに開発コンセプトを設定した。

(1) 機器取り付け寸法

海外市場において標準採用されている IEC 62271-209 の Dry-type cable connection assembly dimensions に準拠し、機器との取り付け寸法を決定する。

(2) 互換性

既存製品の 110/132 kV ガス中終端接続部と構成部品の互換性を持たせて、本体材料を共通化する。

(3) 電気性能

IEC 規格 132 kV 級の要求性能を満足すること。また、161 kV 級の初期性能を満足すること。

(4) 施工性

現地施工の簡素化のために、ケーブルの外部半導電層のモールド処理を省略する。

(5) プラグイン／プラグアウト対応

従来の接続材料のプラグイン機能に加えて、プラグアウト（引き抜き）が可能な構造とする。

以上のコンセプトを基に、開発目標仕様（検証項目）を表 1 の通りとした。

表1 開発目標仕様

項目	規格値	参照規格
電圧階級	110/132 kV	—
適用ケーブル導体サイズ	240 ~ 1000 mm ²	—
最大短絡電流	40 kA 3秒	—
商用周波部分放電	114 kV・10分 PD発生無し	IEC 60840 132-138 kV
商用周波耐電圧	190 kV・30分	IEC 60840 132-138 kV
雷インパルス耐電圧	±650 kV・各10回	IEC 60840 132-138 kV
長期課通電	課電：AC 152 kV 通電：8 H on / 16 H off 導体温度 95 ~ 100°C ⇔ 常温 ×20 cycle	IEC 60840 132-138 kV
商用周波耐電圧 (残存性能確認)	190 kV・30分	IEC 60840 132-138 kV
雷インパルス耐電圧 (残存性能確認)	±650 kV・各10回	IEC 60840 132-138 kV
ケーブル引張荷重印加時の 部分放電特性	荷重：0.5, 1.0, 1.5, 2.0 kN PD確認	社内検証
繰り返し脱着試験	接続材料の抜き差しを 10回, 20回実施後 PD確認	社内検証

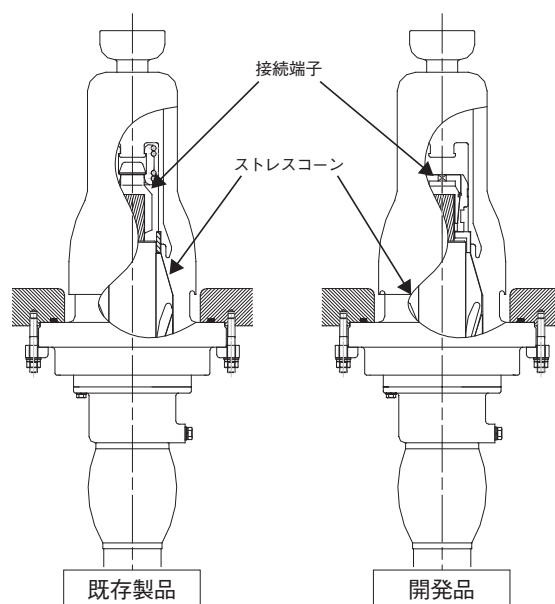


図1 ガス中終端接続部の構造比較

3. 構造・設計

図1に既存のガス中終端接続部と新規開発品の構造を示す。本体材料はエポキシと金具の一体成型品であり、新旧タイプで共通の構造である。機器との取り付け寸法は全てIEC62271-209のDry-type cable connection assembly dimensionsに準拠している。新規開発品で変更した部分は下記の通り。

(1) ストレスコーンの材料

既存製品ではEPゴム製ストレスコーンを採用していたが、新規にシリコンゴム製ストレスコーンを開発した。シリコンゴムはEPゴムよりも柔らかく界面凹凸への追随性が良いことから、従来現地施工にて実施していたケーブル外部半導電層のモールド処理を省略することが可能となる。シリコンゴム材料は、132 kV級、220 kV級の他製品で実績のある材料を採用した。

(2) ストレスコーンの設計

ストレスコーンの構造は、既存製品と構成部品の互換性を持たせるため、前面のテーパ角、外径は従来設計を踏襲し、図2、図3のような構造とした。

(3) 接続端子構造

既存製品では国内で実績のあるチューリップコンタクト構造を採用していたが、チューリップコンタクト構造は初回組立時のプラグインを目的に設計されており、繰り返し抜き差しする用途には不向きである。開発品では、抜き差しを考慮して、クサビ構造にマルチコンタクトを組み合わせた構造とした。チューリップコンタクト構造では、ケーブルの引き留めの機能も有していたが、開発品では接続端子は引き留め機能を持たないため、接続端子とストッパーとストレスコーンとの組合せで引き留め機能を持たせた。

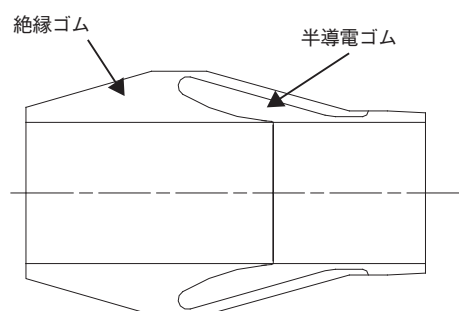


図2 シリコンゴムストレスコーンの構造 (開発品)

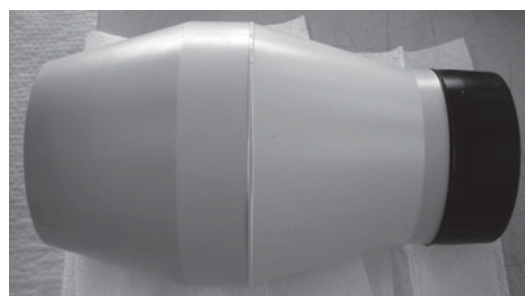


図3 シリコンゴムストレスコーン

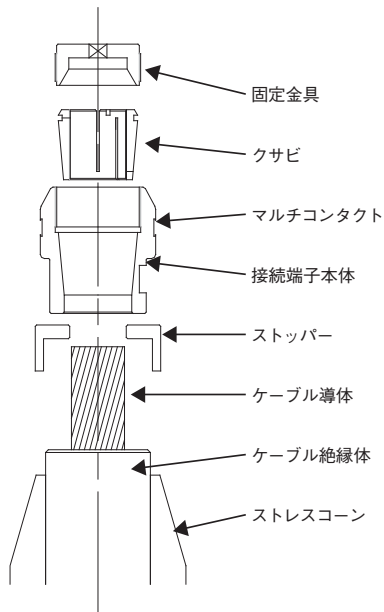


図4 接続端子構造の説明図

4. 電界設計

ガス中終端接続部本体と接続材料を組み合わせた状態での電界解析を実施した。等電位線分布を図5に示す。各界面、及び絶縁体部の電界が設計電界以下であることを確認した。

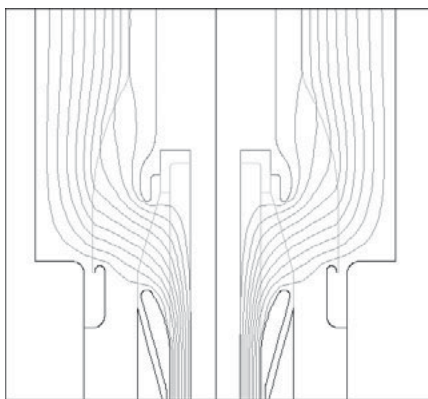


図5 等電位線分布図

5. 試験結果

5.1 界面確認試験

各種試験を開始する前に、圧縮装置の圧縮力とエポキシ-ストレスコーン界面の状態の関係を把握するため、エポキシ本体形状を模擬したアクリル治具と、ケーブル絶縁体を模擬したアクリルパイプ（適用絶縁体の最大・最小外径）を用いて、界面確認試験を実施した。圧縮力を大きくしていくと界面の残留空気が減少し、圧縮力約 3.6 kN で消失した。この結果に基づいて圧縮装置の圧縮力を決定した。

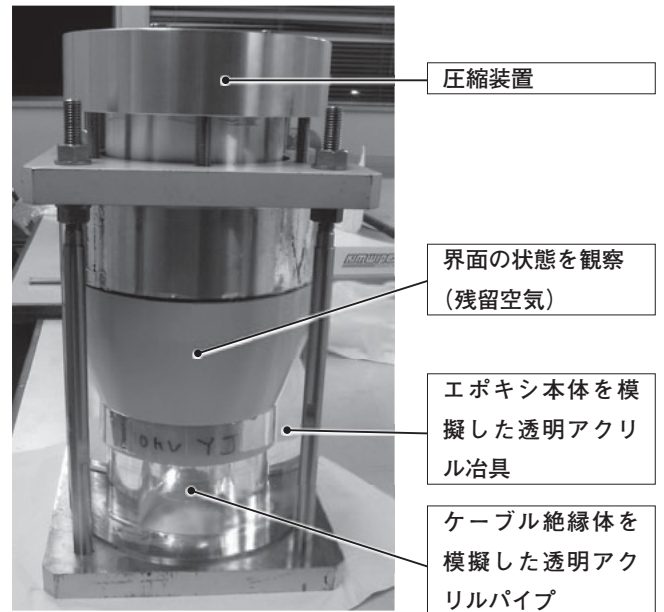


図6 界面確認試験の状況

5.2 初期電気試験

表1の開発目標仕様に基づき、各種電気試験を実施した。
試験ケーブル：132 kV CV 1000 mm²（絶縁厚 14.5 mm）
外部半導電処理：機械削り後、研磨布 #150, #240, #400 で処理

終端接続部試料：IEC 62271-209 の Dry-type 1 相
商用周波部分放電、商用周波耐電圧、雷インパルス耐電圧試験に関しては、1 クラス上の IEC 60840 150-161 kV 級の規格値まで試験を実施した。いずれも良好な結果が得られた。試験結果はまとめて表2に示す。また、試料の組み立て、初期試験の状況を図7～9に示す。

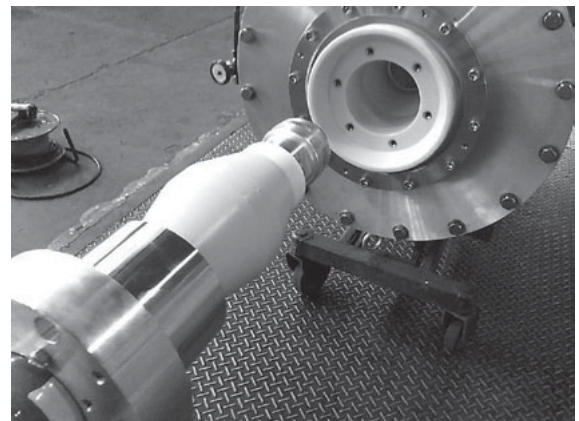


図7 試料の組み立て状況

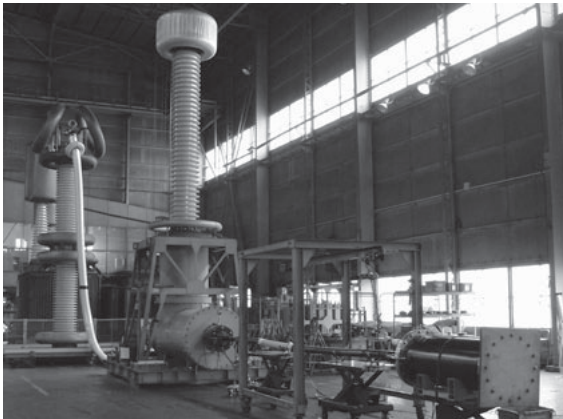


図8 商用周波部分放電，耐電圧試験

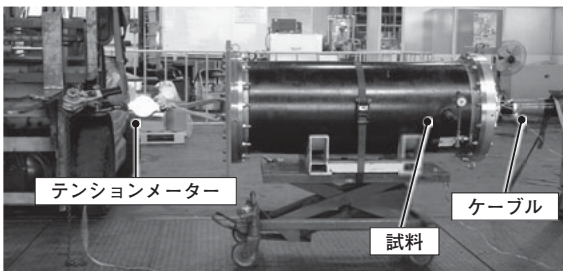


図9 ケーブル引張荷重+部分放電試験

5.3 長期課通電試験

長期性能確認のため、IEC 60840 132-138 kV 級の長期課通電試験を実施した。試験の状況を図10、図11に示す。試料の概要は下記の通り。

試験ケーブル：132 kV CV 1000 mm² (絶縁厚 14.5 mm)
外部半導電処理：機械削り後，研磨布 #150, #240, #400 で処理

終端接続部試料：IEC 62271-209 の Dry-type, Fluid-filled type の2種類 × 各1相 (開発シリコンゴム製ストレスコーン適用)

試験は表2の条件で20サイクル実施し，異常なく合格した。また，課通電試験後に実施した残存性能確認試験でも良好な結果が得られた。

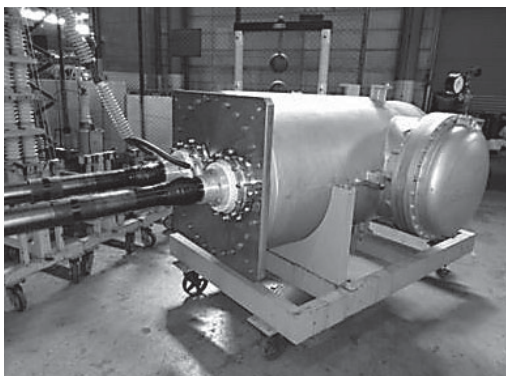


図10 長期課通電試験ケース

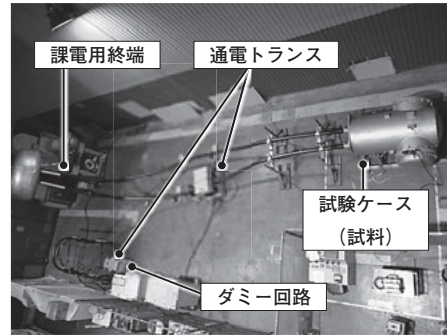


図11 長期課通電試験回路

6. まとめ

今回，シリコンゴム製ストレスコーンを適用し，施工性に優れた110/132 kV ガス中終端接続部を開発し，IEC 60840 の132-138 kV 級の性能を満足することを確認した。開発品を用いることにより，現地での外部半導電層のモールド処理が省略でき，施工時間の短縮が見込まれる。110/132 kV 級の需要の大きい中近東や中国での適用拡大を期待する。

なお，本製品開発は特変電工昭和（山東）電纜附件有限公司と昭和電線ケーブルシステム(株)の共同開発により実施された。

表2 試験結果一覧

項目	規格値	試験結果
商用周波部分放電	114 kV・10分 131 kV・10分 PD発生無し	良 良
商用周波耐電圧	190 kV・30分 218 kV・30分	良 良
雷インパルス耐電圧	±650 kV・各10回 ±750 kV・各10回	良 良
長期課通電	課電：AC 152 kV 通電：8 H on / 16 H off 導体温度 95 ~ 100°C ⇔ 常温 ×20 cycle	良
商用周波部分放電 (残存性能確認)	114 kV・10分 PD発生無し	良
商用周波耐電圧 (残存性能確認)	190 kV・30分	良
雷インパルス耐電圧 (残存性能確認)	±650 kV・各10回	良
ケーブル引張荷重印加時の 部分放電特性	荷重：0.5, 1.0, 1.5, 2.0 kN PD確認	良 2.0 kNでPD 発生無し
繰り返し脱着試験	接続材料の抜き差しを 10回，20回実施後 PD確認	良 10回，20回でPD発生無し

参考文献

- 「IEC規格準拠110/132 kV ガス中終端接続部」, 昭和電線レビュー, Vol.58, No.1, p.63 (2009)

特変電工昭和（山東）電纜附件有限公司

住本 勉（すみもと つとむ）

電力ケーブル接続部の開発・拡販に従事

（2013年12月まで 昭和電線ケーブルシステム株

エネルギーシステムユニット 電力機器部 技術課所属）

昭和電線ケーブルシステム株

足立 和久（あだち かずひさ）

エネルギーシステムユニット

電力機器部 技術課 主査

電力ケーブル接続部の開発・拡販に従事

昭和電線ケーブルシステム株

桑木 亮仙（くわき あきひさ）

エネルギーシステムユニット

電力機器部 技術課長

電力ケーブル接続部の開発・拡販に従事