CVケーブル・接続部の高温運転機械特性

正員 中出 雅彦 (東京電力)

正員 松井 俊哉 (東京電力)

正員 田中 秀郎 (古河電工)

正員 西川 哲 (住友電工)

正員 片貝 昭史 (日立電線)

正員 三宅 清市 (昭和電線)

正員 森 浩一 (三菱電線)

Mechanical Characteristics of an XLPE Cable and a Joint under High Temperature

Masahiko Nakade, Member, Toshiya Matsui, Member, (Tokyo Electric Power Co.),
 Hideo Tanaka, Member (The Furukawa Electric Co., Ltd.), Satoshi Nishikawa, Member
 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), Shoshi Katakai, Member (Hitachi Cable, Ltd.),
 Seiichi Miyake, Member (Showa Electric Wire & Cable Co., Ltd.),
 Koichi Mori, Member (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.)

Characteristics of crosslinked polyethylene used in XLPE cable change much over 100 °C. Mechanical characteristics of crosslinked polyethylene insulated cables and tape lapped joints under high temperature condition were studied. A cleat doesn't change shape of a cable and short-circuit current and ground fault current don't damage a cable at about 105°C. On the other hand, at about 105°C, performance of water impervious layer degraded. Copper taps lapped shield are broken at an offset position with thermal expansion and contraction. Support force of a cleat decreases and lead tape lapped shield is broken.

キーワード: CVケーブル、接続部、高温熱機械特性

1. はじめに

CVケーブルの絶縁体として使用されている架橋ポリエチレン(XLPE)は、100℃程度の温度以上で機械的な物性が急激に変化し、それにつれて電気的な特性も変化する⁽¹⁾。一般的にはケーブルとして必要な電気性能、機械性能は低下する。

本報告では、高温運転がケーブルおよび接続部に与える影響を特に熱機械特性に着目し、それぞれについて初期性能、もしくは、長期性能の検討を行った。

2. CVケーブルの高温熱機械特性

<2.1> CVケーブルの高温変形特性 高温領域におけるCVケーブルの加熱変形について検討する。

2.1.1 試験方法 供試試料として2種の66kV CVケーブルを用いた。ここで、ケーブル絶縁体は、低密度ポリエチレン(LDPE)(密度:約0.92g/cm³、MI:約1)を化学架橋させた(架橋度:約80%)のXLPEであり、ケーブルシースは、汎用の軟質ビニルシースである。

(i) 新品66kV CVケーブル(絶縁厚:9mm、導体サイズ:200mm²)(銅ワイヤー遮蔽、遮水層付きシース)

(ii) 経年15年撤去66kV CVケーブル(絶縁厚:11mm、導体サイズ:800mm²)(銅テープ遮蔽、遮水層なしシース)

これら試料を用いて、下記手法によりCVケーブルの加熱変形を調査した。

(1) CVケーブルの加熱変形率の温度依存性 試料(i)のシースを含む輪切りサンプル(長さ30mm)を恒温槽に入れ、30分予熱、30分荷重(9kg:ケーブル単位重量約4.5kgの倍)をかけ変形率を測定。加熱温度(7種):60、90、105、

120、140、160、180℃。荷重をかけるにあたっては、加熱変形器でケーブルの上下を平板ではさみ、所定の重量をかけた。

(2) 長期課通電試験後のCVケーブルの通常部、拘束部の変形状況調査 図1に示す試験回路を組み立て、表1のように課通電試験を実施した。No. 3、No. 4の雷Imp. 電圧は、3回目ヒートサイクル終了時(導体温度がそれぞれ120℃、140℃のとき)、印加している。試験終了後、ケーブル部、拘束部(クリート部、管路口防水装置部)を解体し、変形状況を調査した。なお、拘束の仕方はクリート部:最大面圧5 kg/cm²以下でスプリングをかけ締め付け、管路口防水装置部:ケーブルと管路口の隙間をゴムパッキンでふさぎ、防水処理とした。表中の温度は導体温度。

図1 課通電試験状況

Fig.1 Configuration of long term test set up of XLPE cable with cleats and a water-tight duct plug

表1 課通電試験手順

Table 1 Long term test procedure of XLPE cable with cleats and a water-tight duct plug

No.	課通電手順				
	AC 105kV/ 1h	AC 42kV /3000h	AC 42kV /6h	雷Imp ・350kV/ 3回	AC 42kV /168h
1	常温	105℃ 連続	－	105℃	90℃連続
2	常温	115℃ 連続	－	115℃	
3	常温	105℃ 連続	105～120℃ ヒートサイクル*		
4	常温	105℃ 連続	105～140℃ ヒートサイクル*		

*注)ヒートサイクル3回実施(5hで昇温・1h保持)

2.1.2 試験結果

(1) CVケーブルの加熱変形率の温度依存性 CVケーブルのシース込みでの加熱変形率((荷重前の厚さ-荷重後の厚さ)/荷重前の厚さ×100)を図2に示す。CVケーブルの加熱変形率は、105℃を越えると変形度合は大きくなってゆく。180℃においてもその絶対値は20%程度と小さいが、冷却後のケーブルの状況を見ると、140℃で銅ワイヤーの遊びが生じ、160℃、180℃では、シースの変形や溶解が激しい状況であった。

(2) 長期課通電試験後のCVケーブルの通常部、拘束部の変形状況 表1に示した課電履歴において、ケーブルに絶縁破壊が生ずることはなかった。しかし、通常部では、押さえテープが120℃で一部に損傷、140℃では至る所に破断が認められた。また拘束部では、シースに140℃で著しい変形が認められ、その変形はケーブルコアにまで達していた。図3にケーブル絶縁体の絶縁厚の変化(絶縁厚の最小値を測定:変化率=((試験後の絶縁厚さ-試験前の非拘束部の絶縁厚さ)/(試験前の非拘束部の絶縁厚さ)×100)を示す。また、クリート部のコアの変形状況を図4に示す。

図2 CVケーブル(シース込み)の加熱変形率温度依存性

Fig.2 Deformation of XLPE cables due to temperature rise

図3 CVケーブルの絶縁厚変化の温度依存性

Fig.3 Deformation of insulation thickness of XLPE cables due to temperature rise

(a) 140℃

(b) 120℃

図4 クリート拘束部のケーブルコア変形状況

Fig.4 Deformation of XLPE cable core created at high temperature.

2.1.3 考察 今回の試験結果から、CVケーブルが高温にさらされると大きな変形が生じることが明らかとなった。拘束部では、120℃を越えるとただちに絶縁破壊は起こさないものの、変形は著しいものとなる。とくに、140℃では、ケーブルコアにまでその変形は達し、ケーブルの最小絶縁厚を割り込むまでになっている。(図4、(a))このことから、CVケーブルの高温使用にあたっては、ケーブルの拘束部に対し、十分に対処する必要があることが分かる。

<2.2> 遮水層の熱機械劣化特性 CVケーブルの主要な劣化要因に外部からの水の浸入による水トリーの発生がある。これを抑制、防止するためにはケーブルに遮水層を施すことが有効である。特に66kVCVケーブルでは、鉛ラミネートテープをシース内面に接着させた簡易遮水層が適用されている。

しかし、ケーブルが高温使用された場合には、設計以上の機械的ひずみがかかり、その履歴による遮水層の劣化が懸念される。そこで、高温使用時の熱伸縮による遮水層の劣化特性を、大きなひずみの加わるオフセット部分に着目し検討した。

2.2.1 遮水性能評価法 遮水性能は以下の方法で評価した。なお、透水性能評価試料は、2.2.2で試験が終了したケーブルに対し、図5に示すA部、B～C部の中間、C～D部の中間を採取し、ケーブル内部のコア及び遮蔽層を除去したシースのみの状態にしたものを用いた。

(i) コアを取り除いた遮水層付きシース内に十分乾燥したシリカゲルを入れて、両端を融着密封する。

(ii) 上記を60℃の温水中に30日間浸漬する。

(iii) 封入したシリカゲルの重量増加を測定することで、透湿した水分量 $Q(g)$ がわかる。

(iv) 次式(1)により、

透湿度 $P(g \cdot (cm/cm^2)/(day \cdot mmHg))$ を計算する。

$$P = \frac{Q/L \times \ln(R_2/R_1)}{2\pi d} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 R_2 :シース外径(cm)、 R_1 :遮水層内径(cm)、

L :試料長(cm)、 t :試験時間(day)、 d :試験温度における飽和蒸気圧(mmHg)である。

2.2.2 試験方法 66kV CV1×800mm²を試料として用い、図5に示すような立体オフセットを構成し30年相当の熱伸縮履歴を与えた。供試ケーブルの仕様等を表2に示す。

オフセット線形は管路長500mにおける両側伸び出しを想定して、管路内導体温度90℃時の伸び出しでケーブルが許容曲げ半径である12Ds(ケーブル外径の12倍)となるような等連接2円弧オフセット線形とした。

伸縮は等価30年の履歴として以下を与えた。

日間相当分伸び出し量(1日の負荷変動を想定)

24mm(導体温度90℃時)×9150回

70mm(同105℃時)×1800回

年間相当分伸び出し量(1年間の温度変化を想定)

265mm(同105℃時)×30回

また、実運転中のケーブルを想定し、40～100℃のヒートサイクルを2回/日与えた。100℃は管路内に布設されたケーブルの導体温度が105℃となる時のマンホール部のケーブル導体温度にほぼ相当する。

表2 供試ケーブルの主な仕様等

Table 2. Specification of sample cable.

項目		仕様
ケーブル構造	公称断面積 (mm ²)	800(円形圧縮)
	外径	34.0
	絶縁体厚さ (mm)	10.0
	遮水層厚さ (mm)	0.3
	シース厚さ (mm)	4.0
	ケーブル外径	73.0
絶縁体物性	絶縁体 密度	約0.92
	絶縁体 架橋度	約83%
	絶縁体 MI	約1
遮水層	遮水金属層種類	鉛合金
	遮水金属層厚さ	50 μm

図5 オフセット線形
Fig.5 Layout of offset.

2.2.3 試験結果 30年相当のオフセット伸縮後に実施した透湿度測定結果を表3に示す。これに合わせて供試試料の初期透湿度測定結果を示した。このように、105℃相当の機械履歴を30年分与えることにより、オフセット部の透湿度は著しく低下することが明らかになった。現状東京電力の154kVCVケーブルの規格値は $1.0 \times 10^{-7} g \cdot (cm/cm^2)/(day \cdot mmHg)$ であり、これを割り込んでいる。また、各部の解体調査を行った結果を表4に示す。透湿度の低下度に応じた劣化状況にあることがわかる。特に劣化の著しい箇所は、設計上の変曲点(不動点)であるC部であった。

表3 透湿度測定結果
Table 3 Measured moisture permeability.

測定箇所	透湿度 $g \cdot (cm/cm^2)/(day \cdot mmHg)$
初期値	1.49×10^{-9}
A部	4.14×10^{-7}
B部～C部間	5.22×10^{-7}
C部～D部間	4.03×10^{-7}

表4 遮水層解体調査結果
Table 4 Observation results of water impervious layer.

箇所	鉛遮水層の劣化状況	劣化位置と程度
B	僅かなしわあり(曲げ内側) 僅かなへアクラックあり (曲げ外側)	
C	クラック(曲げ内側) 及びへアクラックあり (曲げの内外側)	
D	へアクラックあり (曲げの内外側)	

⌒ :へアクラックあり ⌒ :著しいへアクラックあり

2.2.4 考察 ケーブル導体温度105℃に相当する条件で試験されたオフセット部遮水層には、著しい透湿度の低下並びに遮水層の損傷が確認された。これは設計以上の厳しい機械履歴が繰り返し与えられたことによる鉛ラミネートテープの疲労劣化である。設計上C部は不動点のはずであるが、実際のケーブル挙動は理論通りにはならず、下に撓んだような変形を起こす⁽²⁾。このときC部付近には786mmと、許容曲げ半径877mm以下の厳しい変形が起きており、これが遮水層の劣化並びに透湿度の性能低下を引き起こしている。

このように、105℃以上の温度領域でのCVケーブルの運用は、温度が高いことにより、伸び出し量が増え、これによりオフセット部が大きく変形し、遮水層にクラックを生じさせ、遮水性能の低下をもたらす可能性がある。

<2.3> 金属遮蔽層の熱機械劣化特性 管路布設のマンホール部のオフセットを模擬した試料に、高温使用条件による熱伸縮およびヒートサイクルを与え、オフセット部のケーブル金属遮蔽層の疲労特性について検討を行った。

2.3.1 試験方法

(1) 供試ケーブル

(a) 66kV CV 1×800mm²(銅テープ遮蔽層(遮蔽層は0.2mm厚の軟銅テープを2枚を相互逆方向に重ね巻き)/経年19年撤去品)

(b) 66kV CV 1×800mm²(ワイヤー遮蔽層(遮蔽層は1.2mmφ軟銅線40本を層心径の8倍以下でピッチ巻き)/新品)

(2) 試験条件

オフセット形状、伸縮量及びヒートサイクルは表5に示す条件とした。伸縮量とヒートサイクルパターン例を図6に示す。伸縮は機械的に与え、ヒートサイクルは通電電流により与えた。

2.3.2 試験結果 銅テープ遮蔽層の試料(a)では、X線観察により初期には認められなかった銅テープしわが伸縮30年相当時(X線観察間隔15、30、45年相当)から認められ、45年相当時には破断に至った。

一方、ワイヤー遮蔽層試料(b)-①,②では、試験終了後の解体調査でもワイヤーに異常は発生しなかった。ヒートサイクル試験を課通電試験としたケースもあるが、残存性能試験でも

まったく異常は認められなかった。

なお、オフセット試験中にオフセット形状の測定を実施したところ、オフセット変形は2.2.4で述べたように理論通りにはなっていない。

表5 試験条件

Table 5 Test condition

試料	オフセット形状	伸縮量	伸縮回数	ヒートサイクル
(a)	水平 長さ2050mm 幅400mm 220mm伸び出し時に ケーブル曲げ半径R=10Ds	年間:220mm 日間: 30mm	60年 相当	常温 ~ 80℃ *1 /90サイクル
(b)	①水平 長さ2050mm 幅400mm 220mm伸び出し時に ケーブル曲げ半径R=10Ds ②立体 長さ2180mm 幅300mm 高さ545mm 230mm伸び出し時に高さ 545mmケーブル曲げ半径 R=12Ds	年間:220mm 日間: 30mm 年間:230mm 日間: 70mm (105℃時) 24mm (90℃時)	60年 相当 30年 相当	常温 ~ 105℃ /60サイクル 常温 ~ 95℃ *2 /30サイクル

*1 管路部のケーブル温度105℃時、オフセット部のケーブル温度を77℃と想定し、80℃とした。

*2 管路部のケーブル温度105℃時、MH内のケーブル温度が95℃となる解析結果による。

図6 熱伸縮パターン例(試料b-②)

Fig.6 Test pattern example of thermal expansion

2.3.3 考察 オフセット試験による金属遮蔽層の評価から、105℃での温度条件でもワイヤー遮蔽層はその機能を損なうような現象は認められなかったが、銅テープ遮蔽仕様では、経年19年撤去品試料を用いたオフセット試験結果では、30年相当以前から銅テープにシワが発生し、伸縮回数が増すとテープが破断に至ることが確認された。これらの結果から、銅テープ遮蔽使用ケーブルはオフセット部ケーブルの曲げ歪みが大きくなる導体温度105℃以上では使用困難と推察される。

<2.4> ケーブル拘束部の熱機械特性 一般に、ケーブルの拘束にはヒートサイクルにより荷重変動を生じる直線拘束部・スネーク布設部の拘束等布設形状を維持するための拘束と比較的荷重変動の小さい傾斜地や高低差がある箇所でのケーブル滑落防止のための拘束がある。

直線拘束部・スネーク部のクリート拘束部についてはオフセット試験と同時に実施し、試験中の変形調査や試験後のケーブル解体調査でまったく問題ないことを確認した。滑落防止用のクリート拘束部については、ヒートサイクルによる影響を調べるため拘束力試験を行った。

2.4.1 クリート拘束力試験

(1) 試験方法 クリート拘束力試験では、垂直布設したケーブルを1個のクリートで支持し、ケーブル自重と重りによりクリートの設計拘束力荷重(66kVケーブル、導体断面積80～400mm²:60kgf、600～800mm²:100kgf、1000～2000mm²:130kgf)を与え、常温～105℃ヒートサイクル時のケーブル滑落量を調べた。また、常温～120℃ヒートサイクルも実施した。供試ケーブルはトリプレックスおよび単芯ケーブルを用いた。試験方法を図7に示す。

図7 クリート拘束力試験

Fig.7 Configuration of restraint force of cleats

(2) 試験結果 クリート拘束力試験にてケーブルの滑落を測定した結果、個々の試験試料により滑落の状況が異なったものとなった。また滑落量についてもわずかな滑落量で飽和するケースや、滑落量が大きく拘束力を増した方がよいという評価が得られたケースもあった。そのため滑落量についての共通した傾向は見つけられなかった。

2.4.2 拘束力増加策 滑落の状況を調査した結果、ゴムスペーサの熱によるへたりによりケーブルが移動していた。このため、改良型スペーサとして耐熱型のゴムスペーサを試作しクリート拘束力試験によりその性能を確認した。従来タイプのスペーサを使用してもっとも大きな滑落を示したケーブルについての試験結果の比較を図8に示す。改良型スペーサでは十分滑落を防止する効果があることが確かめられた。

<2.5> 高温短地絡特性 CVケーブル高温運転時に短絡事故や地絡事故が発生した場合のケーブルおよび接続部の健全性を評価した。

図8 クリート拘束力試験比較結果

Fig.8 The comparison of test results

2.5.1 試験方法 実線路が105℃で運転されている状態で、短絡事故や地絡事故が発生した場合に線路が受ける影響を把握するため、試験線路での2線短絡事故、ならびに1線地絡事故を模擬した通電試験を行った。

(1) 2線短絡試験

- ・供試試料: 66kV 3×250mm² CVTケーブル
- ・試験温度: 105℃(ケーブル導体温度)
- ・短絡条件: 31.5kA×1sec (2相の導体に直列通電)
- ・検証対象: 管路口防水装置部、クリート部、直載受金物部
- ・調査項目: X線撮影(試験前後)、短絡試験後の耐電圧試験(AC・Imp. 初期要求性能レベル)、解体調査
- ・判定条件: (X線撮影)短地絡電流通電前後でケーブルワイヤー遮蔽層に構造的変化(大幅な片寄りや変形など)が発生していないこと
(解体調査)構造的異常がないことおよび絶縁体寸法(厚さ・外径)が試験前後とも規格値を満たすこと

(2) 1線地絡試験

- ・供試試料: 66kV 1×1200mm² CVケーブル+テープ巻絶縁形普通接続部(以下TJとする)
- ・試験温度: 105℃(接続部スリーブ温度)
- ・地絡条件: 3kA×2sec(導体から遮蔽層へ2相直列通電)
- ・検証対象: テープ巻き式接続部、管路口防水装置部、クリート部、直載受金物部
- ・調査項目: X線撮影(試験前後)、地絡試験後の耐電圧試験(初期要求性能レベル)、解体調査
- ・判定条件: (X線撮影)短地絡電流通電前後でケーブルワイヤー遮へい層や接続部鉛テープ遮へい層に構造的変化(変形やシワ、切れなど)が

発生していないこと
(解体調査) 構造的異常がないことおよび絶縁体寸法(厚さ・外径)が試験前後とも規格値を満たすこと

2.5.2 試験結果

(1) 2線短絡試験 短絡電流を試料に通電した瞬間、電磁力によって撚り合わせた各相の間隔が大きく広がり、試験終了後も完全には元に戻らなかった。

クリート部、管路口防水装置部、直載受金物部を対象にX線撮影を実施した。試験前後でワイヤーシールド形状等内部構造に変化は認められなかった。

試料を工場に持ち帰り、1mp. : $\pm 485\text{kV} \cdot 3\text{回} \rightarrow \text{AC} : 130\text{kV} \cdot 1\text{h}$ (常温)の耐電圧試験を実施した結果は良好であり、ケーブルの初期要求性能レベル⁽¹⁾に耐えることを確認した。

耐電圧試験終了後、X線撮影を行ったクリート部、管路口防水装置部、直載受金物部を対象に解体調査を行った。ケーブル内部構造に異常はなく、表6に示すように絶縁体の厚さと外径については短絡試験履歴の無いサンプルとの有意差も認められなかった。

表6 2線短絡試験後のケーブル絶縁体寸法データ

Table6 Dimension of insulation after testing

	絶縁体外径(mm)		絶縁体厚さ(mm)	
	平均値	最小値	平均値	最小値
供試試料(n=6)	39.30～ 39.50	39.2～ 39.4	9.28～ 9.42	9.1～ 9.3
オリジナル(n=2)	39.36～ 39.42	39.2	9.32～ 9.34	9.1～ 9.2
規格値	38.0～ 41.0		8.1 以上	7.65 以上

(2) 1線地絡試験 地絡電流を通電した結果、通電時における試料の挙動は認められなかった。クリート部、管路口防水装置部、直載受金物部および中間接続部を対象にX線写真撮影を実施した結果、試験前後での変化は認められなかった。

地絡試験終了後、試料を工場に持ち帰り、1mp: $\pm 485\text{kV} \cdot 3\text{回}$ (常温) $\rightarrow \text{AC} : 155\text{kV} \cdot 1\text{h}$ のTJ初期要求レベル⁽¹⁾耐電圧試験を実施し、結果は良好であった。

耐電圧試験終了後、X線撮影を行ったクリート部、管路口防水装置部、直載受金物部およびTJを対象に解体調査を行った。その結果、ケーブル、接続部とも内部構造に異常はなく、絶縁体の厚さと外径についても表7に示すように地絡試験履歴の無いサンプルとの有意差は認められなかった。

2.5.3 まとめ 実線路で105℃の高温運転状態にある線路に短絡事故や地絡事故が発生した場合を模擬した通電試験を行った。試験後の試料に対して耐電圧試験および解体調査を実施した結果、特に異常が認められないことを確認した。

表7 1線地絡試験後のケーブル絶縁体寸法データ

Table7 Dimension of insulation after testing

	絶縁体外径(mm)		絶縁体厚さ(mm)	
	平均値	最小値	平均値	最小値
供試試料(n=4)	64.86～ 65.02	64.3～ 64.6	9.96～ 10.02	9.6～ 9.7
オリジナル(n=2)	64.84～ 64.88	64.4～ 64.6	10.02～ 10.10	9.6～ 9.7
規格値	64.2～ 67.7		9.0 以上	8.5 以上

3. 接続部金属遮蔽層の熱機械特性

TJ構成材料の1つとして金属遮蔽層がある。ケーブルの高温使用により図9に示すようにコアの膨張量が増すことか

図9 ケーブルコアの膨張率試算例

Fig.9 Rate of expansion for cable core

ら、この金属遮蔽層に用いている鉛テープの寿命(疲労)特性をテープ単体試験および実機試験により評価した。

3.1.1 テープ単体試験

3.1.1 試験方法 通常用いられている鉛遮蔽テープ(純鉛、幅25mm、厚さ0.1mm)の片端を固定し、試料が破断するまで他の片端に周期的な変位を連続して与えた。変位は、ケーブル導体温度高温時のコア膨張量を考慮し、伸張率として1, 2, 3%(導体温度55～110℃相当)の範囲とし、試験は常温で行った。試験方法を図10に示す。

図10 試験方法

Fig.10 Method of Testing

3.1.2 試験結果及び考察 破断までの回数を図11に示す。一般に金属の疲労特性として振動の周波数が高くなると破壊までの回数が増大し、周波数と破断回数を両対数で整理すると直線になることが知られている。

図11 鉛テープの破断特性
Fig.11 Characteristics of Pb tape break

図11中の直線は後述する実機TJの試験結果をもとに引いたものである。また、鉛の疲労には温度特性があり、温度が30℃上昇すると寿命が半減するとの報告もある⁽¹⁾。これらをあわせて考え、伸張率1%から伸張率3%は同じ傾きを持つと考え、設計(鉛テープが破断しないこと)寿命30年を想定した場合、現在の使用温度である90℃(図9よりケーブル導体90℃のとき伸張率は2.2%になる)が妥当であり、さらに温度を上げると鉛テープが破断する危険性があると判断できる。

3.2.2 TJ実機試験

3.2.1 試験方法 図12に示すTJで図13に示す線路を構築し、TJのスリーブ部の温度が常温～105℃のヒートサイクル(8時間ON、16時間OFF)となるよう通電した。ヒートサイクルの影響を確認するためヒートサイクル30回終了毎にX線撮影を行い、最終的にヒートサイクル224回終了後、解体調査を行った。

図12 TJ構造図
Fig.12 Structure of TJ

図13 試験線路
Fig.13 Test Layout

3.2.2 試験結果及び考察

60サイクル経過時点で、鉛遮蔽テープのクラックが確認できた。また、224サイクル経過後の解体調査により、鉛テープにクラックが入り電氣的に浮遊している部分があることが確認できた。その他の部位、たとえば、補強絶縁テープやコンパウンドに異常な点は見られなかった。

鉛遮蔽テープに電氣的に浮遊している部分が存在すると高周波のサージが侵入した場合、浮遊している鉛遮蔽テープ間で放電が発生し、主絶縁部分に影響をおよぼすおそれがある。従って、TJの高温使用に関しては金属遮蔽層に留意する必要がある。実機試験、テープ単体試験の結果から金属遮蔽層を鉛テープのみで行う構造のTJにおいて、105℃での使用は今回の結果からは困難であると判断できる。

4. まとめ

66kV級CVケーブル及びテープ巻き絶縁形接続部に対して、導体温度105℃相当以上の条件における熱機械特性を総合的に検証した。結果を以下に要約する。

- ・140℃以上の使用ではクリート把持部などでケーブルの変形が極端に大きくなる。
 - ・常温～105℃のオフセットを模擬した繰り返し伸縮により、ケーブル遮水層の遮水性能が大きく低下し、銅テープ遮蔽層が破断した。銅ワイヤー遮蔽層は問題が生じなかった。
 - ・常温～105℃、常温～120℃のヒートサイクルによりクリート拘束力が低下し、ケーブルのずり落ちが観測されることがあった。
 - ・105℃での短地絡によりケーブル、接続部に損傷を生じることはなかった。
 - ・常温～105℃のヒートサイクルにより接続部鉛遮蔽層が破断する場合があることが分かった。
- 以上より、熱機械特性の観点から導体温度105℃での常時運転は困難と考えられる。

(平成12年3月24日受付, 平成12年8月23日再受付)

参考文献

- (1)電気協同研究第40巻第1号「特高ケーブルの導体許容温度」
- (2)中出他:平成11年電気学会B部門大会No. 367

中出 雅彦

(正員)1961年4月24日生。1987年東京工業大学エネルギー科学専攻修士課程修了。同年東京電力(株)入社。現在電力技術研究所所属。主として地中電力ケーブルの研究開発に従事。低温工学協会会員。

森 浩一

(正員)1967年1月27日生。1992年京都大学工学部電気系学科卒。同年三菱電線工業(株)入社。現在同電力システム課所属。主として地中電力ケーブルシステムの設計業務に従事。

松井 俊哉

(正員)1966年9月2日生。1990年京都立科学技術大学工学部電子システム工学科卒業。同年東京電力(株)入社。現在銀座支店流通設備部所属。主として地中電力ケーブルの研究開発に従事。

田中 秀郎

(正員)1963年10月21日生。1988年東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻修士課程修了。同年4月古河電気工業(株)入社。環境・エネルギー研究所勤務。電力ケーブル関連技術及び劣化診断技術の研究開発に従事。

西川 哲

(正員)1966年12月23日生。1990年京都大学工学部電気工学科卒業。同年住友電気工業(株)入社。現在同電力・産業電線事業部技術部所属。主として地中電力ケーブルの設計、開発に従事。

片貝 昭史

(正員)1957年11月4日生。1983年早稲田大学大学院理工学研究科電気工学専攻博士前期課程修了。同年日立電線(株)入社。現在同総合技術研究所第1部所属。主として架橋ポリエチレン電力ケーブルならびに絶縁材料の研究開発に従事。

三宅 清市

(正員)1955年8月25日生。1981年宮崎大学大学院工学研究科応用物理学専攻修了。同年昭和電線電纜(株)入社。現在同技術開発センター・電力システム開発室所属。主として電力ケーブルの技術開発に従事。