

シリコンモジュール形差込式耐塩端末

ケーブル・機器開発センター 杉谷 佑斗¹・富田 一成²・高原 克二³
エネルギー・情報通信カンパニー 郭 宇⁴・高橋 明⁵・多田 博幸⁶

Silicone Module-type Termination with Salt Damage Resistance

Y. Sugitani, K. Tomita, K. Takahara, Y. Guo, A. Takahashi, and H. Tada

一般に汚損地区では碍子形耐塩端末が使用されているが、これに代わる端末として、シリコンモジュール形差込式耐塩端末を開発した。モジュール形は、端末外被傘部が複数パーツに分かれており、使用電圧・使用環境によって傘枚数を任意に変更できること特長としている。また傘下面にヒダ形状を設けることで超重汚損地区までの対応を実現した。開発端末は評価試験を通して十分な特性を持っていることを確認した。

Silicone module-type termination was developed to instead of ceramic-type termination that generally used in contamination conditions. Developed termination has divided skirt with under-ribs, it can be adapted to arbitrary voltage or environment. Sufficient performance has been confirmed by evaluation test.

1. ま え が き

2012年7月に再生可能エネルギー固定価格買い取り制度が開始され、メガソーラー・風力発電向けの系統連系用ケーブル・機材の需要が高まっている。当社は機器に接続する端末材として、屋内～一般地区はプレハブ形（差込式）端末、汚損地区ではシリコン常温収縮端末・碍子形耐塩端末を採用していたが、これらに代わる端末として、シリコンモジュール形差込式耐塩端末を開発した。本開発品の主な特長を以下に示す。

- (1) 端末外被の傘部が複数パーツに分かれており（モジュール形）、差込む傘の枚数を任意に設定することにより定格電圧 22・33 kV 両方に適用できる。
- (2) 傘下面にヒダを設けることにより十分な沿面長さを確保し、超重汚損地区まで対応可能である。
- (3) 差込式の採用により、スキルレスで組立作業時間の短縮が可能。
- (4) 碍子形に比べ、非常に軽量で、柱上作業が容易であり、破損する心配がない。
- (5) 常温収縮形に比べ、施工のやり直しができ、端末材料の保管可能期間が長い。
- (6) 作業時の産廃ゴミが少なく済み、環境にやさしい。

2. 開 発 目 標

開発端末の目標とする電氣的性能を決定するため、高圧ケーブル用終端部規格の比較を行った。33 kV級終端部規格の比較表を表1に示す。端末の有効閃絡長さ寸法を決めるにあたり、雷インパルス耐電圧値が-305 kVと最も厳しいこと、耐塩害設計として沿面長さ寸法の指標に汚損閃絡試験を用いることとし、本製品はJCAA A 502「22 kV・33 kV架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用屋外終端接続部」準拠し端末性能を設定した。

表1 33 kV級端末規格の比較
Table 1. Comparison of the termination standards for 33 kV class.

試験項目	JCAA	IEC 60502	IEEE 48
商用周波耐電圧	86 kV・ 3 hr	85.5 kV・ 5 分	90 kV・ 1 分
雷インパルス耐電圧	-305 kV・ 各 3 回	±170 kV・ 各 10 回	±200 kV・ 各 10 回
商用周波部分放電	26 kV・10 pC 以下	33 kV・10 pC 以下	30 kV・3 pC 以下
長期課通電	40 kV, 導体温度 90℃, 30 サイクル	-	-
注水閃絡	63 kV	76 kV	80 kV
汚損閃絡	34.5 kV	-	-

1 メタルケーブル・機器開発部
2 メタルケーブル・機器開発部 主席技術員
3 メタルケーブル・機器開発部 部長
4 エネルギー EPC 事業部 海外エンジニアリング部
5 エネルギー EPC 事業部 エンジニアリング部 電力エネルギーグループ
6 エネルギー EPC 事業部 エンジニアリング部 電力エネルギーグループ
グループ長

3. 基本仕様

3. 1 基本仕様

開発端末の基本仕様を表 2 に示す。

3. 2 端末構造

端末構造図を図 1 に示す。

3. 3 端末材料

傘部材料にはシリコンゴムを採用している。屋外使用性能の確認としてメタリングウェザーメーター（スガ試験機製）による促進耐候性試験をN= 3 実施した。図 2 に各耐候性試験時間における平均接触角の推移を示す。1000 時間までの測定の結果、いずれも接触角は 100 ° 以上であり十分な撥水性を保つことが示された。また耐塩害特性の確認のためJIS C 3005 準拠の耐トラッキング試験をN= 3 実施した。表 3 に試験条件と結果を示す。JIS C 3005 では噴霧回数は 101 回と規定されているが、より厳しい評価として 10000 回まで実施している。図 3 に 10000 回トラッキング試験後の試料写真を示す。エロージョン痕はみられず、十分な耐トラッキング性能を有することがわかる。

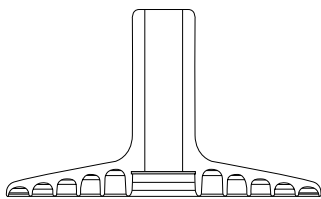
表2 開発端末の基本仕様
Table 2. Outline of developed termination.

項目	仕様	
定格電圧	22 kV	33 kV
適用範囲	屋内～超重汚損地区	
適用CVケーブルサイズ	60～325 mm ²	
商用周波耐電圧	57 kV・3 hr	86 kV・3 hr
雷インパルス耐電圧	-230 kV・3 回	-305 kV・3 回
商用周波部分放電	17 kV・10 pC以下	26 kV・10 pC以下
汚損閃絡	23 kV以上	34.5 kV以上
傘枚数	3 枚	4 枚

JCAA A 502「22 kV・33 kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用屋外終端接続部」準拠



(a) Appearance of developed termination



(b) Appearance of under-ribs

図1 開発端末の外観
Fig. 1. Appearance of developed termination.

4. 端末設計

4. 1 有効閃絡長さおよび傘外径の設計

一般にケーブル終端部は有効閃絡長さを十分とれば電氣的性能を満足することができるが、端末全体の寸法を左右するため、適正な寸法を設定する必要がある。また、沿面フラッシュオーバー抑制、汚損湿潤対策の目的で、絶縁表面上に沿面バリアを設けると、実使用環境下での端末性能の向上が期待できる^{2),3)}。以上より、端末構造決定のため、有効閃絡長さおよび傘外径をパラメータとして設定し、雷インパルス閃絡破壊電圧値による電氣性能評価を行った。本実験より以下のことがわかった。

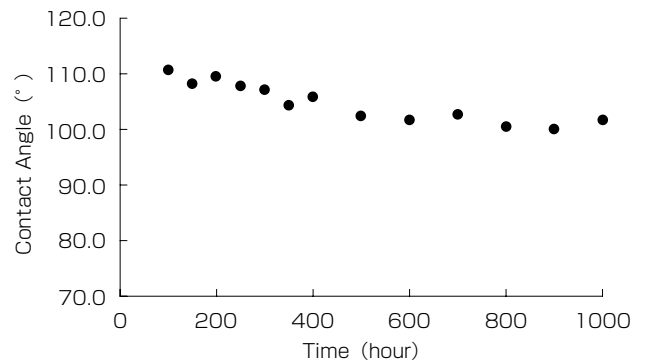


図2 各耐候性試験時間における接触角
Fig. 2. Relation between contact angle and weathering test time.

表3 耐トラッキング試験条件と試験結果
Table 3. Test term and result of tracking test.

項目	仕様	
試験電圧	4 kV	
漏れ電流上限値	500 mA	
噴霧サイクル	10sec噴霧 20sec休止	
風速	3 m/s	
噴霧量	0.5 mm/min	
噴霧液濃度	2 %NaCl+ 界面活性剤	
噴霧回数	101 回	10000 回
試験結果	良	良

JIS C 3005 「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」準拠



図3 トラッキング試験後試料
Fig. 3. Test piece after tracking test.

- (1) 傘外径より有効閃絡長さの影響度が強く、有効閃絡長さは長いほど閃絡電圧は高い。
- (2) 有効閃絡長さを固定とした場合、傘外径は大きい方が閃絡電圧が高い傾向にある。これは傘部による沿面のバリア効果¹⁾によるものと推測される。

33 kVの場合、JCAA A 502 に則ると-305 kV以上の雷インパルス耐電圧値が必要である。本開発端末ではさらに10%程度の裕度を見込み、なおかつ端末組立作業上の利便性を加味した寸法として、有効閃絡長さと同外径を設定している。

4.2 人工汚損試験による耐塩害性能評価

汚損湿潤状態における電氣的性能を、JEC-0201 における等価霧中試験法により評価した。汚損溶液は超重汚損環境を再現するため 0.35 mg/cm² にて実施している。本実験から汚損耐電圧特性が最も高い形状を採用することとし、33 kVの場合は、ヒダ付傘4枚を端末仕様に設定した。

5. 端末性能評価

5.1 初期性能評価

開発端末の初期性能試験の実施項目及びその結果を表4に示す。JCAA A 502 に規定される要求性能を満足することを確認した。

5.2 長期性能評価

長期性能評価として、長期課通電試験を実施した。その際、さらに人工汚損試験と同様の方法で汚損させた試料を用意し、同条件下で長期課通電試験を実施している。表5に結果を、図4に試験状況写真を示す。長期課通電試験後においても十分な電氣性能が残存していることを確認できた。

6. む す び

弊社はこれまで屋内～一般地区はプレハブ形（差込式）端末、汚損地区では碍子形耐塩端末を採用していたが、これらに代わる端末製品として、シリコンモジュール形差込式耐塩端末を開発した。JCAA A 502「22 kV・33 kV架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用屋外終端接続部」に準拠した要求性能を満足することを確認した。

長期性能評価として長期課通電試験を実施し、十分な残存電氣性能を保有していることを確認した。

表4 初期性能評価試験結果
Table 4. Results of short-term tests.

項目	要求性能	結果
商用周波耐電圧	連続 3 時間に耐えること	良
雷インパルス耐電圧	-305 kV 3 回に耐えること	良
商用周波部分放電	26 kV で電荷量 10 pC 以下であること	良
注水閃絡	63 kV 以上のこと	良
汚損閃絡	34.5 kV 以上であること	良

JCAA A 502「22 kV・33 kV架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル

表5 長期性能評価試験結果
Table 5. Results of long-term tests.

項目	規格値	結果
長期課通電試験	40 kV, 導体温度 90 ℃, 8 時間オン / 16 時間オフ 30 回に耐えること	良
長期後商用周波耐電圧	86 kV・3 hr	良
長期後雷インパルス耐電圧	-305 kV・3 回	良
長期後商用周波部分放電	26 kV・10 pC 以下	良



図4 長期課通電試験状況
Fig. 4. Photograph of long-term current applying test.

参 考 文 献

- 1) 大木・斉藤：「空中沿面放電におけるバリア効果」, 電気学会論文誌A, 基礎・材料・共通部門誌, Vol.108, No.8, pp.351-358 (1988)
- 2) 社団法人電気協同研究会, 「配電設備の耐塩性向上対策」, 電気協同研究, Vol.51, No.3
- 3) 社団法人電気協同研究会, 「架空送電用有機がいしの現状と今後の展望」, 電気協同研究, Vol.56, No.1