

JCAA技術報告

(第 2 号)

高圧ケーブル用終端接続部について

(会報NO.36~53及び創刊号~4号テクニカルレビューより)

1992年11月

社団法人 日本電力ケーブル接続技術協会
技 術 委 員 会

技 術 委 員 会

委 員 長	齊藤光太郎	(昭 和 電 線 電 纜 株 式 会 社)
副 委 員 長	岡本 功	(三 菱 電 線 工 業 株 式 会 社)
委 員	齊藤 秀樹	(朝 日 金 属 精 工 株 式 会 社)
”	丸山 政利	(旭 電 機 株 式 会 社)
”	原沢 拓生	(株 式 会 社 井 上 製 作 所)
”	森谷 義廣	(北 日 本 電 線 株 式 会 社)
”	小林 寿夫	(株 式 会 社 小 松 川 フ ジ ク ラ)
”	泉 宏行	(株 式 会 社 三 英 社 製 作 所)
”	加瀬 正	(昭 和 電 線 電 纜 株 式 会 社)
”	塚崎 富生	(住 友 ス リ ー エ ム 株 式 会 社)
”	齊藤 喜満	(住 友 電 氣 工 業 株 式 会 社)
”	井上 誠二	(大 電 株 式 会 社)
”	松井 薫	(タ ッ タ 電 線 株 式 会 社)
”	島野 洋	(株 式 会 社 谷 川 電 機 製 作 所)
”	大林 義男	(津 田 電 線 株 式 会 社)
”	安東 通隆	(西 日 本 電 線 株 式 会 社)
”	松井 宗吾	(日 本 ガ イ シ 株 式 会 社)
”	小山 隆治	(日 立 電 線 株 式 会 社)
”	阿辺山 健	(株 式 会 社 フ ジ ク ラ)
”	遠藤 恒徳	(フ ジ モ ー ル ド 株 式 会 社)
”	本田 雅彦	(古 河 電 氣 工 業 株 式 会 社)
”	石川 幸雄	(三 菱 電 線 工 業 株 式 会 社)
”	長谷川 清	(矢 崎 電 線 株 式 会 社)

目 次

1. はじめに	3 P
2. 終端接続部の種類	4 P
3. 終端接続部の構造および特徴	8 P
(1) テープ巻形終端接続部	8 P
(2) プレハブ形終端接続部	8 P
3.2.1) ゴムストレスコーン形	
3.2.2) ゴムとう管形	
(3) がい管形終端接続部	9 P
4. 終端接続部の構成部品	10 P
(1) テープについて	10 P
(2) 端子について	13 P
(3) ブラケットについて	14 P
4.3.1) 単心用、多心用の相違点	
4.3.2) 材質が異なっている理由	
(4) ストレスコーンについて	15 P
(5) 雨覆について	17 P
4.5.1) 屋外終端接続部の設置環境	
4.5.2) 雨覆取付の効果	
(6) 有効閃絡長さについて	20 P
4.6.1) 絶縁沿面の特質	
4.6.2) キュービクル内終端接続部の考え方	
4.6.3) 6,600V キュービクル内終端接続部の有効閃絡長	
5. 施工及び保守上の注意点	23 P
(1) CVケーブルと水について	23 P
5.1.1) CVケーブルへの悪影響	
5.1.2) 接続部での対策	

(2) 外部半導電層の処理について	24 P
5.2.1) ケーブル外部半導電層の変遷	
5.2.2) 半導電層の意味と処理上の注意点	
5.2.3) 外部半導電層の剥ぎ取方法	
5.2.4) 剥ぎ取り工具の例	
(3) テープ使用上の注意	27 P
5.3.1) 各種テープの特徴と主な用途について	
5.3.2) 各種テープの使い方	
5.3.3) 絶縁テープの巻き方	
5.3.4) 半導電性テープの巻き方	
5.3.5) 保護、防水テープの巻き方	
(4) 端子取扱上の注意	29 P
5.4.1) ケーブル導体への接続方法	
5.4.2) 端子の選定と使用上の注意点	
5.4.3) 圧着形銅管端子の圧着不良による問題点	
5.4.4) 異種金属接続による過熱トラブルの事例	
(5) 接地について	34 P
5.5.1) 正常な接地による電圧	
5.5.2) 接地を忘れた時の発生電圧	
(6) 塩害と汚損区分	36 P
5.6.1) 塩害とは	
5.6.2) 汚損区分	
5.6.3) J C A A 規格終端接続部と汚損区分について	
(7) 耐塩害終端接続部端子カバー取扱上の注意	40 P
5.7.1) 端子カバーの焼損原因	
5.7.2) 施工上の注意すべき事項	
(8) 終端接続部の保守・点検	41 P
5.8.1) 劣化の要因	
5.8.2) 保守点検の方法	
5.8.3) 外観調査	
6. おわりに	43 P

1. はじめに

JCAA会報「テクニカルレビュー」は86年3月初回掲載以来20回を超えたが、このまま埋もれてしまうには惜しい内容が数多くあり、またケーブル付属品に携わる人の世代交代もあることにより、ここに従来技術の継承として今までの掲載分を技術資料にまとめることにした。

今回は、ケーブル付属品のうち、終端接続部に重点をおき、その種類、特徴、取付時の注意点、保守、点検時の注意点をまとめてみた。

2. 終端接続部の種類

現在、（社）日本電力ケーブル接続技術協会で規格化されている製品、種類を表1に、また代表例を図1～5に示す。

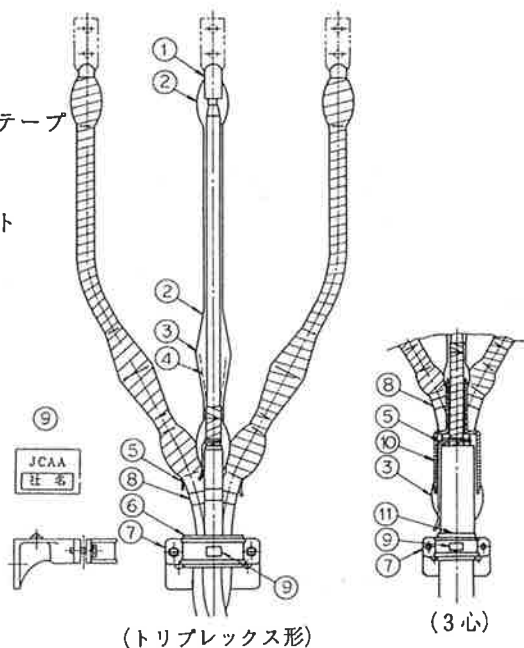
表 1

分類	種類	規格番号	製 品 規 格
終 端 接 続 部	テープ 巻 形	C4101	3300V～11kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 テープ巻形キュービクル内終端接続部
		C4102	600V～11kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 テープ巻形屋内終端接続部
		C4103	600V～11kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 テープ巻形屋外終端接続部
	プレ ハ ブ 形	C3102	6600V 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 ゴムストレスコーン形キュービクル内終端接続部
		C3103	6600V 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 ゴムストレスコーン形屋内終端接続部
		C3104	6600V 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 ゴムとう管形屋外終端接続部
		C3105	6600V 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 ゴムストレスコーン形屋外終端接続部
		C5101	22kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 ゴムとう管形屋内終端接続部
	が い 管 形	C3101	6600V 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 耐塩害終端接続部
		C5102	22kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 がい管形テープ巻式屋外終端接続部
		C5103	22kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 がい管形セミプレハブ式屋外終端接続部
		C5104	22kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 がい管形テープ巻式屋内終端接続部
		C5105	22kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 がい管形セミプレハブ式屋内終端接続部
		C6101	33kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 がい管形セミプレハブ式屋内終端接続部
		C6102	33kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 がい管形セミプレハブ式屋外終端接続部

図-1 テープ巻形

6600V CVケーブル用テープ巻形キュービクル内終端接続部 (C4101)
(トリプレックス形及び3心)

- ①端子
- ②保護層
- ③すずめっき軟銅線
- ④鉛テープ
または半導電性融着テープ
- ⑤すずめっき軟銅線
- ⑥ゴムスペーサー
- ⑦ケーブル用ブラケット
- ⑧相色別テープ
- ⑨銘板
- ⑩三又分岐管
- ⑪含浸黄麻布



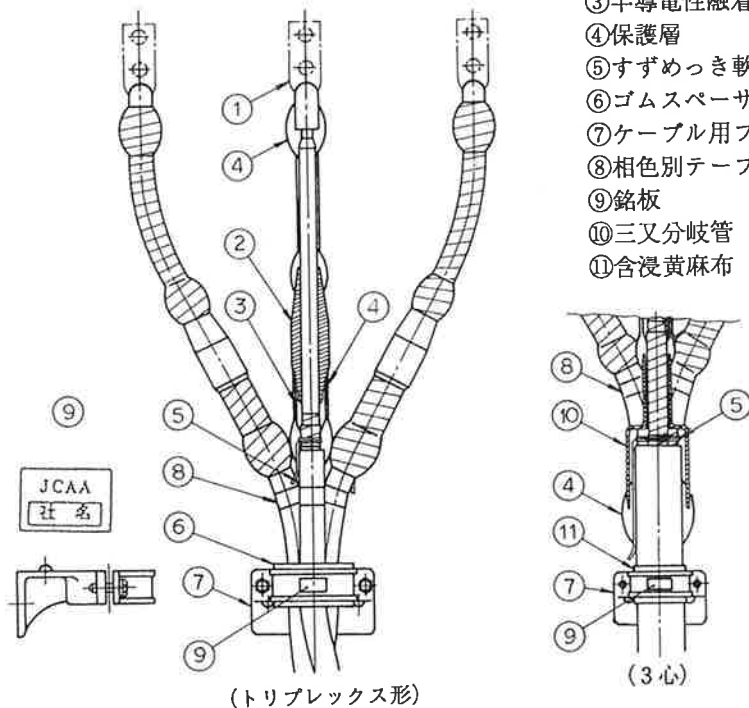
(トリプレックス形)

(3心)

図-2 プレハブ形

6600V CVケーブル用ゴムストレスコーン形屋内終端接続部 (C3103)
(トリプレックス形及び3心)

- ①端子
- ②ゴムストレスコーン
- ③半導電性融着テープ
- ④保護層
- ⑤すずめっき軟銅線
- ⑥ゴムスペーサー
- ⑦ケーブル用ブラケット
- ⑧相色別テープ
- ⑨銘板
- ⑩三又分岐管
- ⑪含浸黄麻布



(トリプレックス形)

(3心)

図-3 プレハブ形

6600 V CVケーブル用ゴムとう管形屋外終端接続部 (C3104)
(トリプレックス形及び3心)

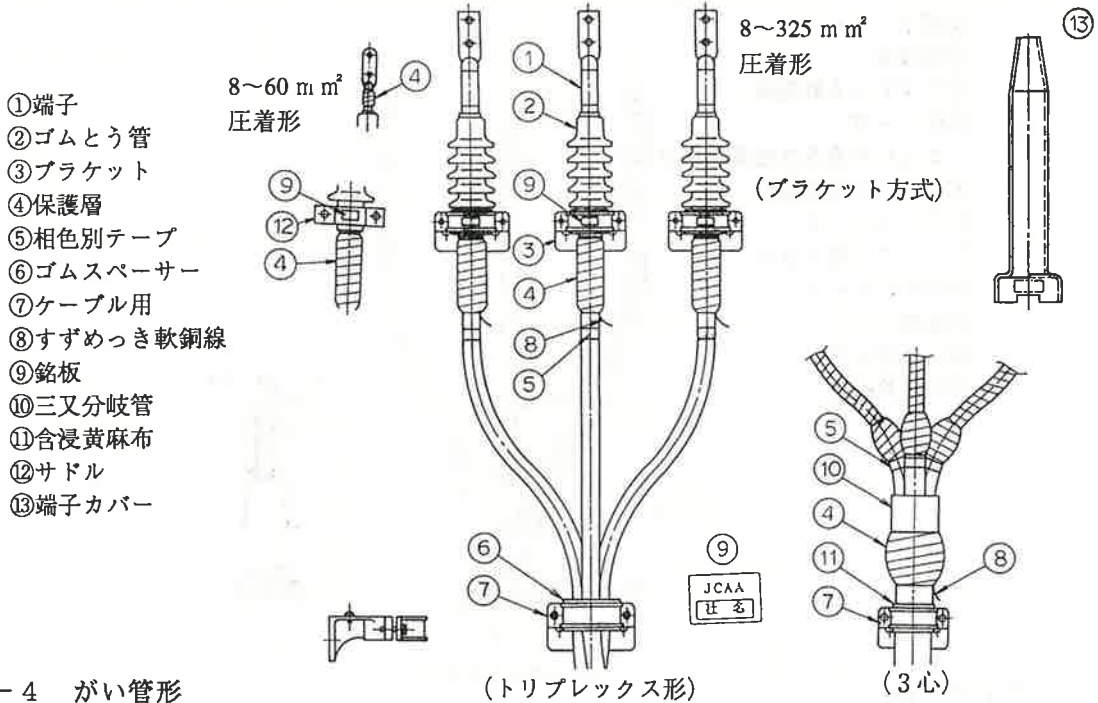


図-4 がい管形

6600 V CVケーブル用耐塩害終端接続部 (C3101)
(トリプレックス形及び3心)

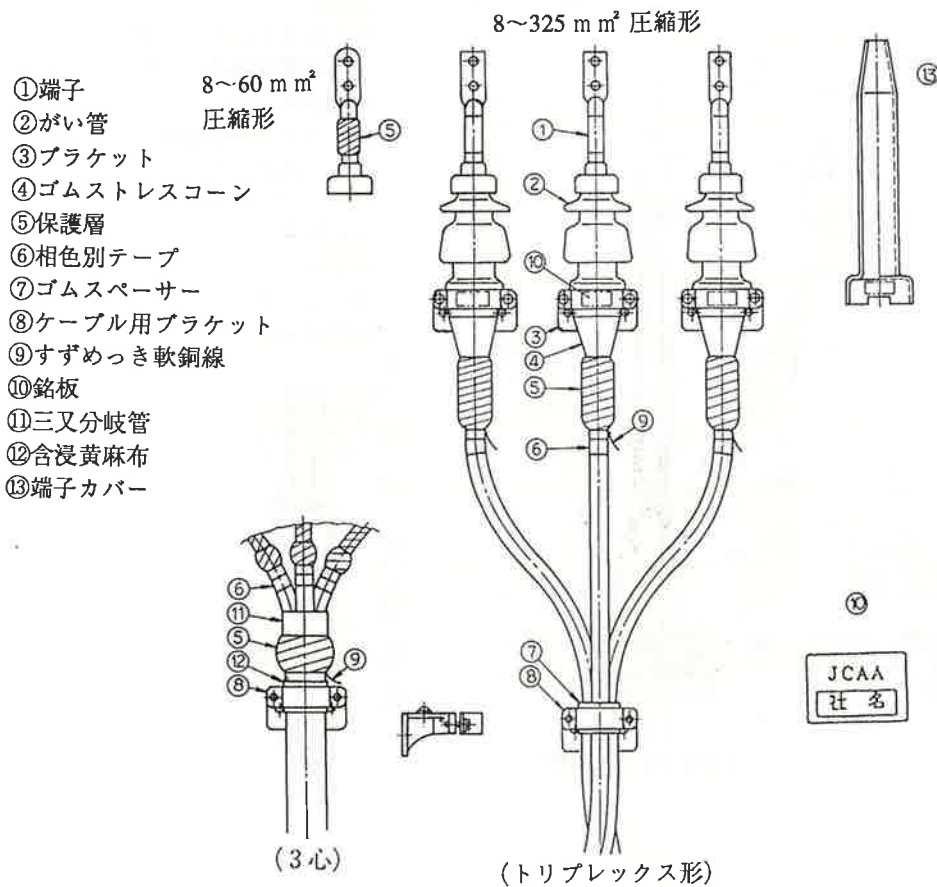
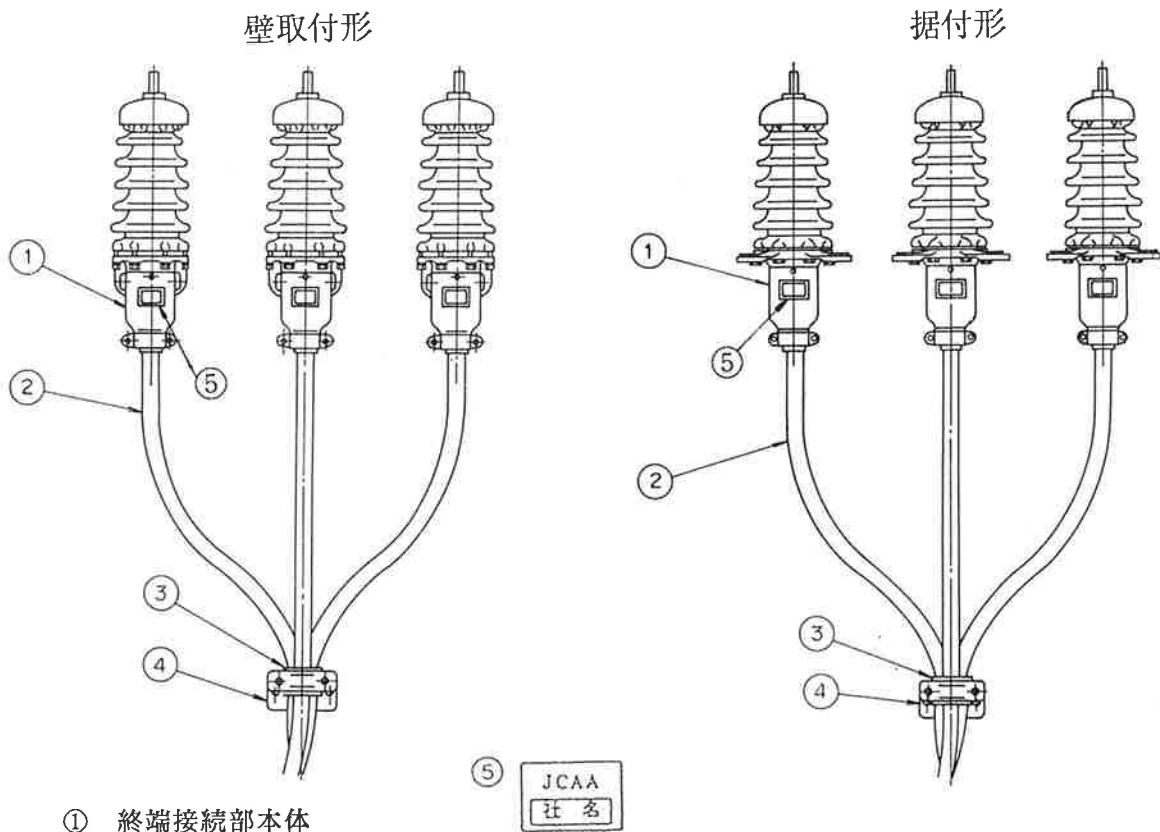


図-5 がい管形

22 kV CVケーブル用がい管形セミプレハブ式屋外終端接続部 (C5103)
(トリプレックス形)

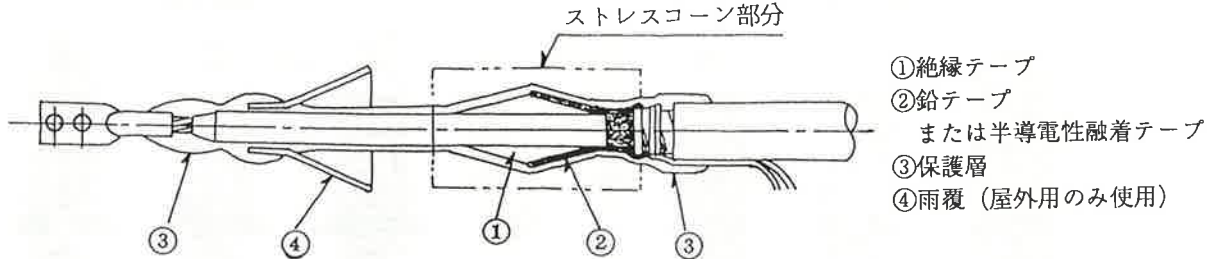


- ① 終端接続部本体
- ② CVケーブル
- ③ ゴムスペーサー
- ④ ケーブル用ブラケット
- ⑤ 銘板

3. 終端接続部の構造および特徴

(1) テープ巻形終端接続部

図-6 テープ巻形終端接続部の構造



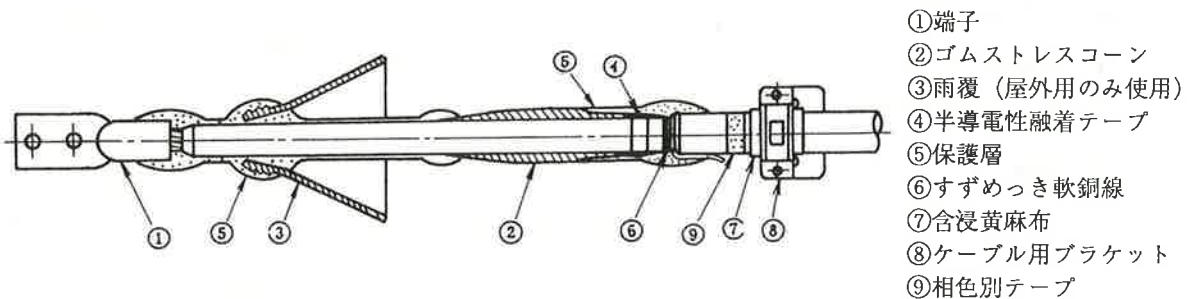
テープ巻形終端接続部の代表的な構造を、図-6に示す。この終端接続部は、電気的ストレスを緩和する為のストレスコーンを絶縁テープで円錐状に巻き上げて、その上に鉛テープまたは、半導電性融着テープを巻いて形成する。

このように、テープだけでストレスコーンを作る方法をテープ巻形と呼んでいる。この方法は、テープを巻いてストレスコーンを作る為、安価であるが、作業者の熟練を要する。

(2) プレハブ形終端接続部

3.2.1) ゴムストレスコーン形

図-7 ゴムストレスコーン形終端接続部の構造

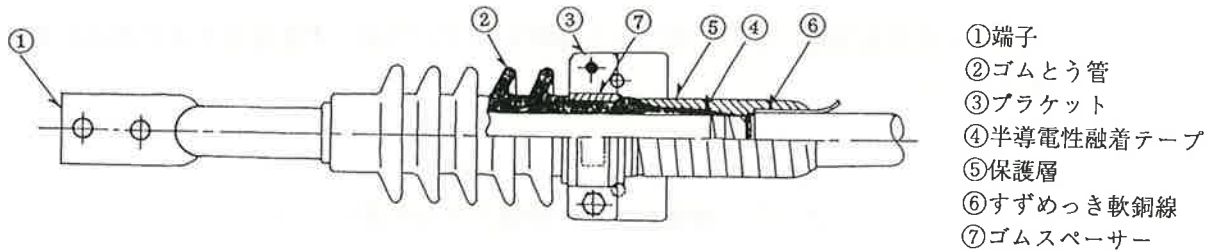


プレハブ形終端接続部の代表的な構造を、図-7に示す。この終端接続部は、テープ巻き終端接続部のストレスコーン部分にゴムストレスコーンを使用し、現場で規定寸法に口出ししたケーブル絶縁体上に挿入し、ケーブルしゃへい層とゴムストレスコーンを半導電性融着テープで巻き上げるだけで形成することが出来る。このような方法をプレハブ形と呼んでいる。

この方法は、テープ巻形と比較すると性能の安定性、作業の簡便さおよび作業時間の短縮化などの点で優れている。

3.2.2) ゴムとう管形

図-8 ゴムとう管形終端接続部の構造



ゴムとう管形終端接続部の代表的な構造を、図-8に示す。この終端接続部は、以下のような考え方に基きデザインされたものである。

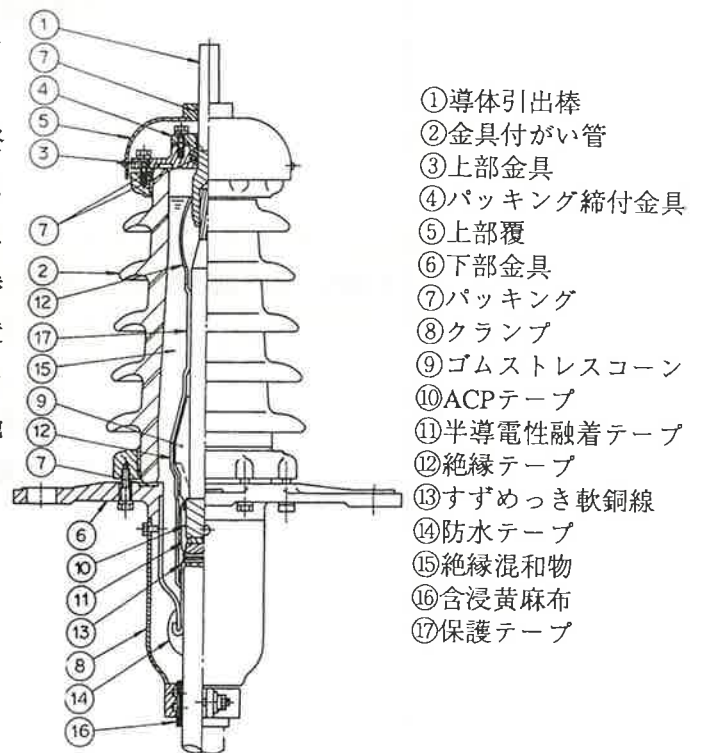
- a) 屋外用終端接続部を考えた場合、雨覆部分もゴムストレスコーンと一体に成型した構造とする。
- b) 雨覆部（ヒダ部）の形状および数を適切に選定し、ある程度の汚損（軽微な汚損）にも耐えられる終端接続部とする。
- c) ゴム成型部分と端子部分を一体に成型し、防水性能を更に向上させる。

(3) がい管形終端接続部

図-9 がい管形終端接続部の構造

がい管形終端接続部の代表的な構造を図-9に示す。この終端接続部は、汚損（ばい煙等）あるいは、塩害の影響を受ける所に終端接続部を設置する場合、または、一般的に22kV以上の屋内または屋外終端接続部などに使用されている。がい管の内部は、テープ巻形またはプレハブ形の終端接続部と同じ構造であるが、この終端部が周囲の環境の影響を受けないようにがい管で囲まれ、その間に絶縁混和物が注入されている。

この方法は、テープ巻形およびプレハブ形と比較した場合、高価である。また、加熱形絶縁混和物を使用しており、絶縁混和物注入直後は、高温になっているので、終端部絶縁抵抗が低く、すぐに通電することは出来ない。



4. 終端接続部の構成部品

(1) テープについて

- ・ J C A A の単品規格に定められている各種テープの特徴と主な用途をまとめると表-2 のようになる。

表 2 各種テープの特徴と主な用途について

規格番号	名称	特徴	主な用途
D-004	黒色粘着性ポリエチレン絶縁テープ	<p>良質のポリエチレンフィルム の片面に、良質の合成ゴムおよびプラスチックを主成分としたコンパウンドを均一にはり合わせたもの。</p> <p>粘着性と耐久性に富み、均一な電気絶縁性を有する。</p>	<p>絶縁用 防水用 保護用</p>
D-005	自己融着性絶縁テープ	<p>良質の合成ゴムおよびプラスチックを主成分としたコンパウンドをフィルム加工したもの。</p> <p>自己融着性と耐久性に富み、均一な電気絶縁性を有する。</p>	<p>絶縁用 防水用</p> <p>外表面に保護用のテープ層を設ける事</p>

規格 番号	名 称	特 徴	主な用途
D-010	保護テープ	<p>良質の塩化ビニール樹脂を主体としたコンパウンドを用いて製作したフィルムの片面に、粘着剤を均一に塗布したもの。</p> <p>粘着性と耐久性に富み、均一な電気絶縁性を有する。</p>	保護用
D-006	防水テープ	<p>良質のクロロプレンゴムフィルムの片面に、良質の合成ゴムおよびプラスチックを主成分としたコンパウンドを均一にはり合せたもの。粘着性と耐久性を有する。</p>	防水用 保護用
D-007	半導電性 布テープ	<p>良質の布の片面に半導電性ゴムを糊引きし加硫したもの。</p> <p>耐久性に富み、均一な導電性を有する。</p>	外部導電層 接続用

規格 番号	名 称	特 徴	主な用途
D-027	粘着半導電性 架橋ポリエチ レンテープ	<p>均一な導電性をもつ半導電性 黒色照射ポリエチレンを用いて 製作したフィルムの片面に粘着 剤を均一に塗布したもの。</p> <p>粘着性と耐久性に富み、均一 な導電性を有する。</p>	ケーブ ル外部 導電層 とスト レスコー ンの 接続用
D-029	半 導 電 性 融 着 テ ー プ	<p>半導電性加硫ゴムシートの片 面に、融着性を有する半導電性 コンパウンドを均一にはり合わ せたもの。</p> <p>融着性と耐久性に富み、均一 な導電性を有する。</p>	内部、 外部半 導電層 接続用 ストレ スコー ン形成 用

(2) 端子について

・ケーブル端末処理材料には一般的に、端子が付属されており、この端子を介して、ケーブルを相手側機器に接続する。

4.2.1) 端子の種類

端子には、次の種類がある。

- | | |
|--|--------------------------------------|
| ① はんだ付け形銅管端子
(JCAA D 002)
図-10 参照 | ④ 圧縮形銅管端子
(JCAA D 003)
図-13 参照 |
| ② はんだ付け形銅鋳物端子
(JCAA D 024)
図-11 参照 | ⑤ 圧縮形銅端子
(JCAA D 021)
図-14 参照 |
| ③ 圧着形銅管端子
(JCAA D 028)
図-12 参照 | |

図-10

はんだ付け形銅管端子

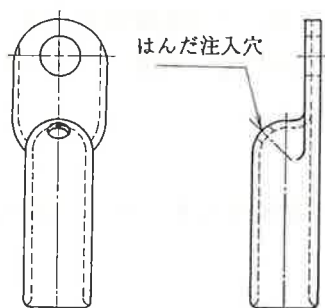


図-11

はんだ付け形銅鋳物端子

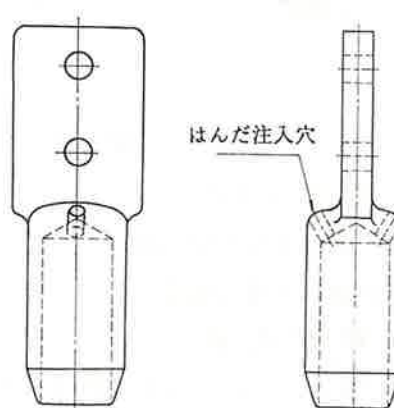


図-12

圧着形銅管端子

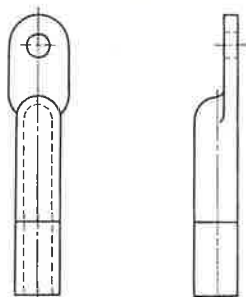


図-13

圧縮形銅管端子

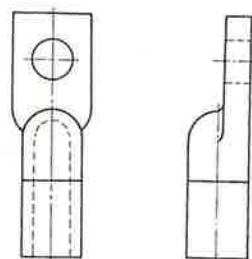
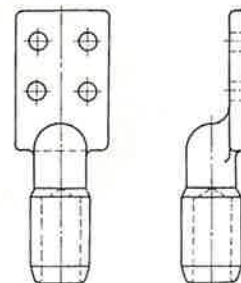


図-14

圧縮形銅端子



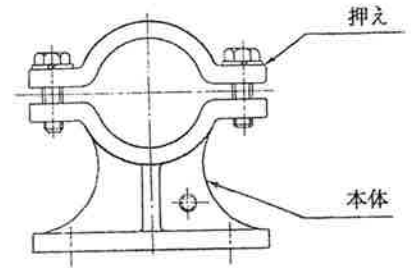
(3) ブラケットについて (J C A A 規格 D-014)

電力ケーブル終端接続部に使われているケーブル用ブラケットは、単心用と多心用に使い分けされている。

4.3.1) 単心用、多心用の相違点

単心用と多心用では材質が異なった金具を使用している。J C A Aの規格品は、図-15に示すように、大きく分けて本体と押えより構成されている。材質は原則的には表3のとおりである。

図-15 ブラケット構造



4.3.2) 材質が異なっている理由

電力ケーブルに電流が流れると次式に示す磁界が発生する。

$$\dot{H} = \frac{\dot{I}}{2\pi r} \dots\dots\dots (1)$$

\dot{I} : 電流
 r : 距離
 \dot{H} : 磁界

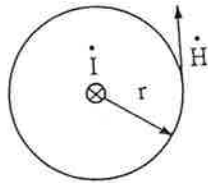


図-16

表 3 ブラケットの材質

	単 心 用	多心用
本 体	鉄	鉄
押 え	青銅またはステンレス	鉄

この磁界が、金属を通過すると、電圧が誘起される現象がおこる。この現象により、金属が発熱する結果となり、時と場合によっては、ケーブルに悪影響を与える。この影響の大小は、電流の大きさ、相対位置、材質によって大きく左右される。

① 電流の大きさ

電流と磁界の関係は (1)式で表される。従って電流が大きい場合、磁界は強くなり、影響は大きくなる。

② 相 対 位 置

図-17と 図-18を比較すると、図-17の場合、斜線部分の磁界は、3相平衡電流であれば、お互いに打ち消しあい、小さくなる。一方、図-18の斜線部分は不平衡となり、大きな磁界が発生する。

図-17 多心ケーブルの場合

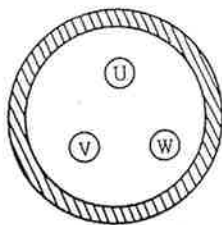
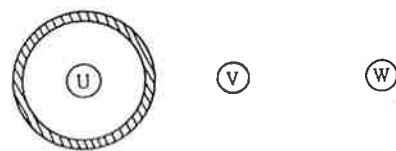


図-18 単心ケーブルの場合



③ 材 質

磁界がとおる際金属により、多くのエネルギーを吸収する場合と、余り吸収しない場合とがある。この度合を表すのに比透磁率という定数がある。代表的な金属の比透磁率を表4に示す。比透磁率が大きい程、大きな電圧が発生し、特に鉄の場合、影響が大きくなる。

以上の事柄からケーブル用ブラケットの材質は、多心ケーブル用の場合（図-17）

鉄であっても、磁界は弱い為、すべて鉄にて運用し、単心ケーブル用の場合（図-18）には、押えの材質を鉄以外の金属に変えることにより対処している。

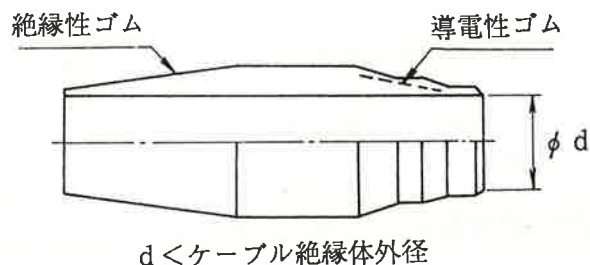
表 4 比 透 磁 率

材 質	比 透 磁 率
鉄	200～300
アルミ	1
銅	1
青銅	1
ステンレス (オーステナイト系)	1.02

(4) ストレスコーンについて { JCAA 規格 D-022 JCAA 規格 D-026

ストレスコーンとは、ストレスリリーフコーンの略語で、ケーブルしゃへい層（外部導電層）切断点の電氣的ストレスを緩和させるためのコーンのことである。図-19にゴムストレスコーンの構造を示す。

図-19 ゴムストレスコーンの構造



ストレスコーンの役割は、ケーブル本体の特性を損うことなく電氣的、機械的の接合を行える構造でなければならない。これらの理屈を理解するには、先ずケーブル本体の電氣的構成を理解する必要がある。図-20は、ケーブル断面の電界分布を示したものである。

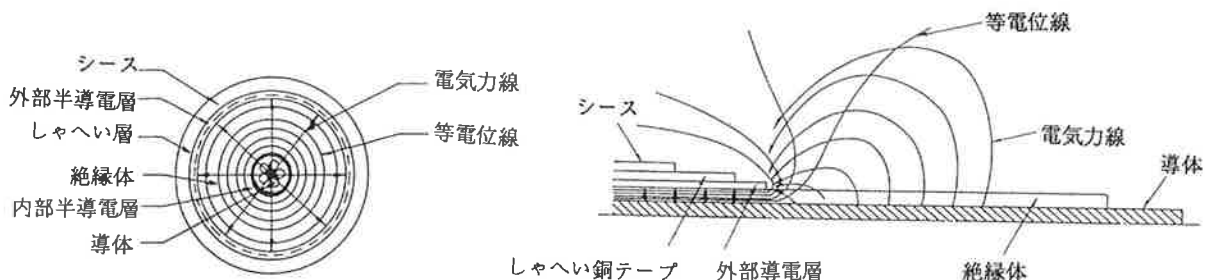
一般にケーブルは電圧が高くなるほど絶縁材料を有効に使用することに工夫をこらしている。すなわち、6 k V級では導体撚り合わせ上、および絶縁体上に半導電層を設けて電界集中及び絶縁体の膨張収縮による界面剥離現象からくる部分放電電圧の抑制等である。

これらの工夫によって絶縁体には均一な電氣ストレスが加わるように設計製造されているが、端末や接続を行う時ケーブルを段剥ぎするとケーブル内の電界分布は全く様子を変えてしまう。

図-21はケーブル段剥ぎ部を側面からみた電界分布状況である。図から明らかなようにケーブル端部の電界は遮蔽切断部近傍に集中している。このような現象をそのままにして

図-20 ケーブル本体の電界分布図

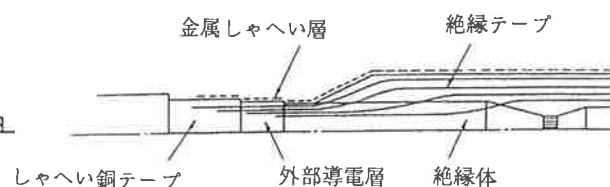
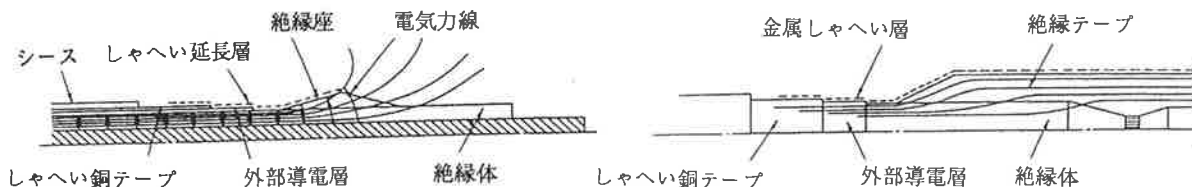
図-21 ケーブル端末部本体の電界分布図



おくとケーブル本体の耐電圧、特性を大きく低下させる要因をつくることになる。端末処理や直線接続はこのようなケーブル端末部における電界の集中をできるだけ緩和させ、絶縁耐力を所要の特性まで維持させる手段であって、通常6 k V級では図-22, 23に示す如く、ケーブル遮蔽層切断点の近傍に円錐上の絶縁座を形成させ、この円錐体の頂上まで遮蔽層を延ばすことにより等電位線の密度を粗にし、電界の緩和を図っている。一般に図-22および図-23の如く絶縁テープで円錐体を作り、遮蔽層を設けることをストレスコーンを作ると言う。

図-22 端末部の電界緩和状況

図-23 接続部の電界緩和状況



従ってこのストレスコーンの出来不出来によって端末部または接続部の特性が左右されることは明らかで、この作業は重要な意味をもっている。従来はストレスコーンの成形を絶縁テープと鉛テープの組み合わせで行ってきたが、新しい工法ではこのストレスコーンを予め工場で作成しておき、ケーブル絶縁体上の所要の寸法の所に挿入すれば良いように改善された差込み形端末が採用された。

この意味では作業者の熟練度も従来に比較して大巾に少なくて良いようになった。J C A A規格C3103（ゴムストレスコーン形屋内終端接続部）同C3104（ゴムとう管形屋外終端接続部）がその例である。

工場形成されたゴムストレスコーン単品の性能を表-5に示す。

表 5 ゴムストレスコーンの性能

項 目		特 性 値	
		絶 縁 層	導 電 層
体積抵抗率 $\Omega \cdot m$ { $\Omega \cdot cm$ } (20℃)		1×10^{12} { 1×10^{14} } 以上	1×10^3 { 1×10^5 } 以下
引 張 強 さ N/m ² { kgf/mm ² }	常 温	3.9×10^6 { 0.4 } 以上	3.9×10^6 { 0.4 } 以上
	加 熱 老 化 後	3.1×10^6 { 0.32 } 以上	3.1×10^6 { 0.32 } 以上
伸 び %	常 温	300以上	200以上
	加 熱 老 化 後	240以上	160以上
耐 オ ゾ ン 性		良 好	
耐 ト ラ ッ キ ン グ 性		良 好	
乾 燥 閃 絡 電 圧 kV		30以上	
注 水 閃 絡 電 圧 kV		17以上	

(5) 雨覆について (JCAA 規格 D-016)

JCAA規格のテープ巻形およびストレスコーン形屋外終端接続部には、屋内終端接続部には使用されていない“雨覆”が用いられている。

4.5.1) 屋外終端接続部の設置環境

テープ巻形終端接続部でもストレスコーン形終端接続部でも共に屋外に設置されるということは、その終端接続部が次のような環境に晒されるということである。

- a) 降雨による終端接続部表面の濡れ
- b) 塵埃等の付着による表面汚損
- c) 紫外線等による終端接続部構成絶縁物表面の劣化

上記 a)~c)の環境は、どれをとっても終端接続部の電氣的性能を低下させる要因となるものであるが、c)については、各絶縁物(絶縁テープ、保護テープおよびゴムストレスコーン)とも、それなりの劣化対策を施してあり、性能上問題の無いものとなっている。しかし、a)およびb)については、終端接続部を構成している各絶縁物が電氣的性能上問題の無いものであっても、その表面に付着したものが電氣的に悪影響を及ぼすという始末の悪いことになる。そこで、終端接続部には傘状の絶縁性ゴム成型品である“雨覆”が取り付けられている。

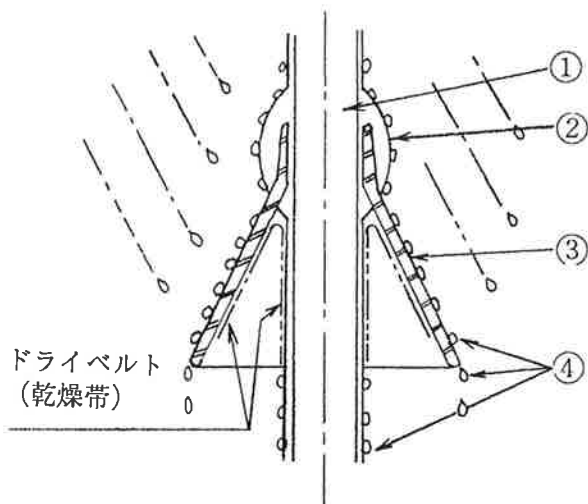
4.5.2) 雨覆取付けの効果

終端接続部に“雨覆”が取り付けられると次のような効果がある。

① ドライベルトによる表面電気抵抗の維持

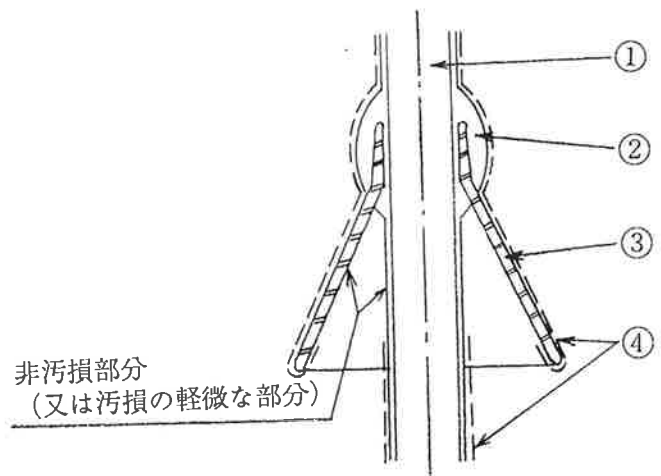
降雨時でも“雨覆”裏面にドライベルト（乾燥帯）を作り、終端接続部表面（裏表面）の電気抵抗を維持する。

図-24



- ①ケーブル絶縁体
- ②保護層（絶縁テープ又は保護テープ）
- ③雨覆
- ④降雨による水滴

図-25



- ①ケーブル絶縁体
- ②保護層（絶縁テープ又は保護テープ）
- ③雨覆
- ④汚損物

② 表面汚損の軽減による電気抵抗の維持

塵埃等の終端接続部への付着に対し、“雨覆”裏面に非汚損部分（又は汚損の軽微な部分）作り、終端接続部表面（裏表面）の電気抵抗を維持する。

③ 雨覆有無の状態での電氣的性能比較

雨覆有無の状態での終端接続部の電氣的性能比較の一例を図-26に示す。

図-26 注水時の衝撃閃絡電圧と閃絡長さとの関係の一例

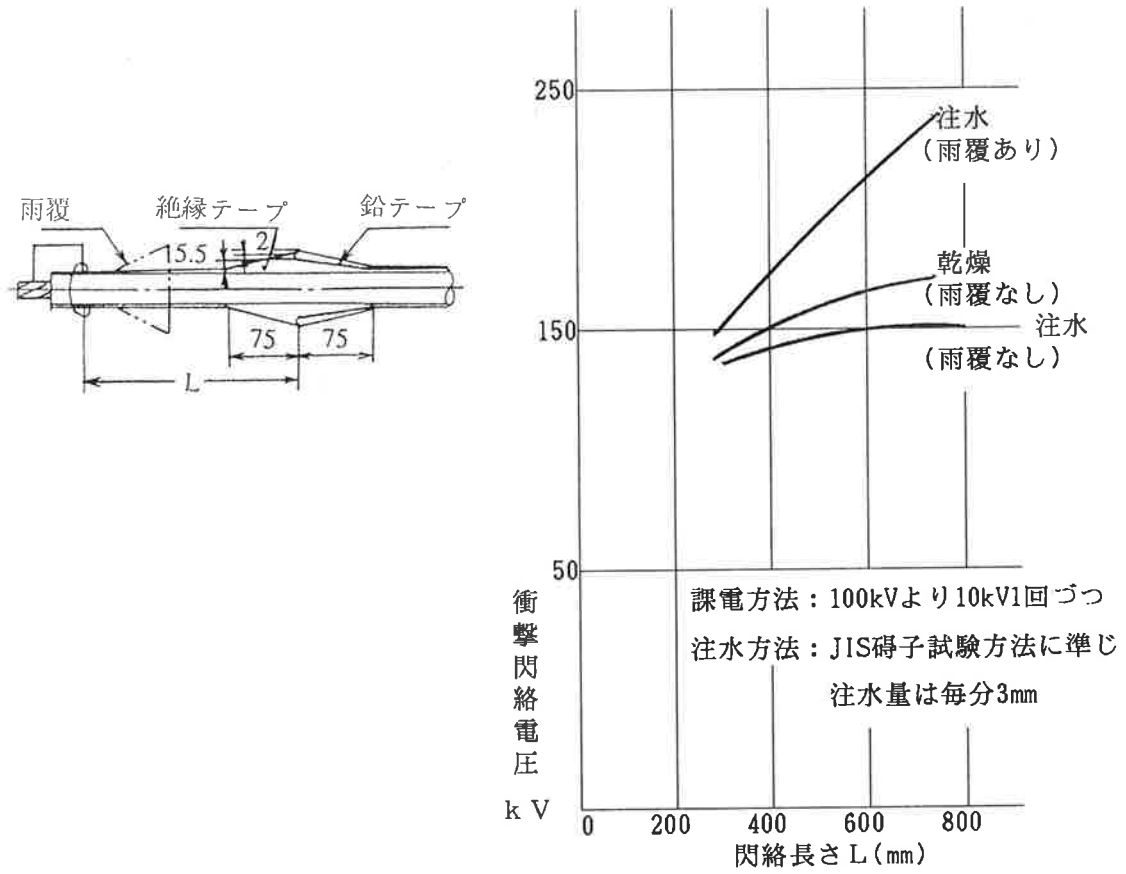


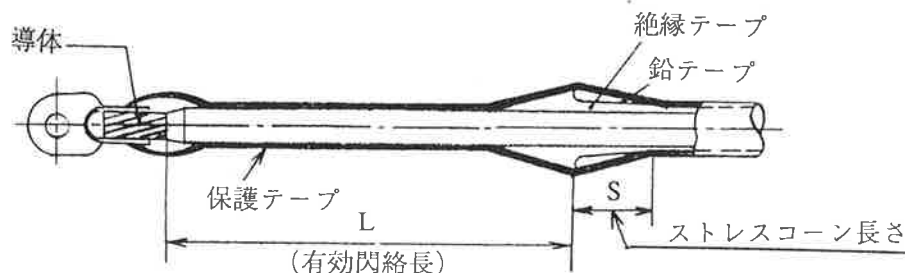
表 6 雨覆の性能

項	目	特 性 値
引 張 強 さ N/m ² {kgf/mm ² } kgf/N {mm ² /mm ² }	常 温	3.9×10 ⁶ { 0.4 } 以上
	加 熱 老 化 後	3.1×10 ⁶ { 0.32 } 以上
伸 び (%)	常 温	300以上
	加 熱 老 化 後	180以上
耐 オ ソ ン 性		良 好
硬 さ	(度)	55 ± 15
沿 面 耐 電 圧		良 好

(6) 有効閃絡長さについて

有効閃絡長さとは、一般的には、ケーブル導体の口出し部（高電圧部）から、しゃへい層先端部（ストレスコーンを有している終端接続部ではストレスコーンの先端部）迄の絶縁沿面の寸法（L）をさしている。

図-27 基本的終端接続部



4.6.1) 絶縁沿面の特質

この終端接続部の絶縁沿面は、次の様な特質がある。

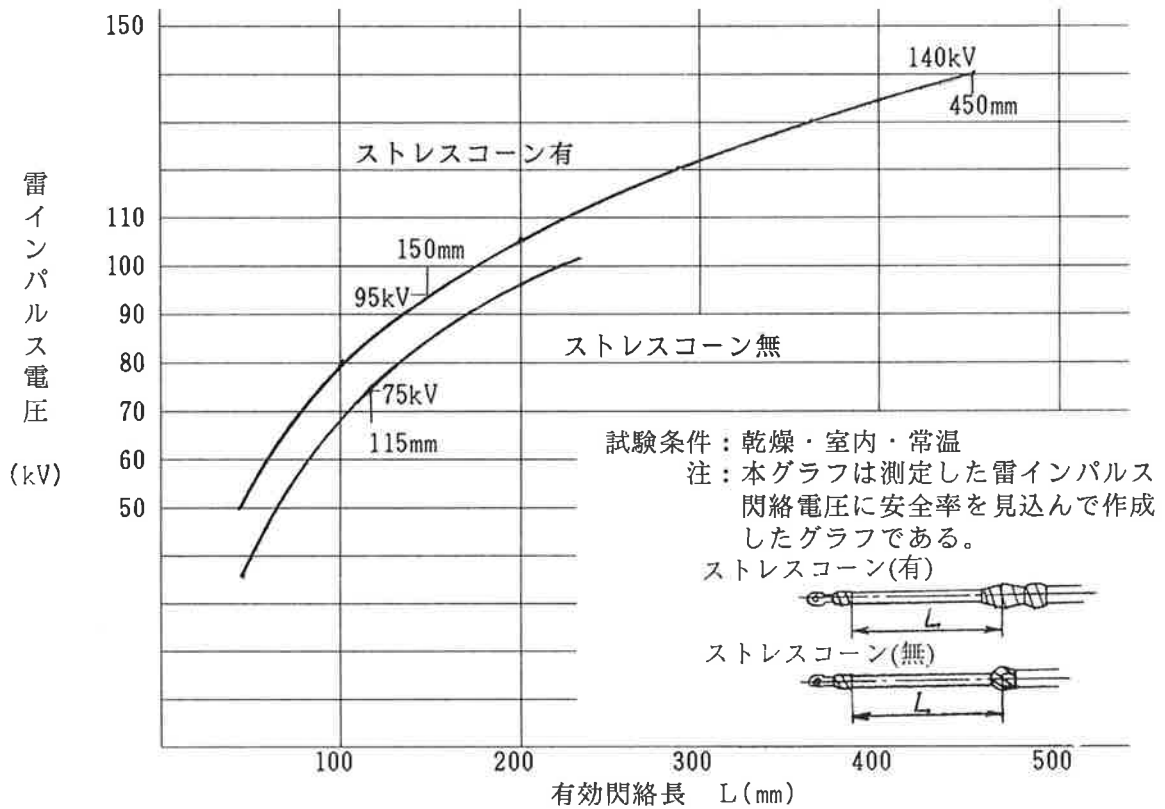
- a) 閃絡長さを長く採れば、電氣的に耐える終端接続部を得ることが出来る。
(図-28 参照)
- b) 終端接続部の有効閃絡長は、ある程度の長さ以上になると、電氣的性能上それ程大きな効果を期待することはできなくなる。(図-28 参照)
- c) ストレスコーンを有した終端接続部とストレスコーンの無い終端接続部とを比較すると、ストレスコーンを有した終端接続部の方が、電氣的により高い電圧に耐えることが出来る。(図-28 参照)
- d) 有効閃絡長は、終端接続部の寸法（大きさ）を左右するので、その終端接続部の要求性能に見合った適切な長さを選定すべきである。
- e) 又、屋外用の終端接続部については、長期に渡る絶縁沿面部の汚損および降雨による濡れ等を考慮に入れ、適切な長さを選定する必要がある。

JCAAでは、以上を加味し、テープ巻き形終端接続部の有効閃絡長を表-7のように定めている。

表 7 有効閃絡長（テープ巻形終端接続部）

電圧階級 (V)	有効閃絡長 (mm)	備 考
3,300	250	屋外用は「雨覆」付
6,600	400	”
11,000	550	”

図-28 実用屋内端末の雷インパルス電圧と有効閃絡長の関係



4.6.2) キュービクル内終端接続部の考え方

ケーブルの終端接続部は屋外又は建屋内にオープンの状態を取付けられる場合と、キュービクル等のコンパクトな電気機器内に設置される場合とがあり、特に近年は後者のケースがほとんどである。このようなコンパクトな電気機器内でケーブル終端接続部を一般標準寸法で組み立てることは、スペース上無理が生ずるので、J C A Aでは、ケーブル終端接続部の寸法を電氣的性能を維持できる最小寸法に押えた縮小寸法型（特に有効閃絡長の縮小を計った）の終端接続部を設け、これを、「キュービクル内終端接続部」として規格化している。この「キュービクル内終端接続部」の設計条件としては、次のようなことが掲げられる。

- ① 密封型のキュービクル内に設置されることが条件であり、表面汚損および水濡れ等による性能低下は考慮に入れてない。
- ② ケーブル終端接続部として、保証しなければならない電氣的性能を最小限満足するものである。

4.6.3) 6,600Vキュービクル内終端接続部の有効閃絡長

J C A A 規格の一般標準終端接続部の有効閃絡長は表-8の通りである。

表 8 有効閃絡長 (6600V一般標準終端接続部)

電圧階級 (V)	有効閃絡長 (mm)
6,600	400

この一般標準終端接続部の有効閃絡長がキュービクル内設置ということで先に掲げた条件に基づき、どの程度縮小できるかを検討してみる。ケーブル終端接続部の有効閃絡長と電氣的性能との関係を表したグラフ図-28より 6,600 Vの終端接続部の電氣的性能保証値である雷インパルス耐電圧値95 k Vを満足する点を見い出すと、その有効閃絡長は150mmということになる。

5. 施工および保守上の注意点

(1) CVケーブルと水について

一般に電気機器にとって水分は大敵という場合が多いが、CVケーブルや各接続部にとっても同様に水や水分は極めて危険な存在である。そこで水のCVケーブルにおよぼす影響と接続部でのその対策を述べる。

5.1.1) CVケーブルへの悪影響

CVケーブルへの水の悪影響として、まず、水トリーがあげられる。CVケーブルの絶縁体に使われている架橋ポリエチレンは、元来水に対して安定な材料で容器として使用しても何の問題もない。ところが、ここに電圧が加わると長時間の内に、いわゆる「水トリー」と呼ばれる樹枝状の微細な通路・空隙が発生する。水トリーは図-29~31に示すようにその発生部位や形状から ①内導トリー ②外導トリー ③ボウタイトリー と呼ばれ、それぞれ絶縁体に回復不能なダメージを与える。又、この水トリーは研究室段階の話ではなく現実に実線路でも発生しており、昭和63年には関東通産局管内で52件の水トリーが原因の高圧ケーブル事故が報告されている。

水トリー以外でも水はケーブル導体や遮蔽銅テープの変色・腐食の原因となりケーブルを蝕む。

図-29
トリーの形態

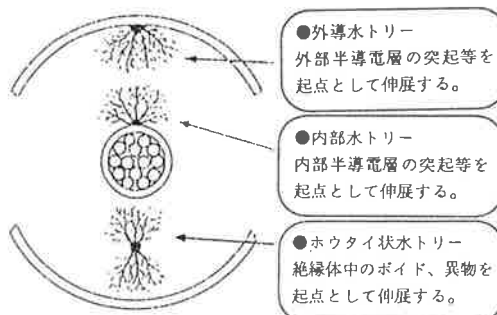


図-30 外導トリーの例

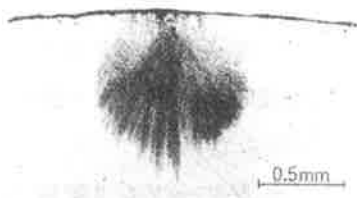
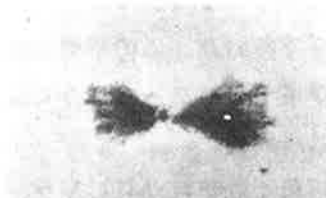


図-31 ボウタイトリーの例



出点：新版電力ケーブル技術ハンドブック 1989年 第1版第1刷（電気書院）

5.1.2) 接続部での対策

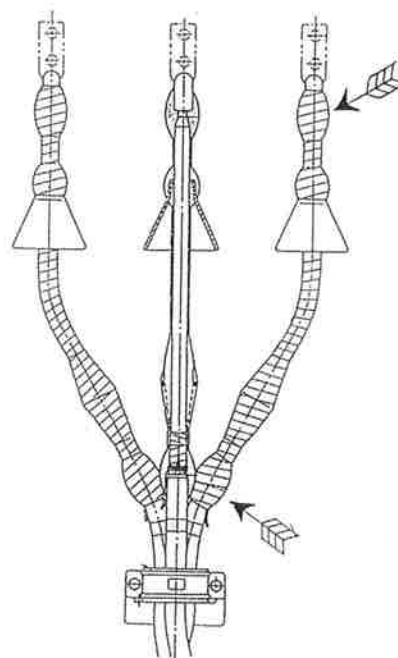
水や水分のケーブルへの浸入防止上の注意点を以下に述べる。図-32は 6600V CVTケーブル用テープ巻形屋外終端接続部である。水対策は主に保護テープ巻きによるが、特に端子からケーブル絶縁体にかけての保護テープ巻きと、接地線引き出し部の保護テープ巻きが重要である。端子は閉塞型（ケーブル導体端部が密閉されるもの）を使用し、端子からケーブル絶縁体にかけて形よく気密・水密になるよう保護テープを巻く。

又、接地線引き出し部では、すずめっき軟銅線を2本よらずに引き出し、隙間の残らぬようていねいに保護テープを巻く。

そのほか、作業環境も大事で雨天作業などは論外である。

水や水分は、ケーブル絶縁体の水トリー以外にも導体や遮蔽銅テープの変色・腐食といった原因になり、長時間かけて現象が現れる危険で厄介なものである。くれぐれも水や水分が原因で接続部はもちろんケーブル本体の性能が劣化することのないよう注意しなければならない。

図-32



(2) 外部半導電層の処理について

6600V以上のケーブルの終端接続部及び直線接続部において、ケーブルの外部半導電層の処理が適切でなかった為に、接続部の破壊事故にいたった事例が数多くある。そこで外部半導電層の意味と注意点、処理方法について述べる。

5.2.1) ケーブルの外部半導電層の変遷

JCMS（日本電線付属品製造会）標準のテープ巻形終端接続部及び直線接続部が制定された昭和30年代は、BNケーブルが主流であった。このBNケーブルは絶縁体がブチルゴムで、ケーブルシースがクロロプレンゴムで構成され、外部半導電層は半導電性布テープであった。この半導電性布テープは、絶縁体から剥ぎ取ることが大変困難で、剥ぎ取りが不十分であったり全く剥ぎ取らずに終端接続部及び直線接続部が施工される事例も見うけられた。

昭和40年代からCVケーブルが主流になった。CVケーブルは絶縁体が架橋ポリエチレンで、ケーブルシースがビニールで構成されている。このケーブルの場合、外部半導電層はBNケーブルと同様半導電性布テープであったが、容易に剥ぎ取ることができ、接続処理は大変容易になった。

昭和60年代にはCVケーブルで、水トリー対策もあって内部半導電層・外部半導電層及び絶縁体を同時に押出し成形（製造）する方法（三層同時押出し成形）が確立され一般に使用される頻度が高くなって来ている。

一般に、外部半導電層が半導電性布テープのケーブルを（E-T）、半導電性架橋ポリエチレンのケーブルを（E-E）と称して区別している。

5.2.2) 半導電層の意味と処理上の注意点

6600V以上のケーブルの代表的な構造は、図-33に示すような構造をしている。このなかに、内部半導電層及び外部半導電層があり、電界の集中及び絶縁体の膨張収縮による界面剥離現象からくる部分放電電圧の抑制等の為に用いられている。

図-33

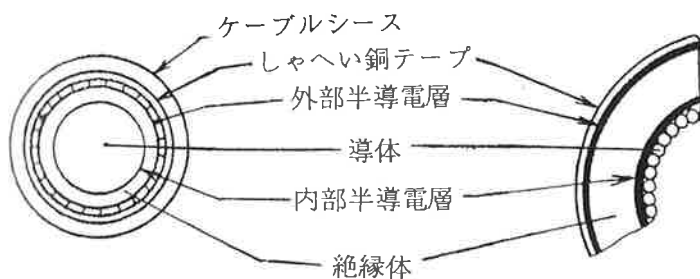
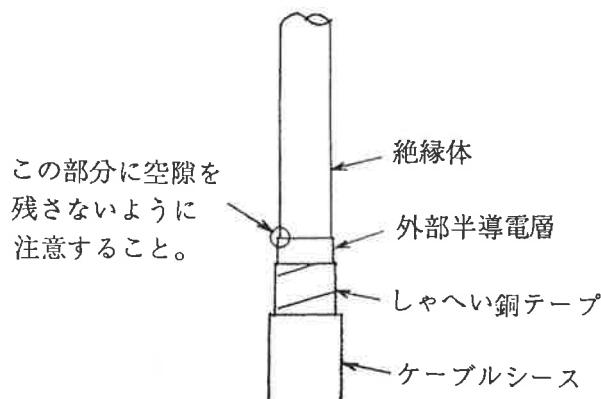


図-34



尚、外部半導電層を剥ぎ取らずに作業すると終端接続部及び直線接続部の界面の電界の電気絶縁が維持できなくなり、破壊等の原因となるので必ず剥ぎ取る必要がある。

また、ストレスコーンを作成する場合には、外部半導電層切断端に空隙を残さないようにテープ巻を行う必要がある。(図-34 参照)

5.2.3) 外部半導電層の剥ぎ取り方法

① 半導電性布テープ (E-T) の場合

ケーブルより、容易に半導電性布テープを剥離することができるので、所定の切断点にて、ナイフ等を用い絶縁体に傷をつけないように注意しながら剥ぎ取る。

(図-35参照)

② 半導電性架橋ポリエチレン (E-E) の場合

剥ぎ取り例: (a)

ナイフまたは専用剥ぎ取り工具等を用いて、まず、所定の剥ぎ取り位置に輪切りに切れ目を入れる。

次にケーブル端から、先に輪切りに切れ目を入れたところまで短冊状に切れ目を入れ、指またニッパー等を用いて引っ張りながら剥ぎ取る。

尚、切れ目を入れる際、絶縁体に傷を付けないように注意する。

半導電性架橋ポリエチレンの厚み: 約0.5~0.7mm (図-36 参照)

剥ぎ取り例: (b)

ナイフまたは専用剥ぎ取り工具等を用いて、まず、所定の剥ぎ取り位置に輪切りに切れ目を入れる。

次にケーブル端から、先に輪切りに切れ目を入れたところまでスパイラル状に切れ目を入れ、指またニッパー等を用いて引っ張りながら剥ぎ取る。

尚、切れ目を入れる際、絶縁体に傷を付けないように注意する。

半導電性架橋ポリエチレンの厚み：約0.5～0.7mm（図-37 参照）

図-35

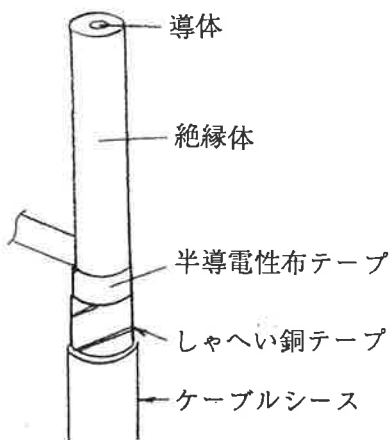


図-36

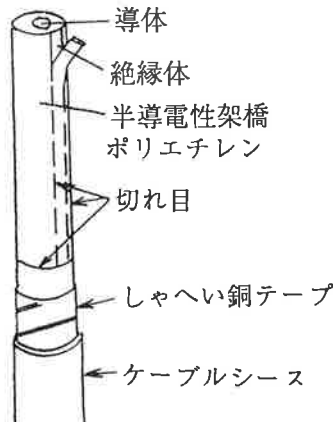
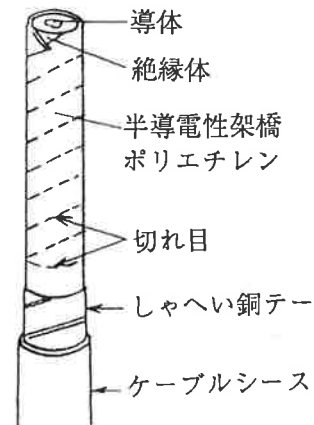


図-37



5.2.4) 剥ぎ取り工具の例

市販されている外部半導電層（半導電性架橋ポリエチレン）の剥ぎ取り工具の一例を下記に示す。

尚、剥ぎ取り工具は、目的に合わせて正しく使用することが肝心であるので、使用方法を熟読してから使用すること。

図-38 剥ぎ取り工具例：1

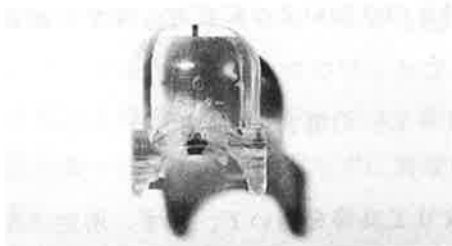


図-40 剥ぎ取り工具例：3



図-39 剥ぎ取り工具例：2

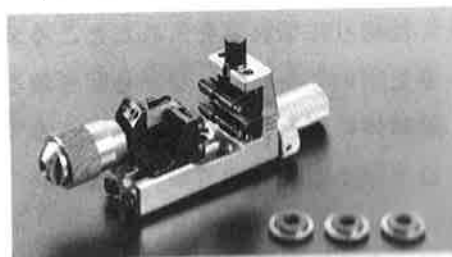


図-41 剥ぎ取り工具例：4



図-42 剥ぎ取り工具例：5



(3) テープ使用上の注意

最近、プレハブタイプの接続部が広く用いられているが、テープ巻作業は依然として接続部の組立作業の中で、重要なポイントである。そこで接続部に使用される各種テープについて、使用上の注意点を以下に述べる。

5.3.1) 各種テープの特徴と主な用途について

JCAAの単品規格に定められているテープの特徴と主な用途をまとめると、前記表2のようになる。(P10~12 参照)

5.3.2) 各種テープの使い方

絶縁テープ、導電性テープ、防水テープ、保護テープなど用途別に使い方が異なるが、共通する注意点は次のとおりである。

- ① 使い残しのテープは、水分や異物が付いている可能性が高いので使用しないこと。また作業中に落として、よごれたり、水がついたりしたものは使用してはならない。
- ② 化粧箱の裏面や化粧箱内に入っている使用方法を良く読み、そのとおりに巻くこと。
- ③ テープを巻く対象物である絶縁体やシースなどはきめられた溶剤を浸したケバの出ない不織紙等で、汚れ、ホコリ等をきれいに清拭した後、溶剤が揮発した事を確認の上テープを巻く。
- ④ テープはきめられた張力または伸びを与えながら、1/2 重ねで、ていねいに巻き、巻き終わりは引きちぎらずにハサミかナイフで切断する。できれば切り口は斜めにした方が好ましい。引きちぎったりすると引きちぎった所から浮いて来たり、はがれて来たりする。
- ⑤ テープ巻作業中は、テープの表裏両面共に手などで触れないように注意する。手などで触れると、手の脂がつき、融着性あるいは粘着性などがそこなわれるだけでなく異物(汗、ホコリ等)を巻き込む可能性がある。

5.3.3) 絶縁テープの巻き方

絶縁テープには、自己融着性絶縁テープと粘着性ポリエチレン絶縁テープの2種類がある。両者の大きな違いは、自己融着性絶縁テープはある程度伸ばして巻くのに対し粘着ポリエチレン絶縁テープは、あまり伸ばさずに巻くことであり、これらのテープを巻く上での注意は次のとおりである。

- ① 絶縁テープは、所定の張力あるいは伸びを与えながら巻き、ボイドが出来ないように、また、偏肉しないように、均一に巻く。
- ② ストレスコーンを作成する必要がある場合は電気性能上重要なところであるので形状に充分気を配って、テープ巻を行う。
- ③ 直線接続部の絶縁部や防水処理部のテープ巻き作業に於いては、対象物の外径の小さな部分から巻き始めるようにする。

特に直線接続部の絶縁部の場合、ボイドや層ばなれを作らないように、外径の小さな部分から巻き始め、順序良く巻き上げていくことが重要である。

5.3.4) 半導電性テープの巻き方

半導電性テープには、半導電性布テープ、粘着性半導電性架橋ポリエチレンテープ（ACPテープ）および半導電性融着テープの3種類がある。

- ① 半導電性布テープとACPテープは、シワにならないように、ピンと張って巻くことが大事である。シワが出来るとそのシワがボイド、あるいは突起となり、絶縁破壊の原因となる。
- ② 半導電性融着テープは、ある程度伸びを与えて（使用方法を良く読む事）巻き、ボイドが出来ないように密着させるようにして巻き付けること。
- ③ 半導電性テープは、出来るだけ途中切断せずに連続して巻くようにする。これは、連続しているところと比べると巻き始め、巻き終わりはどうしても突起になりやすいためである。

5.3.5) 保護、防水テープの巻き方

保護あるいは防水テープとしては、保護テープ、防水テープまたは粘着ポリエチレン絶縁テープが使用される。

- ① 末端の場合最外層は、上部側が巻き終わりとなるように巻き、雨やゴミが付着しにくいように、あるいは、テープがはがれにくいようにしなければならない。
- ② シース上に防水用としてテープを巻く場合、ケーブル長さ方向の傷がないことを確認し、傷がある場合は、紙ヤスリ等で円周方向にけずり取る。

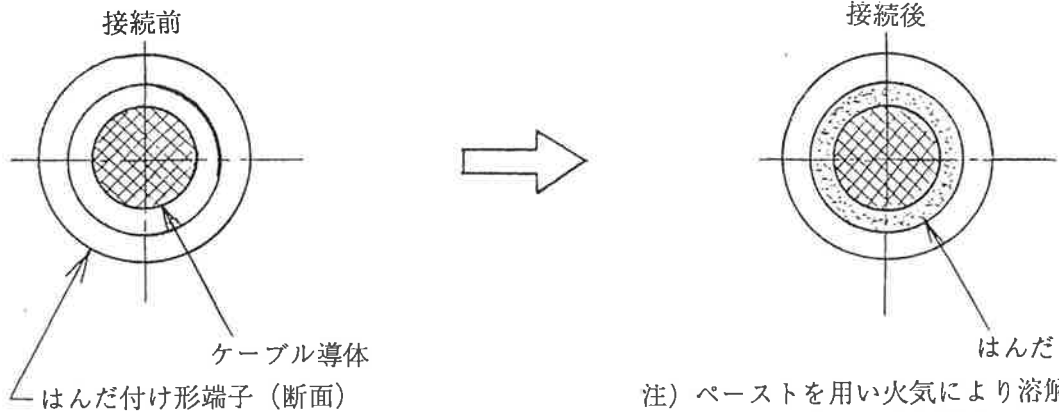
もし傷があると、傷を通過して、水が浸入してくるのでいくらテープを巻いても防水出来ないことになる。

(4) 端子取扱上の注意

5.4.1) ケーブル導体への接続方法

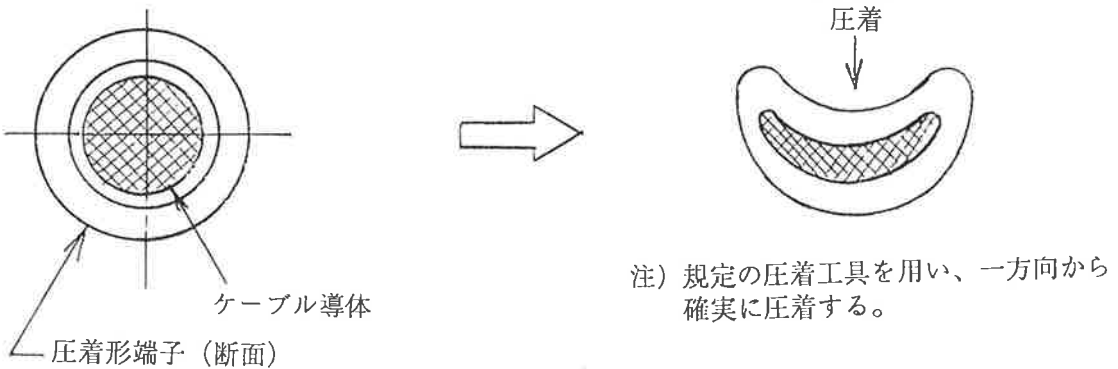
各端子のケーブル導体への接続方法を図-43～図-45に示す。

図-43 はんだ付け形



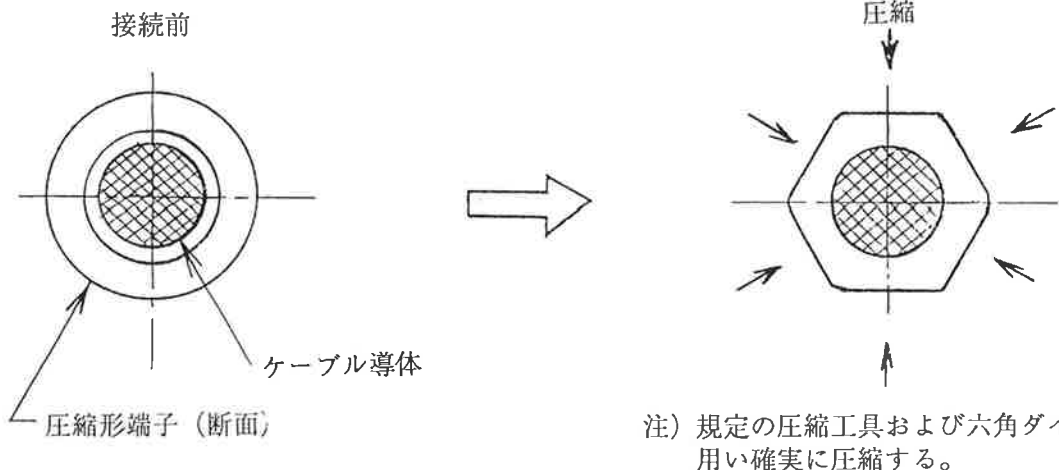
注) ペーストを用い火気により溶解したはんだを隙間へ充分満す。

図-44 圧着形
接続前



注) 規定の圧着工具を用い、一方向から確実に圧着する。

図-45 圧縮形



注) 規定の圧縮工具および六角ダイスを用い確実に圧縮する。

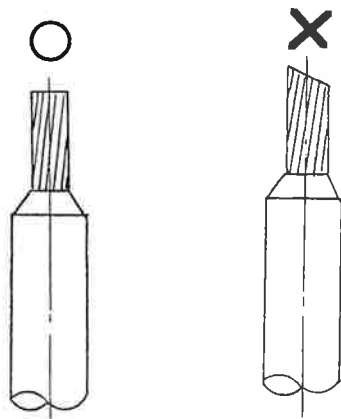
5.4.2) 端子の選定と使用上の注意点

ケーブルの端末処理にあたって、どの端子を選ぶかは、ユーザーの指定および手持ち工具の関係ならびに作業する人の技能の関係等から選定されるが、ここに各端子を用いる際、一般的に考慮すべき事項を述べる。

① はんだ付け形

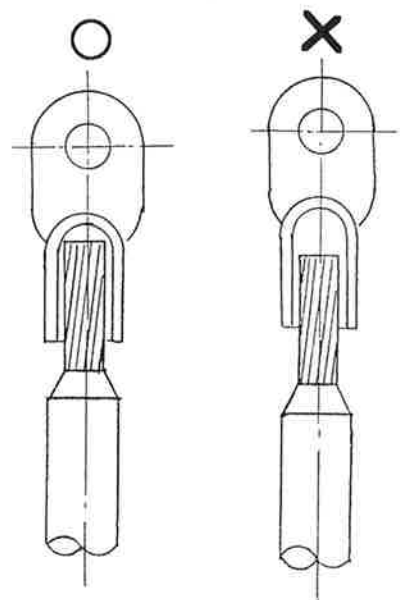
a) ケーブル導体の切断は真直ぐに正しく行う。

図-46



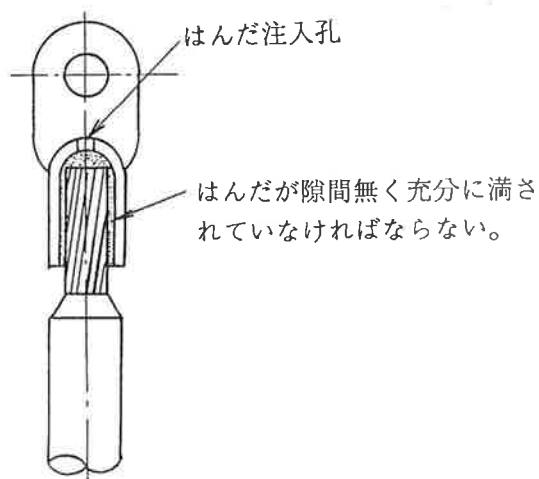
b) ケーブル導体を端子に充分挿入する。

図-47



c) ケーブル導体と端子との隙間へはんだを充分満たす。

図-48



d) ケーブル導体と端子との隙間へ、はんだが充分満たされていない場合は、通電によるオーバーヒート又は、はんだの空隙を通して外部から湿気および水分がケーブル導体へ浸入することになり、事故へ繋がる恐れがある。

② 圧着形

a) ケーブル導体の切断と、端子への挿入時、考慮する点は前記はんだ付形端子と同様。

b) 規定のサイズの圧着工具を用い、一方向から最後まで確実に圧着する。

(図-49 参照)

c) 規定サイズの圧着工具を用いない場合は端子の圧着部分に割れが発生する場合もあり、割れが生ずると、湿気および水分がケーブル導体へ浸入することになる。又、規定サイズの圧着工具を用いなかったり、圧着を最後まで行わず、圧着が不足した場合、通電によるオーバーヒートを引き起こすことになる。

d) 圧着による凹部形状が大きい為、保護層テープ巻を確実に行わないと、この部分から湿気及び水分がケーブル導体へ浸入することになる。(図-50 参照)

図-49

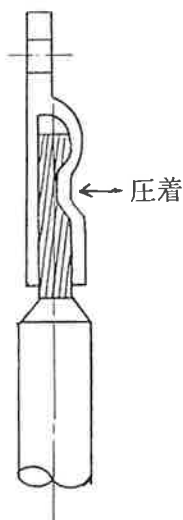
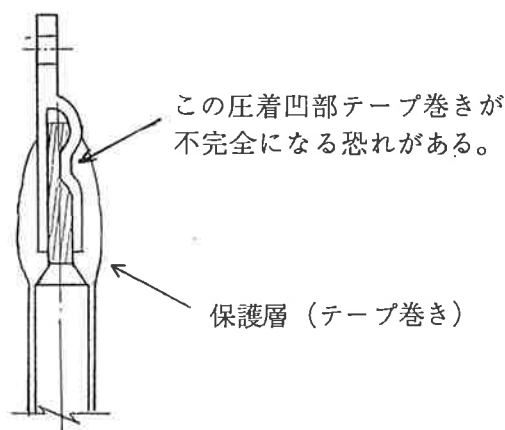


図-50



③ 圧縮形

a) ケーブル導体の切断と、端子への挿入時、考慮する点は前記はんだ付形端子と同様。

b) 規定の圧縮工具および六角ダイスを用い、最後まで確実に圧縮する。

c) 規定の圧縮工具および六角ダイスを用いない場合、圧縮部分に割れが発生する場合もあり、割れが生ずると、湿気および水分がケーブル導体へ浸入することになる。

d) 規定の圧縮工具および六角ダイスを用いなかったり、圧縮を最後まで行わず圧縮が不足した場合、通電によるオーバーヒートを引き起こすことになる。

5.4.3) 圧着形銅管端子の圧着不良による問題点

圧着形銅管端子の圧着作業において、導体サイズに対する端子サイズの適合とダイスサイズの適合及び圧着回数は、終端接続部の長期信頼性の上から重要なことである。

① 圧着不良の要因

圧着不良の要因として考えられることは、導体サイズに対して適正な端子を使用し

ない場合や、端子に不適正なダイスを使用した場合などが考えられ、これについての接続信頼性試験を行った。

- a) 60mm²の端子に対して、不適正な導体サイズを使用した場合の引張強度と電気抵抗を測定した。

表 9

圧着ダイス	導体サイズ	引張強度 {N, kgf}		電 気 抵 抗 (%)	
		測定値	規格値	測定値	規 格 値
60mm ²	22mm ² (不適正)	1470 {150}	1509 {154}	85	ケーブルの100%以下
	38mm ² (不適正)	2940 {300}	2607 {266}	77	ケーブルの100%以下
	50mm ² (適 正)	5390 {550}	3430 {350}	70	ケーブルの100%以下
	60mm ² (適 正)	5880 {600}	4116 {420}	63	ケーブルの100%以下

- b) 60mm²の端子に対して、不適正なダイスを使用した場合の引張強度と電気抵抗を測定した。

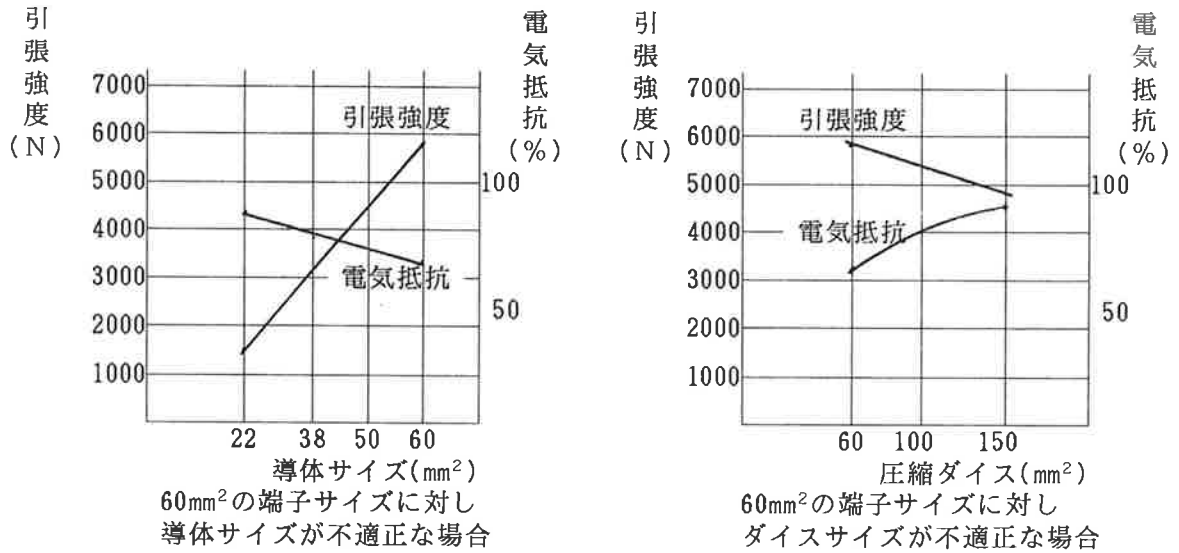
表 10

導体サイズ	圧着ダイス	引張強度 {N, kgf}		電 気 抵 抗 (%)	
		測定値	規格値	測定値	規 格 値
60mm ²	60mm ² (適 正)	5880 {600}	4116 {420}	63	ケーブルの100%以下
	100mm ² (不適正)	5390 {550}	4116 {420}	83	ケーブルの100%以下
	150mm ² (不適正)	4900 {500}	4116 {420}	90	ケーブルの100%以下

試験結果からは、端子に対して、導体サイズが適正でない場合や、端子に対して圧着ダイスが適正でない場合は、適正サイズを使用した場合に比べ、引張強度及び電気抵抗の低下が見られた。

以上のように圧着作業において不適正な導体サイズ及びダイスを使用した場合には、接続信頼性が落ちる事がわかる。又、圧着ダイスが適正でない場合においては、引張強度や電気抵抗の低下だけでなく、圧着部の変形が著しく端子にひび割れが生じて端子の気密が失われ、雨水の浸入により終端接続部の内部沿面絶縁が低下する事が考えられ、長期信頼性の面からも圧着作業の重要性が伺える。

図-51



5.4.4) 異種金属接触による過熱トラブルの事例

① 端末部加熱トラブルの例

この例は、CVケーブル端末部のCu圧縮端子がCuブスバーに、接続され、さらにAlブスバーと接続されており、AlとCuのブスバーの接点で発熱し、熱伝導によりCVケーブル端末部に巻かれていた絶縁テープが融けて流れ出し、端末部の補修をすると共にAlブスバーをCuブスバーに取替えたものである。(図-52 参照)

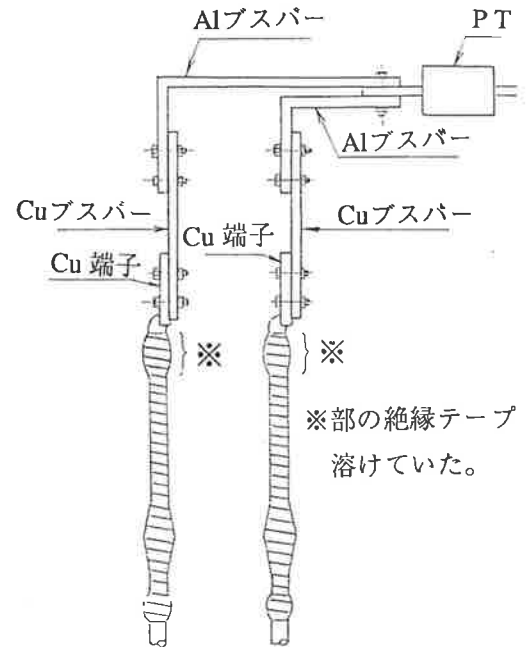
a) 対象品：11kV CV単心500mm²
(1969年製)

b) 端末部の構造：テープ巻形
c) 布設場所：屋外・開閉器盤

この端末部は、布設後約20年間過熱することなく正常に運転されていたが、トラブル発生約1年前に点検の為に、各接点を切離したとのこと。点検後各接点を元通り接続し、AlとCuのブスバーの接点はコンパウンドを塗布して接続したとのことであった。

AlとAl、AlとCuを接続する場合、コンパウンドを塗布するということは一般的によく知られているが、今回の場合コンパウンドを塗布していたにもかかわらず過熱した原因は何であったのだろうか？

図-52



端末部の布設状況

② A ℓ 表面の酸化皮膜

A ℓ 表面は空気に触れるとすぐに酸化皮膜で覆われてしまう。

この酸化皮膜はアルミサッシなどのような建材物にはメリットがある。というのは、酸化皮膜の御陰でいつまでも外観は美しく保たれている。しかし、電気部品の接続部に関しては酸化皮膜により接触抵抗が高くなり発熱の原因となり厄介なものといえる。

③ A ℓ の接続方法

A ℓ の接続方法としては、まず表面の酸化皮膜をワイヤブラシでよく落とし、すぐにコンパウンドを塗布する。ワイヤブラシで磨いた後、長く放置しておく、また酸化皮膜が発生するので、いくらコンパウンドを塗布しても何にもならないことになる。

ここで、使用されるコンパウンドは通常はグリースの中に亜鉛の微粉末が入っている。この亜鉛の微粉末はA ℓ の接続部をボルト締めにより圧力をかけた時、つぶれて酸化皮膜を除去する為に混入されている。しかし、いくら亜鉛の微粉末が入っているとは言え、やはり予めA ℓ 表面の酸化皮膜はワイヤブラシで除去しておく必要がある。

④ 今回のトラブル例の原因推定

以上のように、A ℓ の場合Cuと異なり接続方法に細心の注意が必要と言える。

今回のトラブル例の原因は、A ℓ ブスバーの接続面を予めワイヤブラシで良く酸化皮膜を落さず、コンパウンドのみを塗布して接続した為、過熱したのではないかと推定される。

(5) 接地について

- ・ 高圧ケーブルの竣工試験時に“異常が発生” 終端接続部に問題があるのでは？
- ・ 終端処理工事には十分な経験が有り、工事には自信があるのに………？

このような時、終端接続部の接地は確実にされているかどうかを再確認の一項目に入ると良い。終端接続部の接地の方法には片端接地と両端接地とがあるが、ここでは両端とも接地をしなかった場合どのような現象が起こるのか、簡単に説明する。

5.5.1) 正常な接地による電圧

6600Vのケーブル構造を図-53に示す。

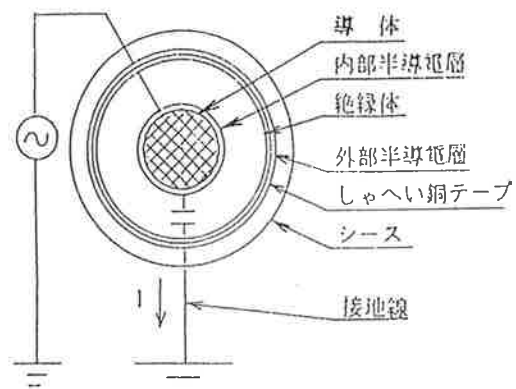
ケーブル導体と大地（アース）間に電圧を印加した場合、導体と外部半導電層及びしゃへい銅テープ（以下しゃへい層と言う。）との間に印加電圧と同じ電圧が発生する。

高圧ケーブルは、構造的に同軸円筒電極であるため静電容量が大きく、コンデンサーを形成している。コンデンサーに電圧を印加するとその静電容量Cと印加電圧Vとの関係で、

①式の電流が流れる。この電流の流れる道となるのが接地線である。

接地処理が正常であれば、しゃへい層は大地と同電位となり安全な状態に保たれる。

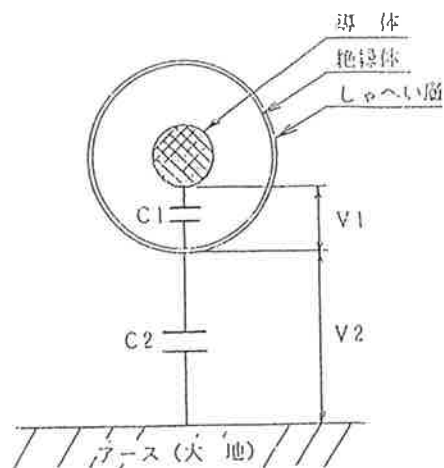
図-53



$$I = \omega C V \dots \textcircled{1}$$

V : 印加電圧 (V)
 C : ケーブルの静電容量 (F)
 I : 充電電流 (A)
 ω : 角速度

図-54



$$V = V_1 + V_2 \dots \textcircled{2}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_2}{C_1} \dots \textcircled{3}$$

5.5.2) 接地を忘れた時の発生電圧

ケーブル導体としゃへい層間およびしゃへい層と大地間の静電容量をそれぞれ図-53の如く、 C_1 、 C_2 とし、その両端の電圧を V_1 、 V_2 とした時印加電圧 V は V_1 と V_2 に分割され、その大きさは静電容量の大きさに逆比例する。(②、③式)

そこで実際の布設状況では C_1 に比べ C_2 が非常に小さい為しゃへい層に発生する電圧 V_2 は印加した電圧に近いものになる。

以上のように接地を取らなかった場合、しゃへい層には非常に高い電圧が発生し、安全上極めて危険な状態といえるので必ず接地をとること。

(6) 塩害と汚損区分

5.6.1) 塩害とは

日本は島国であり、周囲をぐるりと海に囲まれている。その為、季節風又は、台風により海から陸へ向かって風が吹くと、海水中の塩分が内陸部迄運ばれる。それが電気設備に付着すると、設備の電気絶縁性能を低下させ、更には、停電事故を引き起こすことにもなる。所謂、塩害事故である。この塩害事故のもとになる海からの塩分は、電気設備の一つであるケーブル端末部に対しても悪影響を及ぼす。

① トラッキング現象

風により、海から運ばれて来た塩分が、ケーブル端末部へ付着し、その量が増大すると、端末部を形成している絶縁物（例えば絶縁テープ又は、保護テープ等）表面を電流が流れ出したり、部分的な放電を引き起こしたりする。

この時に発生する熱により、絶縁物（有機絶縁物）が部分的に炭化してしまう。これがトラッキング現象であり、その時の状況又は、絶縁物の種類によっては、エロージョンと称する絶縁物の滑らかな浸蝕を起こしたり、時には燃え出してしまうという現象も発生する。

② 絶縁物の耐トラッキング特性

有機絶縁物の中には、トラッキングに対して、弱いものから非常に強いものと種々あるが、その特性は大雑把な所、表11の通りである。

表 11 有機絶縁物の耐トラッキング特性評価（一例）

絶縁物名称 (有機絶縁物)	耐トラッキング特性 評価
ビニル	△
ネオプレンゴム	△
ブチルゴム	○
E P ゴム	○
ポリエチレン	○
ふっ素ゴム樹脂	◎

△ : 耐トラッキング特性に劣る。

○ : 耐トラッキング特性良好。

◎ : 耐トラッキング特性非常に良好

5.6.2) 汚損区分

電力各社の汚損区分と想定塩分付着量を表12及び表13に示す

表 12 電力各社の汚損区分

電気共同研究第35巻第3号
「変電設備の耐塩設計」(昭54.9)より

会社名	区分数	基準がいし	想定最大等価塩分付着密度(mg/cm ²)						備考
			0	0.01	0.03	0.06	0.12	0.35	
北海道	5	懸垂	← A → B → C → D → E →						
東北	6	懸垂	← A → B → C → D → E ^{0.25} → F →						細分化により設計の合理化
東京	6	長幹	← A → B → C → D → E ^{0.25} → F →						
中部	5	長幹	← A → B → C → D → E →						
北陸	5	長幹	← A → A → B → C → D →						0.03mg/cm ² 以下を二分している
関西	5	懸垂	← 標準 → A → B → C → D →						0.1 C地区を0.12mg/cm ² とすると実績より過剰設計となるので0.1mg/cm ² とした
中国	5	懸垂	← 一般 → A → B → C → D →						0.03mg/cm ² 以下を二分して軽汚損地区の設計を合理化した
四国	5	長幹	← 一般 → A → B → C → D →						0.03mg/cm ² 以下を二分した
九州	4	懸垂	← A → B → C → D →						
電発		懸垂	(当該地区の電力会社の規格に準ずる)						
電協研(20-2)	5	懸垂	← A → B → C → D → E →						
		長幹	← A → B → C → D → E →						
	4	長幹	← A → B → C → D →						

注：懸垂がいし ◇長幹がいし A~E汚損区分

表 13 想定塩分付着量

電気共同研究第20巻第2号
「送変電設備の塩害対策」(昭39.4)より

汚損区分		A	B	C	D	E
想定最大等価塩分付着密度(mg/cm ²)		0.03	0.06	0.12	0.35	海水のしぶきが直接かかる場合を対象とし、3%塩水、0.3 mm/min(水平分)の注水を想定
海概岸略かの距離	台風に対し	50 km以上(一般地域)	10~50km	3~10km	0~ 3km	海岸の地形構造より0~300mまたは0~500m
	季節風に対し	10 km以上(一般地域)	3~10km	1~ 3km	0~ 1km	海岸の地形構造より0~300m

注) 上表に海岸からの概略の距離として示されている数値はおおよその目安を与えるもので、適用する地域の地形的条件により、塩分付着量の実績に重点をおいた補正がなされることが望ましい。

なお、この汚損区分は電協研（20-2）の推奨に従って多年にわたり使用されて来たが、汚損区分の区分数や、汚損区分を区分けする塩分付着密度の数値および名称等に若干の不統一が見られた。そこで標準となる汚損区分を推奨するにあたり混乱を避ける意味から新しい呼称を表14のように決めた。このため従来A・B・C……という呼称で送変電・配電はじめ気象学の分野など多方面において親しまれてきた汚損区分の呼び方が変わることになる。（電協研第35巻第3号）

表 14 標準汚損区分

区 分		想定塩分付着密度 (mg/cm ²)	備 考
一 般 地 区		—	塩の影響がほとんどなく、塵埃汚損が主で塩害対策を特に必要としない地区で、等価塩分付着密度0.01mg/cm ² を目安とする。
塩害地区	軽汚損地区	0.03以下	塩の影響があり塩害対策を必要とする地区
	中汚損地区	0.03超過～0.06以下	
	重汚損地区	0.06超過～0.12以下	
	超重汚損地区	0.12超過～0.35以下	
	特殊地区	0.35超過	

注) 想定塩分付着密度は、長幹がいしに付着した値を基準とする。

5.6.3) J C A A 規格終端接続部と汚損区分について

現在 J C A A で規格化されている終端接続部（キュービクル内、屋内、屋外、耐塩害の4つ）耐汚損区分は、前記の汚損区分を参考に決められている。（表 15 参照）

また代表的な耐塩害終端接続部を図-55に示す。この構造は、深溝型のがい管にストレスコーンを密着して一体としたもので、がい管内部には、あらかじめ絶縁コンパウンドを充填してあり、規定の寸法に口出し処理を施したケーブルをがい管に挿入し、端子を圧縮または圧着すれば組み立てられる作業性の良いものである。端子は、汎用性を考慮し、圧縮型だけでなく、60mm²以下は、圧縮型と圧着型の2本立てとした。

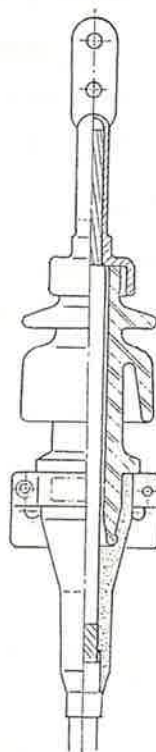


図-55
J C A A C 3101
耐塩害終端接続部

表 15 J C A A 終端接続部の汚損適用区分

汚 損 区 分		想定塩分付着密度 (mg/cm ²)	規格番号	適 用 規 格	
				規 格 名	
キュービクル 内		密閉機器内で使用 することに限定し 汚損、結露を考慮 しない。	C3102	6600V 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 ゴムストレスコーン形キュービクル内終端接続部	
			C4101	3300V～11kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 テープ巻形キュービクル内終端接続部	
一 般 地 区		塩の影響がほとん どなく、塵埃汚損 が主で塩害対策を 特に必要としない 地区で等価塩分付 着密度0.01mg/cm ² を目安とする。	C3103	6600V 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 ゴムストレスコーン形屋内終端接続部	
			C4102	600V～11kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 テープ巻形屋内終端接続部	
			C5101	22kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 ゴムとう管形屋内終端接続部	
			C5104	22kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 がい管形テープ巻式屋内終端接続部	
			C5105	22kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 がい管形セミプレハブ式屋内終端接続部	
			C6101	33kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 がい管形セミプレハブ式屋内終端接続部	
塩 害 地 区	軽 汚 損 区 地 区	0.03以下	C5102	22kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 がい管形テープ巻式屋外終端接続部	
			C5103	22kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 がい管形セミプレハブ式屋外終端接続部	
			C6102	33kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 がい管形セミプレハブ式屋外終端接続部	
	中 汚 損 区 地 区	0.03超過 ～0.06以下	C3104	6600V 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 ゴムとう管形屋外終端接続部	
			C3105	6600V 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 ゴムストレスコーン形屋外終端接続部	
			C4103	600V～11kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 テープ巻形屋外終端接続部	
			C5102	22kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 がい管形テープ巻式屋外終端接続部	
			C5103	22kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 がい管形セミプレハブ式屋外終端接続部	
	C6102	33kV 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 がい管形セミプレハブ式屋外終端接続部			
	重 汚 損 区 地 区	0.06超過 ～0.12以下	—	—	
超 重 汚 損 区 地 区	0.12超過 ～0.35以下	C3101	6600V 架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル用 耐塩害終端接続部		
特殊地区	0.35超過	—	—		

(7) 耐塩害終端接続部端子カバー取扱上の注意

汚損地区に使用されていた J C A A C 3101 6600 V 耐塩害屋外終端接続部端子カバーが焼損する事故が発生した。

同様事故の原因と注意事項は以下の通りである。

5.7.1) 端子カバーの焼損原因

端子カバーは安全上充電露出部を防護するために使用されている。

本カバーは、図-56に示すように正規に取付ければ、設計上がい管ヒダには絶対触れないようになっている。

ところが、これを傾けて挿入したりすると、場合によってはがい管ヒダに当たることがある。

また、カバー下端部にギャップがあるというのでわざわざ絶縁テープを巻付けて固定するといった誤った施工が行われているケースがある。

こうした施工をしたものは汚損が進行するとともに、トラッキングを起し、ついにはカバーの焼損に到ることがある。

5.7.2) 施工上の注意すべき事項

前述した通りの原因により端子カバー焼損事故が発生するので

① 端子カバーは真直に取付ける。

傾いた状態で取付け、がい管ヒダに接触する場合は、接触しないよう再度挿入しなおす。

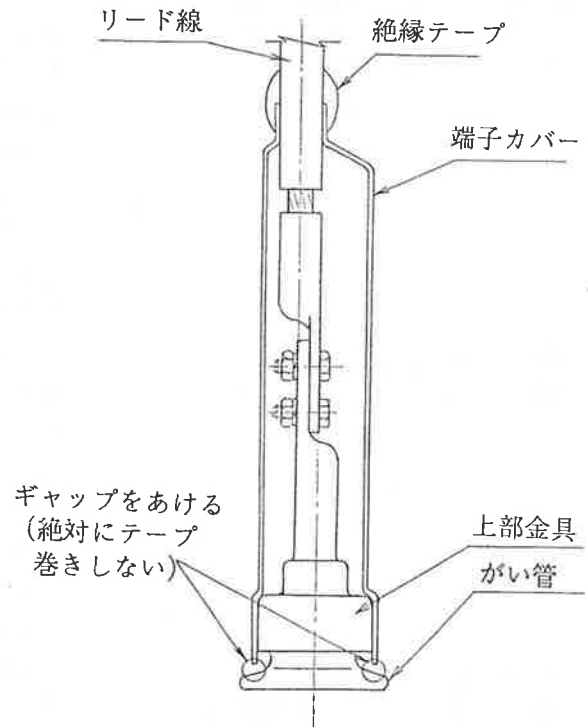
② 端子カバー下端部ギャップに絶対にテープ巻きを施さない。

③ 寸法不適合な端子カバーを絶対に使用しない。(J C A A規格品を使用する)

以上3点を厳重に守って施工すること。

図-56

耐塩害屋外終端接続部
端子カバー取扱図



(8) 終端接続部の保守・点検

CVケーブルの終端接続部においても、ケーブルと同様に長期間使用すると、劣化による性能低下は避けられない。劣化による事故を未然に防ぐためには保守点検が必要となる。そこで最後に終端接続部の劣化と保守点検について簡単に紹介する。

5.8.1) 劣化の要因

代表的な劣化の要因を掲げると次のようになる。

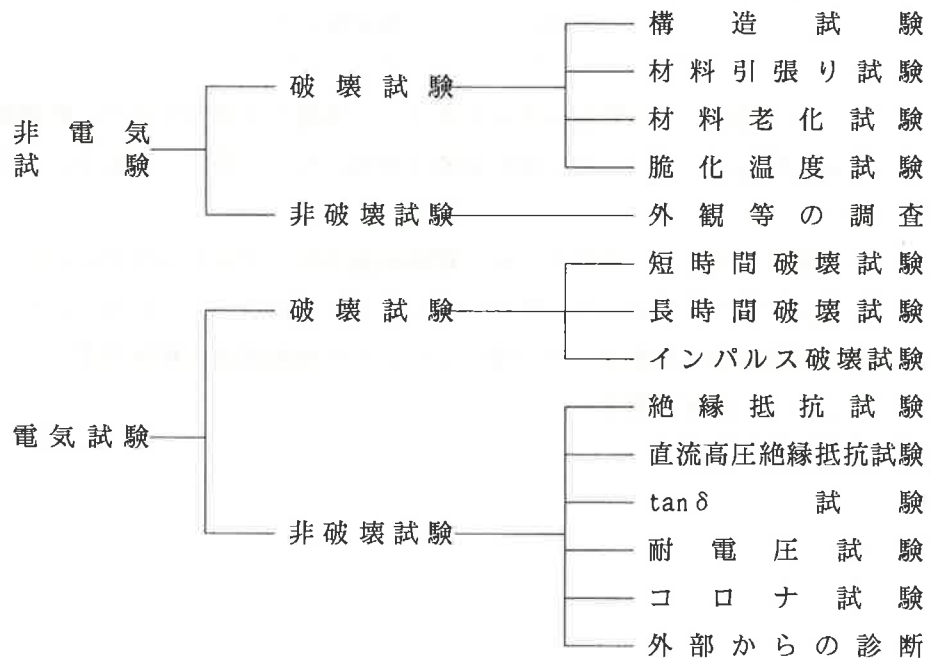
- ・電氣的要因 …………… 過電圧、異常電圧など
- ・機械的要素 …………… 屈曲、圧縮、引張、振動など
- ・熱的な影響 …………… 低温度、高温度
- ・化学的な影響 …………… 水分、油、薬品など
- ・生物による危害 …………… 蟻、ねずみ、微生物など
- ・自然現象の影響 …………… 紫外線、オゾンなど
- ・トラッキング …………… 塩害など

5.8.2) 保守点検の方法

保守点検の方法を大別すると、

- ① 現場で実施する外観調査・電気試験などの非破壊試験
- ② 現場から試料を採取して行う破壊試験があり、表16のようになる。

表 16 保守点検の方法



5.8.3) 外観調査

保守点検方法の中で、特別な装置を用いなくて、保守点検できる外観調査のポイントをテープ巻形終端部についてまとめると表17のようになる。

表 17 外観調査項目

部 分	調 査 項 目
端 子	腐食はないか。 変色はないか。 ボルトのゆるみはないか。
テ ー プ 雨 覆	亀裂が生じ、脆弱になっていないか。 変色・退色していないか。 硬化・脆化していないか。 表面に塩じんが付着していないか。 樹脂状のトラッキング（焼け跡）が発生していないか。 ストレスコーンが変形していないか。
分 岐 管	亀裂が生じていないか。 テープのはがれはないか。
ブラケット 接 地 線	腐食はないか。 接地線が外れていないか。 ボルトのゆるみはないか。

テープ巻形以外の終端の場合でも表17に準拠して調査を行う。外観調査を行った結果、異常が発見されれば、更に電気試験を実施したり、補修をするなどの措置が必要となる。

外観不良が直ちに終端の劣化、絶縁破壊事故に至るものではないが、外観不良を事前に発見することは事故を未然にふせぐために重要なので、少なくとも1回/年以上の頻度で外観調査を実施するのが望ましい。また外観調査は停電作業なしでも行えるものがあるので、適宜実施する。

6. おわりに

今まで掲載されたテクニカルレビューを再構成し終端接続部とそこに使用される部品を中心にJCAA規格品をまとめてみました。

教育用あるいは施工時の注意ポイントとして目を通していただければ幸いです。

