

鉄道車両用高機能二重被覆電線の開発

Development of a Sophisticated Double Layer Insulated Wire for Railway Rolling Stocks

平野 潤也^{*1}
Junya Hirano澤田 由香^{*1}
Yuka Sawada橋本 大^{*1}
Dai Hashimoto大藤 咲希^{*2}
Saki Oto山下 和生^{*2}
Kazuo Yamashita

〈概要〉

被覆が薄くかつ高強度な高機能二重被覆電線を開発した。鉄道車両に使用する車両用電線では、電線の細径化のため被覆厚の薄肉化が求められている。国内の鉄道車両用に使われている汎用電線の被覆材料には多くの場合ポリオレフィンが使用されているが、単純に被覆を薄くした場合、耐摩耗性やカットスルー性など強度が低下してしまうため材料面で様々な工夫が施されている。筆者らは、材料面とともに構造面でも信頼性を確保すべく検討を行い、外層に高強度なポリアミドを使用した高機能二重被覆電線を開発した。この電線は、汎用電線に比べ被覆厚を半分にしながら、同等以上の強度をもち、かつ安全性を高めることに成功している。この電線の特性について報告する。

1. はじめに

近年、鉄道車両は、空調、シートヒータ、車内モニタなど多くの電子機器が使用されてきており、これらに接続する配線も増加している。しかし車両内の配線スペースは限られており、増加した配線を通すため、電線の細径化が要求され、細径化した電線として被覆を薄くした軽量電線がある。軽量電線は汎用電線より被覆を半分に薄肉化しながら、耐摩耗性を向上させた優れた電線であるが、更なる信頼性の向上が望まれている。

今回、現在国内で使用されている軽量電線と同等の被覆厚で、かつ従来の汎用電線と同等以上の強度をもつ高機能二重被覆電線（以降 二重被覆電線）を開発した。この高強度かつ安全性を高めた二重被覆電線の特性を紹介する。

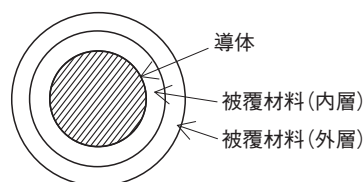


図1 二重被覆電線断面
Cross section of the sophisticated double layer insulated wire for railway rolling stocks.

また、ハロゲン含有した材料は、火災時に毒性の燃焼ガスが発生し、鉄道車両からの乗客の脱出を妨げる可能性があるため、本開発品は外層、内層ともにノンハロゲンの材料を使用している。

2. 開発コンセプト

薄肉で高信頼性の新型軽量電線として、二重被覆構造を採用した。

汎用電線及び軽量電線の被覆はポリオレフィンのみで構成されているが、二重被覆電線は、図1に示すように外層をポリアミド、内層をポリオレフィンとした構成としている。外層に高強度のポリアミドを使用することにより飛躍的に強度を高めている。内層には、電気特性に優れたポリオレフィンを使用し、万が一 外層に傷が生じて傷を進展させず電気的機能を維持でき、かつ信頼性が高い構造としている。

3. 二重被覆電線の構造

二重被覆電線の被覆材料と被覆厚さを、表1に示す。汎用電線、軽量電線についても、比較対象として表1に示す。

表1 各種車両用電線の被覆材料と被覆厚み
Materials and thickness of rolling stock cables.

種類	呼称	被覆材料	被覆厚さ
二重被覆電線	WJF1	内層：ノンハロゲン 難燃性ポリオレフィン 外層：ポリアミド	0.4 mm
汎用電線 （比較用）	L-WL1	難燃性架橋ポリオレフィン （ハロゲン系）	0.8 mm
軽量電線 （比較用）	WXPL1	難燃性架橋ポリオレフィン （ハロゲン系）	0.4 mm

^{*1} 研究開発本部高分子技術研究所 ポリマープロダクツ開発部

^{*2} 古河電工産業電線（株） 技術開発本部技術部

また、二重被覆電線の導体サイズは1.25 ～ 3.5 mm²があり、表2に構造を示す。

表2 二重被覆電線の構造 (標準仕様)
Construction of the double layer insulated wire (standard specification).

公称 断面積 mm ²	導体		被覆厚さ (絶縁体厚さ) mm	仕上外径 mm
	構成 素線数/素線径 本/mm	外径 (参考) mm		
1.25	50/0.18	1.4	0.4	2.2
2	37/0.26	1.7	0.4	2.5
3.5	45/0.32	2.3	0.4	3.1

4. 二重被覆電線の特性

二重被覆電線の特性として、機械的強度特性、熱的特性、電気特性、及び燃焼特性を示す。

なお、電線状での評価試験は、全て導体サイズが1.25 mm²の試料について実施した。

4.1 機械的強度特性

4.1.1 摩耗試験

【試験方法】

電線布設時や、車両走行時の振動などにより受ける擦れに対する強度を評価するため、摩耗試験を実施した。

準拠規格：JASO D 611-94 12. 耐摩耗試験 (2) ブレード往復法

実験条件：ブレード形状 直径0.25 mmピアノ線、

ブレード往復速度 毎分60回

ブレード荷重 1500 g

終了判定 ブレードと導体が接触した時の

往復回数を測定

【試験結果】

試験結果を、図2に示す。

二重被覆電線は、汎用電線及び軽量電線と比較し1桁以上高い値となり、摩耗に対する耐久性が大幅に向上していることが確認できた。

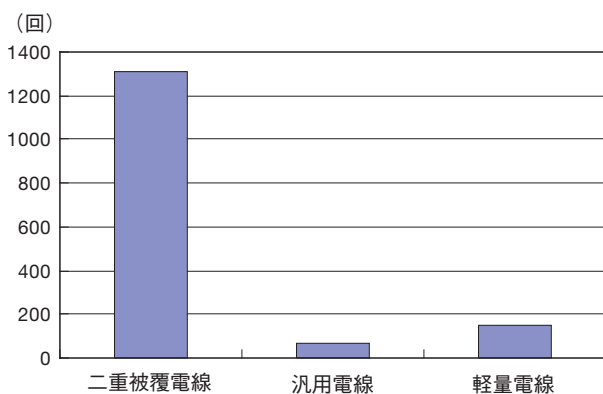


図2 各種電線の耐摩耗回数
Results of the abrasion resistance test of rolling stock cables.

4.1.2 カットスルー試験

【試験方法】

電線布設時に、構造物のエッジ部分に押し付けられることなど局所的に大きな荷重がかかることを想定し、これに対する評価方法として、カットスルー試験を実施した。

準拠規格：CSA22.2 No.0.3 4.14 Cutting 準拠

実験条件：ブレード

金属製90°シャープエッジ

ブレード降下速度 1 mm/minで降下

終了判定 ブレードと導体の接触した時の

力 (kgf) を測定

【試験結果】

試験結果を、図3に示す。

二重被覆電線は、汎用電線及び軽量電線と比較し高い値となり、局所的な負荷に対し十分な耐久性があることが確認できた。

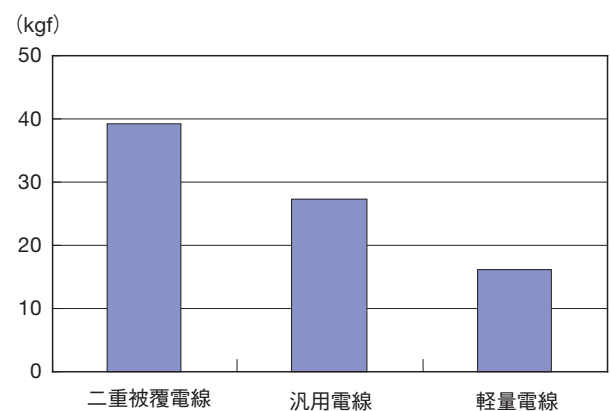


図3 各種電線のカットスルー特性
Results of the cutting through test of rolling stock cables.

4.1.3 衝撃試験

【試験方法】

思わぬ落下物や飛来物などにより、電線が衝撃を受けた時を想定し、衝撃試験を実施した。またこの試験では、使用時の温度を想定し、-15℃、常温(25℃)、80℃の3条件で実施した。

図4に、試験の概念図を示す。

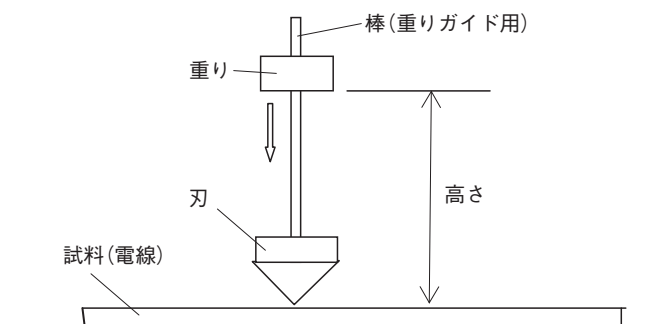


図4 衝撃試験の概念図
Schematic of the impact test.

試験手順：90°シャープエッジをもった金属製の刃を試料の上に置き、重りを規定の高さから落下させた後、外傷部を水に浸漬させて耐電圧試験（2200 V × 1 min）を行う。

なお、試料はあらかじめ規定の温度に1 h以上放置し、取り出して直ちに衝撃試験を実施する。

試験条件：温度条件 3条件 -15℃、常温（25℃）、80℃

刃の質量 85 g

棒（重りガイド用）の質量 150 g（計235 g）

重りの質量（100～400 g）

重り落下高さ 30 cm

判定 試験終了後の試料を水に浸漬させ

2200 V × 1 minの耐圧試験で合格すること。

試験回数：各2回

【試験結果】

試験結果を、表3に示す。

二重被覆電線は、軽量電線より高い耐久性があり、汎用電線と同等レベルであることが確認できた。

表3 衝撃試験結果
Results of the impact test.

温度	重り W (g)	重り落下後の耐電圧試験結果（2200 V × 1 min）		
		二重被覆電線	汎用電線	軽量電線
-15℃	100	○	○	○
	200	○	○	×
	400	×	×	×
常温（25℃）	100	○	○	○
	200	○	○	×
	400	×	×	×
80℃	100	○	○	○
	200	△	×	×

○：2/2合格 △：1/2合格 ×：0/2合格

4.2 熱的特性

4.2.1 加熱変形試験

【試験方法】

高温時に電線に荷重が加わり被覆が大きく変形すると、電氣的に問題が生じる可能性があるため、加熱変形試験を実施した。

準拠規格：JIS C 3005 4.23 加熱変形

試験条件：電線を規定の温度で30 min間加熱した後、規定の荷重をかけて更に30 min間加熱し、絶縁体の変形率を測定する。

加熱温度 120℃

荷重 10 N

【試験結果】

試験結果を、表4に示す。

120℃での加熱変形率は、二重被覆電線が最も小さい結果が得られ、高温でも十分な耐久性があることが確認できた。

表4 各種電線の加熱変形率
Rate of the heating deformation.

試料	加熱変形率（%）
二重被覆電線	1.5
汎用電線	9.0
軽量電線	9.7

4.2.2 傷進展試験

【試験方法】

電線表面に傷がついた場合、熱や薬品により傷が進展する可能性がある。電線に傷をつけた後、加熱や薬品への接触を行い、傷の進展の有無を調査した。

試験手順：既定径の棒に巻き付けた電線の表面に傷をつけた後、①加熱や②薬品に接触させ、傷が進展するか確認を行う。

試験条件：①加熱試験

巻き付け径 電線外径相当、

初期傷の深さ 0.2 mm

加熱温度 120℃、

加熱時間 1日、3日、7日

傷の進展確認 目視

②薬品接触試験

巻き付け径 電線外径2倍相当、

初期傷の深さ 0.2 mm

薬品の種類 通線剤（液体）、

接触方法 浸漬

接触温度 50℃、

接触時間 1日、3日、7日

傷の進展確認 目視

【試験結果】

試験結果を、表5に示す。

どの条件でも傷の進展はみられず、傷の進展に対し、高い耐久性を持つことが確認できた。

表5 傷進展試験結果
Results of the notch propagation test.

	1日後	3日後	7日後
①加熱試験	傷の進展なし	傷の進展なし	傷の進展なし
②薬品接触試験	傷の進展なし	傷の進展なし	傷の進展なし

4.3 電気特性（絶縁抵抗）

【試験方法】

被覆の絶縁性を確認するため、電線状態での絶縁抵抗を測定した。

準拠規格：JIS C3005 4.7絶縁抵抗 4.7.1常温絶縁抵抗

実験条件：前処理 清水中に1 h浸漬、温度 20℃

測定電圧 100 V以上、測定装置 高絶縁抵抗計

【試験結果】

測定結果：2000 MΩ・km 以上

水中での絶縁抵抗測定で十分な抵抗値があり、電線としての使用に問題ないことが確認できた。

4.4 燃焼特性

【試験方法】

鉄道車両に使用する材料を評価する方法として、鉄道車両用材料燃焼試験がある。

この鉄道車両用材料燃焼試験にて、試験を実施した。

【試験結果】

燃焼試験結果を、表6に示す。

残炎や残塵がなく、また煙も少なく判定は「極難燃性」となり、安全性の高い材料であることが確認できた。

表6 燃焼試験結果
Results of the combustion test.

構成	アルコール燃焼中				アルコール燃焼後			
	着火	着炎	煙	火勢	残炎	残塵	炭化	変形
二重被覆電線	有	有	少	弱	無	無	上端に達せず	表面変形有
判定	極難燃性							

5. おわりに

今回開発した二重被覆電線は、薄肉化しても機械的強度を保ち、熱的特性及び電気特性においても高い耐久性があり、また燃焼時の安全性も高い電線であることが確認できた。

今後、この電線は、鉄道車両の軽量化とともに、信頼性、安全性の向上に貢献できるものと考えてる。

参考文献

1) 武田 邦彦, 西澤 仁 他：ノンハロゲン系難燃剤による難燃化技術とその環境への影響, (株)エヌ・ティー・エス, (2001).
2) 鶴田 基弘：プラスチック講座9 ポリアミド樹脂, 日刊工業, (1961).
3) 千葉宏樹, 西口雅己, 熊坂幸昭：古河電工時報, 129, (2012), 11.