

66, 110 kV 工場拡径常温収縮型接続部 (CSJ) の実線路納入

Application to Practical Transmission Line of Cold Shrinkable Joint for 66, 110-kV XLPE Cables

栗原 弘 明*

Hiroaki Kurihara

小 林 正 三*²

Syozo Kobayashi

亀田谷 昌 己*³

Masami Kitaya

新子谷 悦 宏*⁴

Yoshihiro Arashitani

織 田 博 士*⁵

Hiroshi Oda

芹 沢 徹*⁶

Toru Serizawa

田 代 豊 明*⁷

Toyoaki Tashiro

概 要 海外 110 kV 級以上用の付属品市場では、施工が比較的簡易で信頼性の高い現地組立て型のプレハブ型接続部が指定されることが多い。この中でもエポキシユニットとゴムストレスコーンを組み合わせたエポキシユニット型 PJ から、より構造のシンプルで簡単に施工できるワンピースゴムブロック型接続部 (Rubber Block Joint: RBJ) がトレンドとなりつつある。国内 66 kV 級でも、より高品質に、より安く、より短時間に施工できる接続部として、現在の主役であるテープ巻型接続部 (TJ) に取って代わろうとしている。

我々はこれらのニーズを背景に、RBJ の一つの方式として工場であらかじめ製造・拡径しておいたワンピースのゴムブロックを現場でケーブルに装着する常温収縮型接続部 (Cold Shrinkable Joint) の開発に成功した¹⁾。超高圧分野での工場拡径・常温収縮型接続部は世界初である。

このたびこの工場拡径・常温収縮型接続部を納入したため、これを報告する。

1. はじめに

接続部の品質を向上させる一つの方法として、品質管理の行き届いた工場であらかじめ製造しておいた部品を接続現場で組み立てるというプレハブ型接続部がある。信頼性の高いプレハブ型の接続部は、国内外を問わず電力ケーブル用付属品の主流となってきた。この中でもワンピースのゴムブロックを主絶縁構造とするラバーブロック型接続部 (Rubber Block Joint: RBJ) が、シンプルな構造と良好な施工性を武器に市場を席巻している。

国内では効率化・スリム化が望まれる経済情勢を背景に、施工品質の信頼性を向上させつつ、より短時間で施工できコストダウンにつながる接続部として、ラバーブロック型接続部が位置づけられる。

国内 66 kV 級 CV ケーブル用の接続部としてはテープ巻き絶縁型接続部 (TJ) が代表的である。絶縁方式として電位方向に垂直にエチレンプロピレンゴムテープを機械で巻きつける接

続部であり、現在までに 1 万相以上の実績がある。TJ では 3 相あたり約 3 日の工程で組立てが完了するが、コストダウンへのアプローチとして、より短時間で施工できる RBJ が登場する。

国際市場に目を向けると、特に東アジアを中心として電力ケーブルネットワークの構築が盛んである。経済の発展とともにもたらされる電力需要の伸びは、時に総延長 50 km を超えるケーブル長を含むような巨大プロジェクトをも生み出すことがある。それらの 110 kV 用接続部でも最もニーズがあるのは、施工が容易で特段に専用の設備を必要としないプレハブ型の接続部である。プレハブ型接続部としては、終端接続部の概念の組合せと言えるエポキシユニットと円錐型のゴムストレスリリー



図 1 スパイラルコアで拡径した 110 kV ゴムユニット
Expanded rubber unit for 110-kV with carrier pipes

* 電力事業部 機器製造部 設計管理 Gr

*² 環境エネルギー研究所 エネルギー伝送研究部 電力機器 Gr

*³ 電力事業部 電力技術部 機器技術 Gr

*⁴ 環境エネルギー研究所 環境技術開発部 高電圧材料 Gr

*⁵ 電力事業部 電力エンジニアリング部 設計 Gr

*⁶ 電力事業部 機器品質保証部 第 1 品質保証 Gr

*⁷ 電力事業部 機器製造部 生産技術 Gr

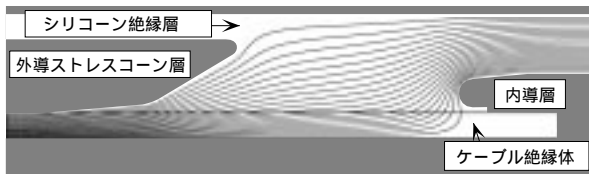


図2 ゴムユニットの電界分布例
Electric field calculation of rubber unit

フコンを組み合わせたエポキシユニット型PJが主役であった。しかし、部品点数が少なく、ラバーブロックをケーブル絶縁体上に装着するだけで主絶縁部の組立てが完了するRBJが必然的に台頭するようになった。RBJはシンプルで組立てが容易であることから、施工時間の短縮というコストメリットを生み出し、トータルとしてコストダウンを可能にしている。

我々はこのRBJの最先端に行く工場拡張・常温収縮方式の接続部（Cold Shrinkable Joint: CSJ）を開発した¹⁾。主絶縁部であるワンピースのゴムブロックにシリコンゴムを使用し、その低応力緩和（永久伸び小）を利用してあらかじめ工場出荷時にスパイラルコアと呼ぶ保持材でケーブルシースより大きな径まで広げておき（図1）、現場ではそのスパイラルコアを引き抜くだけでケーブルに装着可能となる画期的な接続部である。油圧装置等を用いた拡張装置をセットとして販売する必要もなく、顧客に初期投資の負担をかけることもない。これは販売範囲を広げるうえで大きな魅力となっている。

超高圧分野でのシリコンゴムを使用した工場拡張タイプのワンピースゴムブロック接続部は世界初となる。ここでは、これらの接続部の特徴とともに実線路納入について報告する。

2. 工場拡張シリコンゴム常温収縮型接続部

2.1 常温収縮型接続部の特徴

(1) 工場拡張型、低永久伸び

常温収縮技術は、電力ケーブル接続用に限らず広く用いられてきた。我々は、ここにシリコンゴムを用いることでその施工性を大きく改善させることができた。

エチレンプロピレンゴムを用いたワンピースゴムブロックの場合には、応力緩和特性に限界があり拡張率をシリコンゴムほど上げられない。また歪（ひず）みを許容する時間が数時間単位と極めて短いため組立て現場で油圧装置を用いた拡張装置が必要とされてきた（現場拡張型）。我々は、応力緩和特性に優れるシリコンゴムを選択することにより、あらかじめ工場拡張しておき現場では円筒形状に成型されたスパイラルコアひもを引き抜くだけで、特殊な治具を一切使わずゴムユニットの収縮が常温で完了することができる工場拡張型を実現した。これにより、特に出荷した後の納品管理が難しい輸出品の場合でも、ケーブルシースよりも大きな径に広げておいた状態で、十分に長い拡張期間を保证することが可能となった。

(2) 構造の簡素化

構成部品の簡素化は、材料費・工事費の両面でコストダウンにつながっている。CSJでは、内導層・外導層・外導ストレスコーン層、シリコン絶縁層が一体となったゴムユニット構造であり、特にエポキシユニット型PJに比して構成部品を大幅に削減することができた。

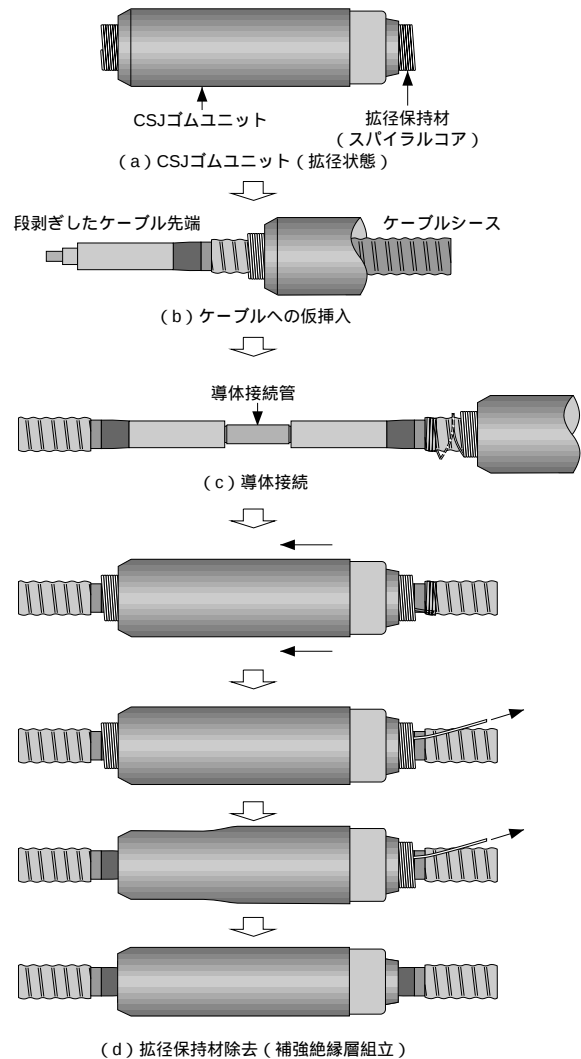


図3 CSJの組立方法
Construction procedure of CSJ

また、ケーブルとゴムユニットを密着させるためには、ゴムユニット内径がケーブル絶縁体外径よりもある比率で小さければよい。いったん広げてからケーブル上に落とし込むタイプのCSJでは、一つのゴムユニットに複数のケーブルサイズを引き当てることができ、製造コストの抑制につながっている。

2.1.1 設計要素

一般に複数の異種絶縁体を組み合わせる場合、絶縁体同志の不連続面への面圧付与と最適な電界分布をコントロールすることが設計要素として挙げられる。スプリングによる面圧補償装置をもたないCSJは、ゴムユニット自身の収縮力でケーブル絶縁体表面との界面性能を維持している。拡張履歴により応力緩和してしまう（ゴムが伸びてしまう）と、界面電気性能が著しく低下するため、その材料特性の選定に注意を要する。

電界分布は、絶縁シリコンと一体モールド成型された導電性のシリコンゴムによって最適に配置されている。拡張・収縮により大きく形状を変える中で、剥離（はくり）・裂けを起こさないこれらの材料と成型技術の進歩がCSJの基軸となっている（図2）。

高電圧に工場拡張型を適用する最も大きな課題の一つとして、拡張保持材（スパイラルコア）がある。拡張に伴う大きな

表1 構造および施工法の比較
Comparison of PJ, TJ and CSJ in structure and jointing method

構 造		110 kV級 エポキシユニット型PJ	66kV級TJ	66～110kV級 CSJ	CSJの評価
主絶縁	構造 (主絶縁)	金属電極付 エポキシユニット	EPゴムテープ	ワンピース シリコンゴムユニット	・ 構造が簡易で施工が容易 ・ 異物、傷の介在チャンス が少ない
		EPゴムストコン			
		圧縮装置			
	組立方法	エポキシユニットにゴム ストレスコーンを圧縮装 置で押し付ける	ゴムテープ機械巻き	ゴムユニット常温収縮 (スパイラルコア引き抜き)	
	面圧保証	スプリング圧縮力	ゴムテープ張力	ゴム収縮力	
施工日数		11日 / 3相	3日 / 3相	国内66 kV ; 2日 / 3相 海外110 kV ; 3～4日 / 3相	・ 短時間施工 ・ 材工でのコストダウン
コスト		部品点数多	テープ巻き機要	部品点数少, 施工日数少, 特殊機材不要	

収縮力を支える強度とともに良好な引き抜き性を持つコアひも形状と成型技術に検討を重ね最適化を図った。

2.2 CSJの組立て方法

シリコンゴムを用いた工場拡張型CSJの利点は、何と言ってもその補強絶縁層であるゴムユニットの組立てが簡単であることである(図3)。

一般に接続部の組立てにおける最重要ポイントは、補強絶縁層の形成にある。プレハブ型接続部の場合には、出荷前に工場 で電気性能を検証した補強絶縁層を現地で組み立てることにより品質が安定しており、現地での品質管理ポイントも少ないというコンセプトがある。その中でも特にワンピースのゴムブロック補強絶縁体構造を持つCSJの場合には、構成部品が少なく組立てが短時間で終了するため、電気性能を低下させる異物や外傷を介在させる恐れが極端に少ないと考えられる。拡張作業も工場出荷前に終了しており、現場組立て時にケーブル絶縁体と補強絶縁体界面にだけ不確定要素の介入に注意すればよい(図4, 図5, 図6)。工場から施工現場までの一貫した理想的品質管理状態に近づけたと言える(表1)。

2.3 施工工程

ワンピースの補強絶縁体は、構成材料の簡素化を実現し材料費のコストダウンに寄与するとともに、施工日数を短縮することを可能にしている。例えば、海外110 kV使用のエポキシユニット型PJでは3相あたり約11日の施工日数を要しているのに対し、3～4日 / 3相での組立てを実現している(表2)。

国内66 kV接続部の場合には、従来のテープ巻きジョイント



図4 ケーブルに挿入した110 kVゴムユニット
110-kV rubber unit inserted to the cable



図5 110 kVゴムユニットの収縮状況
Assembly of cold shrinkable joint for 110-kV XLPE cable

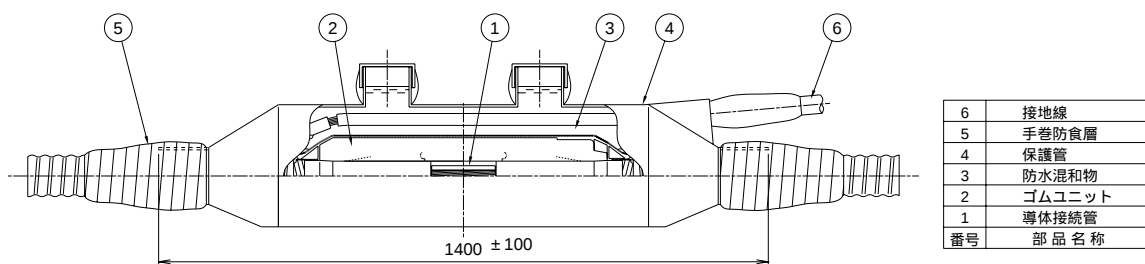


図6 110 kV CSJの構造寸法
Cold shrinkable joint for 110-kV XLPE cable

表2 110 kV 施工工程の比較例
Comparison of PJ and CSJ joining procedures for 110-kV

日数	エボキシユニット型PJ	CSJ
1	ケーブル切断, 直出し準備	ケーブル切断, 外導削り
2	ケーブル直出し	組立, 防水処理
3	外導削り～ケーブル処理 (1相目)	組立, 防水処理
4	組立 (1相目)	(組立, 防水処理)
5	組立～防水処理 (1相目)	-
6	外導削り～ケーブル処理 (2相目)	-
7	組立 (2相目)	-
8	組立～防水処理 (2相目)	-
9	外導削り～ケーブル処理 (3相目)	-
10	組立 (3相目)	-
11	組立～防水処理 (3相目)	-

(注) 110 kV CAZVケーブルを例にした。施工条件により増減する。

表3 66 kV TJとCSJの比較例
Comparison of TJ and CSJ for 66-kV XLPE cable

	TJ	CSJ
大きさ (全長×外径)	L 1190×φ135	L 800×φ135
施工日数 ^{*1}	3日/3相	2日/3相

^{*1}: 66kV CV-Tケーブル用を例にした。施工環境により増減する。



図7 ケーブルに挿入した66 kVゴムユニット
66-kV rubber unit inserted to the cable



図8 66 kV CSJ組立状況
View of 66-kV CSJ on site

でも3日/3相で組立て可能であったが、ワンピースゴムブロック構造の採用と工事工程の最適化により、2日/3相を実現することができた。また、表3に見るように、保護管寸法においてTJに比べて約400 mm短縮させており、オフセット寸法の厳しいマンホールへの適用も期待される(図7, 図8, 図9)。

2.4 CSJの電気性能

納入に際して、客先仕様に合致した試験を実施している。110kV仕様では、第三者機関の立会いの下にIECに準拠したタイプテストに合格している(表4)¹⁾。また66 kV仕様ではJEC-3408に基づき、一ヶ月の長期化通電(図10)を含む試験項目をクリアしている(表5)。

3. まとめ

プレハブ型接続部の一つとして、66～110 kVワンピースゴムユニット構造の工場拡径・常温収縮型接続部(CSJ)を開発し、JEC-3408並びにIEC規格に準拠する試験に合格した。

応力緩和特性に優れるシリコンゴムを採用した新型接続部により、以下を実現した。

- (1) 施工機材の削減, 施工性の向上, 現地施工時間の短縮
- (2) 接続部の小サイズ化
- (3) 材料費, 工事費のコストダウン

簡易施工・短時間施工の利点を生かし2000年前期だけでも

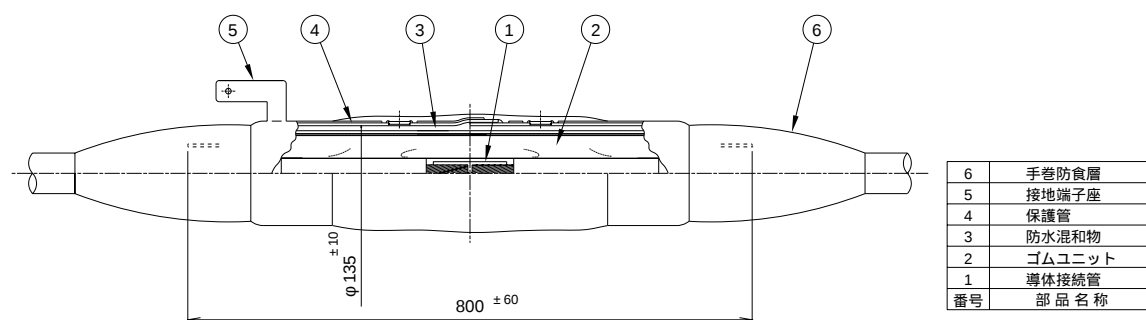


図9 66 kV CSJの構造寸法
Cold shrinkable joint for 66-kV XLPE cable

表4 110 kV CSJ 電気特性 (IEC 60840 準拠)
Electrical properties based on IEC 60840 for 110-kV CSJ

項 目	性 能
部分放電	AC 112 kV/10 sec印加後、徐々に電圧を96 kVまで降下させ、室温にて部分放電の発生の無きこと
tan δ (高温)	課電電圧; AC 64 kV 導体温度; 95 ~ 100 既定値; 0.001以下であること
ACヒート サイクル	課電電圧; 128 kV 導体温度; 室温 95 ~ 100 (ヒーター8 hr on/16 hr off) ヒートサイクル回数; 20 cycles 終了後、室温ならびに高温の部分放電測定
インパルス 耐圧	課電電圧; ± 550 kV・各10回 導体温度; 95 ~ 100 課電後、AC 160 kVを15 min印加して破壊しないこと
水没ヒート サイクル	水深; ジョイント上端から水面まで最低1 m 水温; 室温から10 以内 70 ~ 75 高温保持時間; 最低5 hr ヒートサイクル回数; 20回
水没試験後	DC耐圧 課電電圧; 20 kV 課電時間; 1 min インパルス耐圧 スリット間; ± 75 kV・各10回 対地間; ± 37.5 kV・各10回

表5 66 kV CSJ 電気性能 (JEC 3408-1997 準拠)
Electrical properties based on JEC 3408 for 66-kV CSJ

項 目	性 能
長期課通電または 商用周波耐電圧	65 kV (8hr on, 16hr off/サイクル) 導体温度: 常温 ~ 90 × 25サイクル 導体温度: 常温 ~ 105 × 5サイクル または 130 kV・1 hr (導体温度常温)
雷インパルス耐電圧	± 485 kV・3回 (導体温度常温)
防食層雷インパルス 耐電圧	- 40 kV・3回
水密性	98 kPa・1 hr



図10 66 kV CSJ長期化通電状況
66-kV CSJ long-term test

表6 66 ~ 110 kV CSJ納入実績例
Track record of 66-kV and 110-kV cold shrinkable joints

向 先	ケーブルサイズ	数量 (相)
国内電力会社殿	66 kV 325 mm ²	18
	66 kV 325 mm ²	9
海外電力会社殿	110 kV 800 mm ²	6
	110 kV 400 mm ²	12
	110 kV 400 mm ²	18
	110 kV 630 mm ²	12
	110 kV 300 mm ²	30
	110 kV 400 mm ²	9
	110 kV 400 mm ²	6

約100相の受注があり(表6), 今後も高電圧化も含めて更に適用範囲が拡大されると思われる。

参考文献

- 1) 鈴木, 他; 「110kV CVケーブル用 工場拡張・常温収縮型中間接続部 (CSJ) の開発」, 古河電工時報, 第104号, 1999年7月
- 2) 鈴木, 他; 「高圧CVケーブル用 工場拡張・常温収縮型中間接続部の開発」, 平11年電気学会・電力エネルギー部門大会, 348, 1999年
- 3) 栗原, 他; 「66kV CVケーブル用常温収縮型接続箱の開発」, 電気評論, 第416号, 2000年3月