

小勢力回路用耐熱電線押え巻の検討

Consideration of Binding Tape for Heat Proof Instrumentation, Control and Communication Wires and Cables

小路はるか
Haruka SHOJI

茂木淑豪
Yoshitake MOTEGI

浦 卓也
Takuya URA

小勢力回路用耐熱電線の耐熱性能は、押え巻テープの素材により大きく左右される。近年、遮熱性を考慮し、金属化成紙を用いるのが一般的であるが、本報告は、様々なテープを用いて、耐熱性能、ケーブルへの馴染み及び可とう性への影響、さらには、製造経済性を考慮した検討を行った。

The heat resistance performance of a heat proof cable depends on the material of the binding tape.

In recent years, metallized paper has been commonly used for the binding tape in consideration of heat insulation properties.

In this report, various tapes were examined with special attention to the heat resistance performance, the adaptability to cables, the effects on flexibility, the ease of manufacture.

1. 小勢力回路用耐熱電線とは

消防用ケーブルは、人の密集するビル火災で大勢の人命が奪われる事故が相次いで発生したことから、火災時の非常電源の確保が重要視され、昭和45年に弱電回路用の「耐熱電線の基準」、昭和46年に強電回路用の「耐火電線の基準」として消防庁により定められた。法令により定められた非常電源設備における非常電源、操作回路に使用され、現在では、耐火ケーブル（記号：FP-C）、小勢力回路用耐熱電線（記号：HP）、警報用ケーブル（記号：AEV）を主として、全5種類が存在する。

このうち、小勢力回路用耐熱電線（以下、耐熱電線）は、被災時に感知器や自動火災報知設備、非常放送配線等に使用され、被災時でも一定時間の通電ができる耐熱性能を有する60V以下の弱電回路用の電線である。

2. 耐熱電線の要求特性と耐熱試験

2.1 要求特性

耐熱電線の要求特性は、消防庁告示第11号（平成9年12月18日「耐熱電線の基準」）に定められ、15分/380℃の加熱条件下で性能を維持する事が求められている（表1）。

表1 耐熱電線における要求特性

		耐熱性能	
加熱温度・時間		JIS A1304の標準加熱曲線Bの1/2に従い15分で380℃まで加熱	
試験体	試験体長	1.3 m	
	取付	S字状	外径が15 mm未満
		U字状	外径が15 mm以上30 mm未満
		直線状	外径が30 mm以上
荷重	試験体重量（1.3 m自重）の2倍		
絶縁抵抗	加熱前	50 MΩ以上	
	加熱5分	0.1 MΩ以上	
	加熱10分		
	加熱15分		
絶縁耐力	加熱中	250 Vに耐えなければならない	
燃焼性	加熱後	炉壁内から150 mm以上燃焼してはならない	

2.2 耐熱試験

耐熱試験は、表1に示す通りJIS A 1304に定める標準加熱曲線Bの1/2に準じて15分間で380℃に達する加熱を行い、この間に異常なく通電できる性能を有するかの判定を行う試験である（図1）。

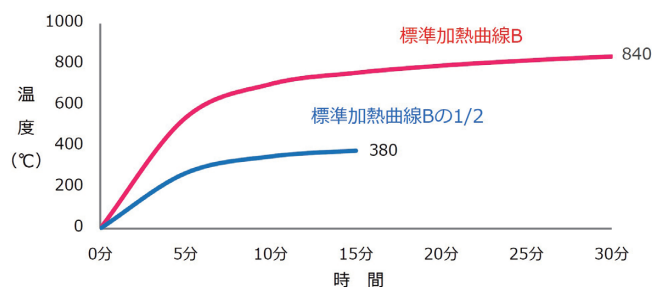


図1 標準加熱曲線B及び標準曲線Bの1/2

試験方法は、「JCS 3501：2017 小勢力回路用耐熱電線」「JCS 7504：2020 電線・ケーブル耐熱試験方法」に則り1.3 mの試験体をけい酸カルシウム板に取り付け、その中央部に自重の2倍の荷重をかけて15分間の加熱を行う。

絶縁抵抗の測定は、加熱前と加熱5分後から加熱15分後に至るまでの5分毎に測定を行い、それぞれの測定値に非接地側の線心数及び対数を乗じた値を絶縁抵抗値とする。

試験炉への試験体の設置は、けい酸カルシウム板に取り付け行われ、その取り付け方法は、屈曲によるケーブルへの負荷を考慮し、試験体外径の大きさより、その設置形状がS字状又はU字状、直線状と異なってくる。そのため、試験体に生じる屈曲部の数や曲げ直径が異なり、S字状では、曲げ直径が40 mmの屈曲部が2つ、U字状では、曲げ直径100 mmの屈曲部が、1つ生じる（図2）。

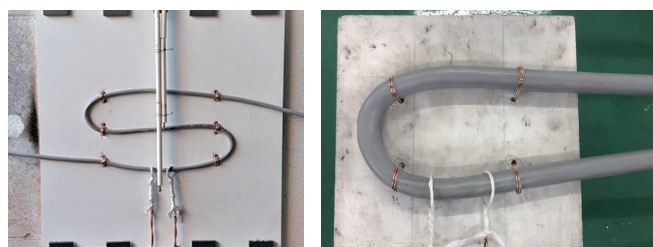


図2 試験体の設置

3. 耐熱電線の構造と押え巻

耐熱電線の基本構造は、導体、絶縁体、押え巻、シースにより構成され、CEPV等の一般的な通信ケーブルと類似しているが、耐熱層を絶縁体と兼ねるものとして、架橋ポリエチレンを採用している。また、線心数又は、対数の多いケーブルについては、押え巻にアルミニウム箔、クラフト紙、ポリエステルテープ（以下、PET）をラミネートした金属化成紙を採用し、アルミにより熱線を反射させ、紙による断熱を行い、耐熱性能を向上させている（図3）。

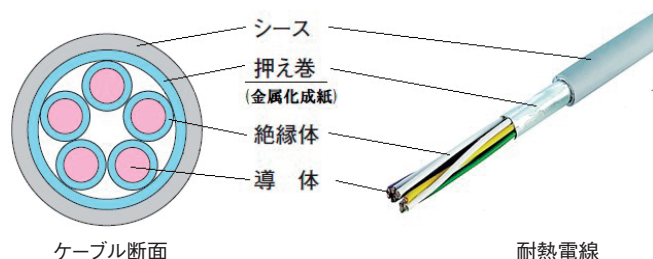


図3 耐熱電線の構造

4. 金属化成紙使用の意味と問題点

通常、銅テープやアルミ箔付ポリエステルテープ（以下、AL/PET）を始めとする金属テープは、電力回路等の影響による誘導電圧の発生防止のために静電遮蔽として施され、これを接地する事で、静電誘導を遮蔽する事が出来る。故に、金属面が露出したテープ構造となっている。

押え巻に使用される金属化成紙（以下、AZP）の全体構成を図4に示す。本テープは、あくまで、熱遮へいを意図したテープであり、本構造に於いて、アルミ層は、ポリエステルテープ及びクラフト紙により挟まれ、金属層は露出していないため、静電遮へい効果を期待するものではない。故に敷設に於いて接地の必要がないテープである。このテープをラップ巻きに施す事で、テープ同士が重なり合う隙間のない構造となり、耐熱性能の維持に寄与している（図4）。

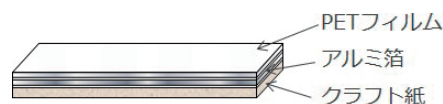


図4 金属化成紙のテープ構造

しかし、AZPは、テープ構造にクラフト紙を含むため、殆ど伸びないテープであり、これを押え巻に使用した本製品は、AZPを使用していないCEPV等の一般的な通信ケーブルに比べ、可とう性に劣る。又、ケーブル製造時の張力や側圧に耐え切れず、ズレや破れを生じる可能性がある。従って、製造工程では、クラフト紙を湿らせ、馴染み性を持たせた状態で使用するなど工夫を要している。

よって、本開発では、現行品と同等の耐熱性能を持ちながら、上記課題を解決しうるケーブル構造または、押え巻の適用検討を目的とした。

5. ケーブル構造・押え巻の検討

検討に当たり、押え巻不使用構造にて、絶縁またはシース厚を増加させ、耐熱性能向上を目的としたもの、また、クラフト紙を含まないテープとして一般的に使用されているポリエステル不織布、アルミ箔付ポリエステルテープ（以下、AL/PET）を押え巻として使用したものを試作品として作成し、耐熱性能評価を実施した。

その結果、押え巻不使用の試作品については、何れの構造においても耐熱性能を満足することは出来ず、押え巻にAL/PETを使用した試作品のみが、現行AZPと同等の耐熱性能を維持することが確認できた（表2）。

表2 押え巻の有効性検討

試験サイズ		1.2 mm × 5P					
構造	項目	現行品	検討①	検討②	検討③	検討④	
	押え巻	AZP	無し	無し	不織布	AL/PET	
	絶縁厚 (mm)	0.25	0.3	0.25	0.25	0.25	
シース厚 (mm)	0.95	0.95	2.0	0.95	0.95		
耐熱試験結果	項目	規格値					
	絶縁抵抗	加熱前	50 MΩ ≤	>100 × 5	>100 × 5	>100 × 5	>100 × 5
		5分	0.1 MΩ ≤	>100 × 5	>100 × 5	>100 × 5	>100 × 5
		10分		>100 × 5	0.0 × 5	0.0 × 5	10 × 5
	15分	20 × 5	0.0 × 5	0.0 × 5	0.0 × 5	35 × 5	
	絶縁耐力	250 V/15分	良	否	否	否	良
燃焼性	150 mm 未満	良	良	良	良	良	
合否		合格	不合格	不合格	不合格	合格	

しかし、AL/PETは、AZPからクラフト紙を除いた構造をしており、アルミ面が露出するため、静電遮へい構造となり、外来ノイズを拾う可能性があることから、敷設において接地が必要となってしまう(図5)。

よって本件では、このAL/PETのアルミ面にクラフト紙に代わりPETを張り合わせ3層構造にする事により、非静電遮へい構造としながら、柔軟性があり遮熱効果を持つPET/AL/PETの適用を検討する事とした(図6)。



図5 AL/PET テープの構造

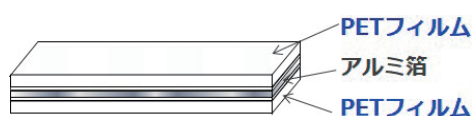


図6 PET/AL/PET テープの構造

6. 試作検討と有用性評価

評価するに当たり、PET/AL/PETテープは材料メーカーにて製造頂き、その物理特性を以下に示す(図7)。

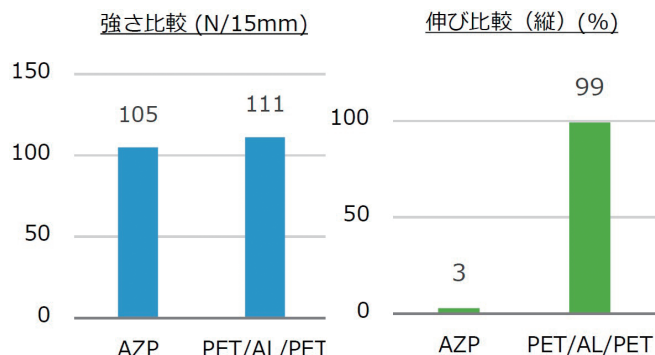


図7 各テープの引張試験結果

テープ強度では、AZPよりも6%向上しており、伸びにおいては、99%向上する値が得られている。クラフト紙を使用しない事により、AZPに対し、特に伸びの値が大きく向上しており、切れづらく、馴染性の高い特性を持ったテープである事が窺える。

続いて本テープを用い、ケーブルの試作製造を行った。製造にあたっては、その馴染性の高さから、テープの破断やコブも見られず、作業性の観点からは大きな向上が見られている。そこで得られた完成品において、耐熱性能以外の特性評価として、可とう性評価及び屈曲時のテープへの影響評価を行った。

可とう性評価では、完成品1mをサンプルとし、サンプル重量と同じ重さの荷重を端末部につけ、60秒後の変位量を、また、荷重を外した後の跳ね返り量(戻り量)を円周上に4方向(0,90,180,270度)測定の上、その平均値より柔

らかさの評価を行った。

結果は、AZPを用いた完成品よりも跳ね返り量が小さくなり、柔らかさが9%向上した(図8、図9)。

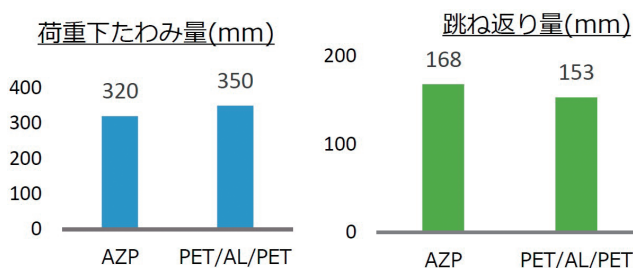


図8 可とう性評価におけるたわみ量と跳ね上がり量

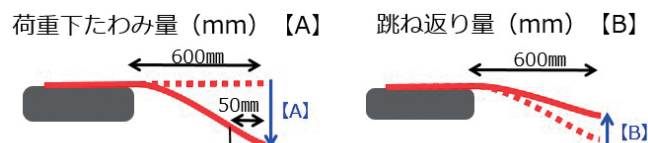


図9 可とう性の評価方法

屈曲における影響評価として、耐熱電線の燃焼試験に準じS字状の設置で生じる曲げ直径40mmの屈曲負荷を与え、テープの重なりでズレが生じるかの評価を行った。AZPのズレ幅が4mmであったのに対し、PET/AL/PETでは約1/3の1.5mmに抑えられた(図10)。又、この屈曲部におけるテープの立ち上がり(隙間の発生)もPET/AL/PETでは生じず、高い馴染性が確認された。さらに、規定曲げ半径6D(D:ケーブル外径)よりも小さい5D, 4D, 3D, 2Dと曲げ半径を小さくし、テープへの影響を比較したが、AZPが曲げ半径3Dで破れが生じたのに対し、PET/AL/PETでは、2Dまで破れは生じなかった(図11)。

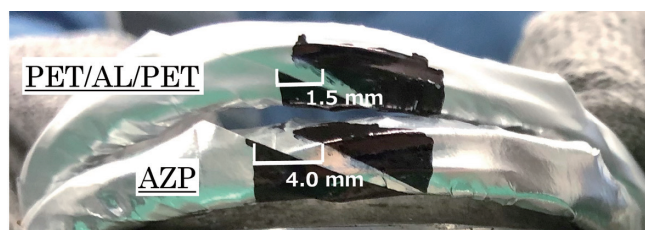


図10 屈曲部におけるズレの差異

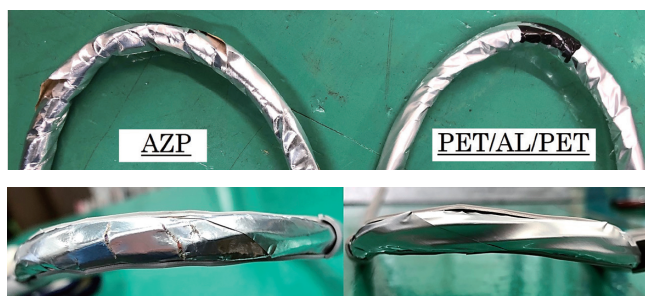


図11 テープの立ち上がりと破れ

7. 耐熱試験の結果

当該試作品の耐熱試験結果を以下に示す（表5）。

結果、加熱15分時の絶縁抵抗値において、現行品20 MΩに対し、PET/AL/PETは50 MΩとなり、約2.5倍の抵抗値を維持しており良好な結果が得られた。

表5 耐熱試験結果

試験サイズ			1.2 mm × 5P	
耐熱試験結果	項目	規格値	現行品	PET/AL/PET
	絶縁抵抗	加熱前	50 MΩ ≤	>100 × 5
5分		0.1 MΩ ≤	>100 × 5	>100 × 5
10分			>100 × 5	>100 × 5
15分			20 × 5	50 × 5
絶縁耐力	250 V/15分	良	良	
燃焼性	150 mm 未満	良	良	
合否			合格	合格

この結果は、PET/AL/PETがAZPに比べ、押え巻の重なり部のズレが少なく、テープの立ち上がり（隙間）の発生も少ないため、熱の入力が抑えられ、遮熱効果が向上したことに起因するものと推測している。

尚、本検討結果で得られたノウハウは、特許を出願し、その権利化を進めている。

8. まとめ

耐熱電線の押え巻として、PET/AL/PETを用いる事で、
 ①耐熱性能 ②テープ強度 ③テープ伸び（馴染み性）
 ④可とう性の4点においての性能が向上する事が確認できた。また、本テープは、AZPで発生したテープのズレや破れも改善されるため、製造時の作業性向上や、敷設時の取扱性向上も期待できる。

参考文献

- 1) JCS 3501 (2017) 小勢力回路用耐熱電線
- 2) JCS 7504 (2020) 電線・ケーブル耐熱試験方法
- 3) 平方和良, 他: 消防用電線の現状と今後の展望
 昭和電線レビュー, Vol.57, No.1, p.5 (2007)

富士電線(株)
 小路はるか (しょうじ はるか)
 生産本部 伊勢原工場 電力技術課
 消防用ケーブルの設計・開発に従事

富士電線(株)
 茂木 淑豪 (もてぎ よしたけ)
 生産本部 伊勢原工場 電力技術課長
 消防用ケーブルの設計・開発に従事

富士電線(株)
 浦 卓也 (うら たくや)
 取締役 生産本部長
 通信・消防用ケーブルの設計・開発に従事