

エアセクションの トロリー線断線を防止する



近藤 優一
Yuichi Kondo
電力技術研究部
電車線構造研究室
副主任研究員



早坂 高雅
Takamasa Hayasaka
電力技術研究部
電車線構造研究室長



伊東 和彦
Kazuhiko Ito
前 電力技術研究部
さ電研究室
研究員



和田 祥吾
Shogo Wada
前 電力技術研究部
電車線構造研究室
研究員

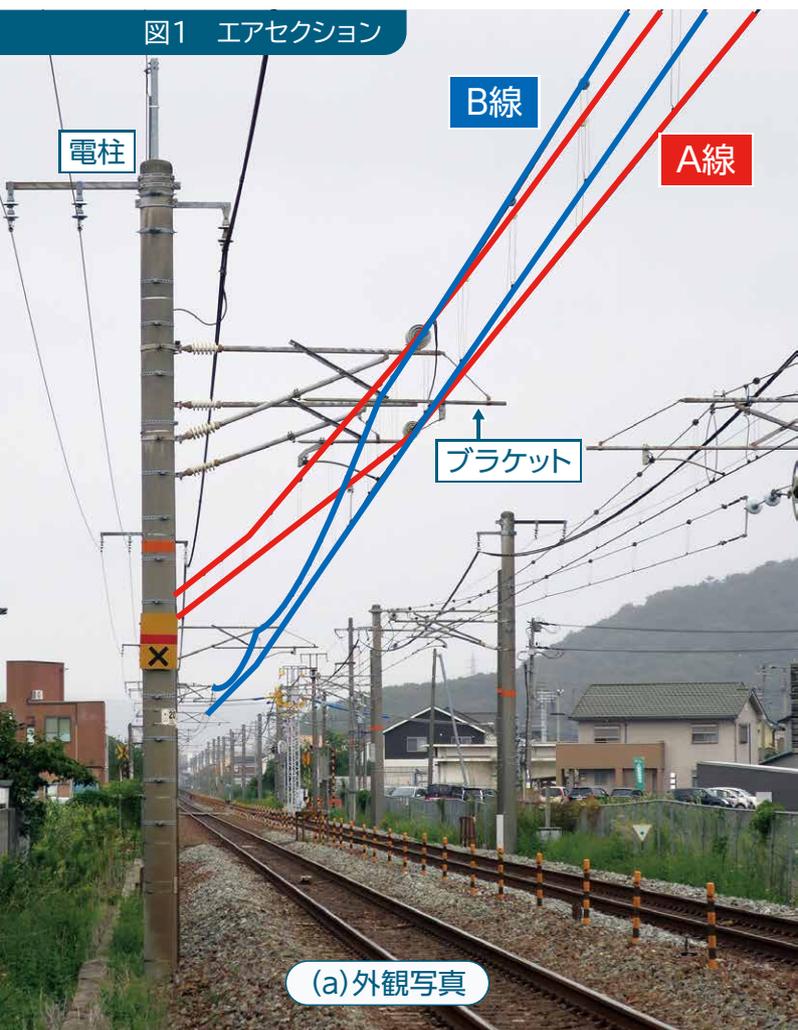
はじめに

電気鉄道では、電気車の走行に必要な電力をトロリー線とパンタグラフの接触によって供給しています。トロリー線の断線や電氣的故障の発生、あるいは停電をとまなう保守作業の実施

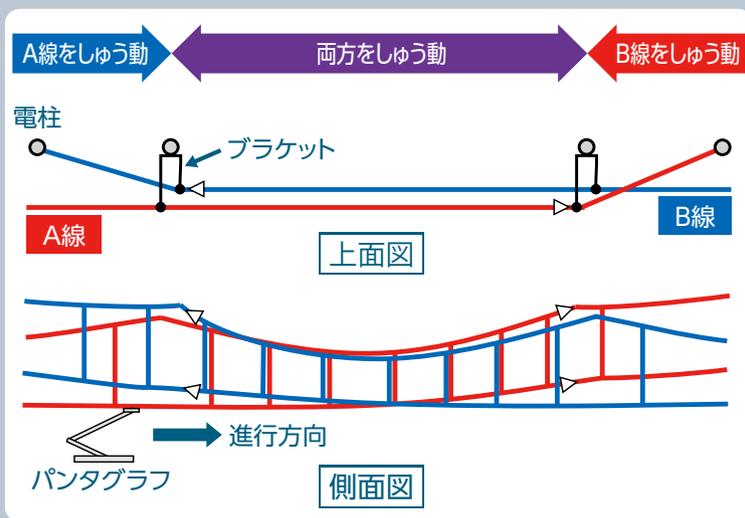
によって、全線が送電不能にならないように、ある一定の区間ごとにトロリー線を電氣的に区分する必要があります。そのための装置を「セクション」といいます。

エアセクション (AS) は、最も広く使用さ

図1 エアセクション



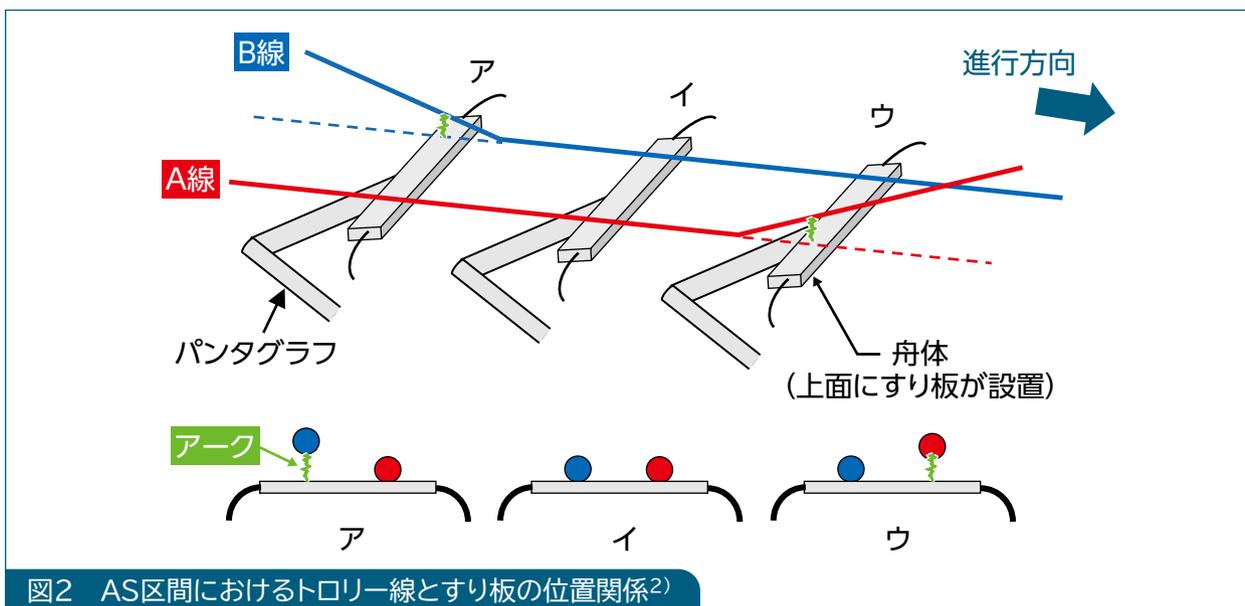
(a) 外観写真



(b) 上面図と側面図



(c) セクション標の例¹⁾



れているセクションです。ASは、平行に構成された2組の架線を一定間隔に保つことにより、空気の絶縁を利用して電氣的に区分しています(図1(a)(b))。これにより、パンタグラフが一方のトロリー線(A線)から、中央付近で両方のトロリー線としゅう動し、もう一方のトロリー線(B線)にスムーズに移行できます。

電氣的に区分されているAS区間には、AS区間を明示する看板(図1(c))を設置し、列車が停車しないように運行していますが、非常停止ボタンが押されたり、ダイヤが乱れたりすることにより、やむを得ずAS区間に列車が停止してしまふことがあります¹⁾。このとき、トロリー線とパンタグラフのすり板との接触状態によっては、トロリー線が断線することがあり、復旧に多大な時間を要することになります。

ここでは、ASにおけるトロリー線断線のおもな対策と、鉄道総研で開発したトロリー線断

線防止用複合架線(AS複合架線)について紹介します。

エアセクションにおけるトロリー線断線の原因とおもな対策

AS区間におけるトロリー線の断線は、パンタグラフのすり板とトロリー線との間に発生したアーク放電がおもな原因と推定されています。

図2にAS区間に停止したパンタグラフのすり板とトロリー線の位置関係を示します。片側のトロリー線が引き上がりはじめる(ア)あるいは(ウ)の位置にパンタグラフが停止すると、引き上がりはじめたトロリー線とすり板が不完全な接触状態となります。この場合、A線とB線との電位差によって、すり板とトロリー線との間のわずかな間隙にアーク放電が発生します。このアーク放電による熱によってトロリー線の温度が上昇し、軟化によって強度が低下して破断に至ります²⁾。

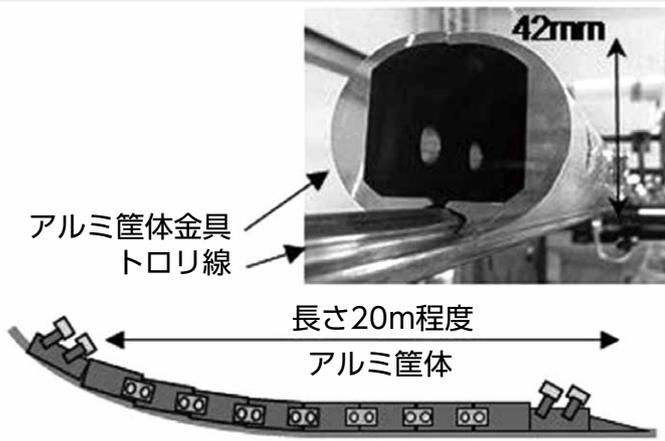
AS区間におけるトロリー線断線事故に対して、鉄道事業者がこれまでに導入した対策を紹介します。

①電位差解消装置¹⁾

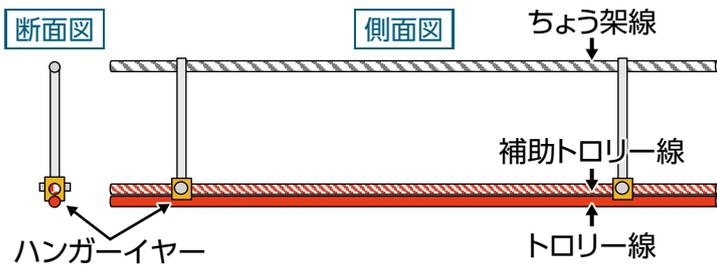
電位差解消装置は、アーク放電の発生原因である2本のトロリー線間の電位差を低減させ、アークの発生を抑制します。この装置は、AS

すり板

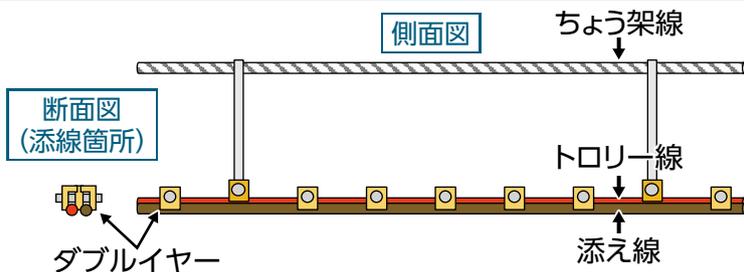
パンタグラフは、舟体、枠組、台枠等の部材によって構成されています。枠組の上部に設置されている舟体には、トロリー線と直接しゅう動するすり板が取り付けられています。すり板は摩耗する消耗部品であるため、容易に交換できる構造になっています。従来、すり板には、銅や鉄などの金属系材料が使用されていますが、近年では耐摩耗性に優れたカーボン系材料の使用が拡大しています。



(a) TC型エアセクション³⁾



(b) 合成架線の構造図



(c) 添え線補強方式

図3 これまでに導入した対策

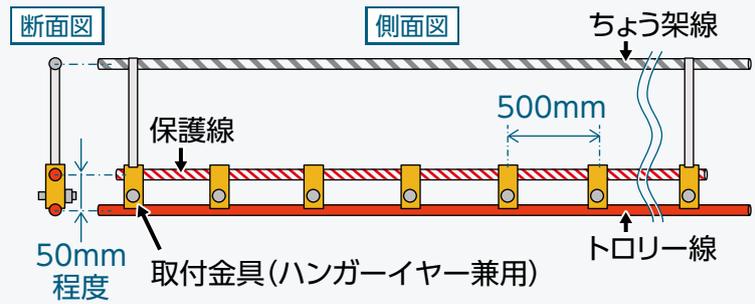
区間に列車が停止したことを検知すると2本のトロリー線間に設けられた開閉器を投入して両者を短絡し、電位差を低減させます。

②TC型エアセクション³⁾

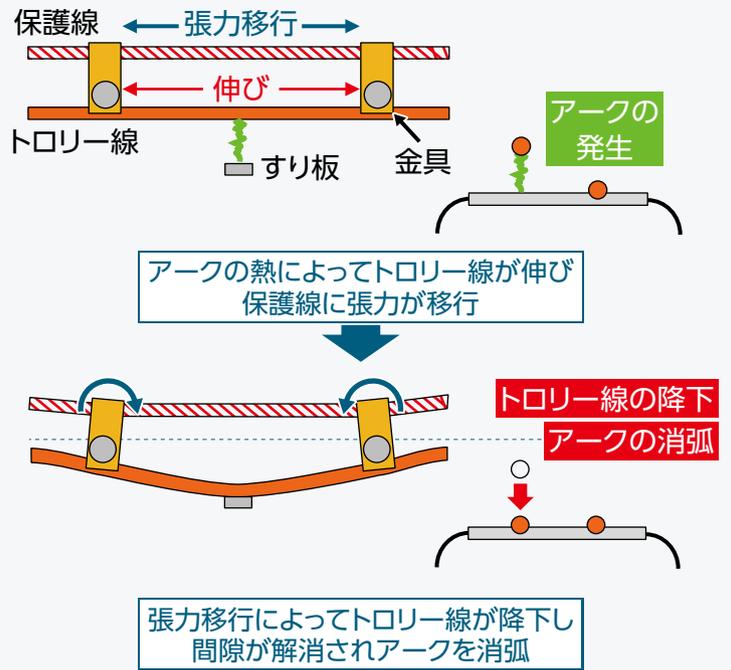
TC型エアセクションは、トロリー線上部に放熱性が高いアルミニウム製の筐体を取り付けた構造です(図3(a))。トロリー線に発生する熱を筐体で放熱するだけでなく、トロリー線が軟化した場合には、筐体が張力を負担してトロリー線の断線を防止します。

③合成架線¹⁾

合成架線は、すり板を金属製からカーボン製



(a) AS複合架線²⁾



(b) AS複合架線のアーク消弧機能²⁾

図4 AS複合架線とアーク消弧機能²⁾

に変更した際のジュール熱の上昇によるトロリー線断線を防止するために、トロリー線の上部に補助トロリー線を無張力で密着させて二重構造としたものを一括して把持する構造です(図3(b))。トロリー線が摩耗や発熱によって軟化すると、補助トロリー線が張力を負担してトロリー線の断線を防止します。

④トロリー線への添え線⁴⁾

トロリー線の摩耗対策としてトロリー線の横に無張力のトロリー線を5mm下げた状態で添わせ、ダブルイヤールとよばれる金具で固定するものです(図3(c))。

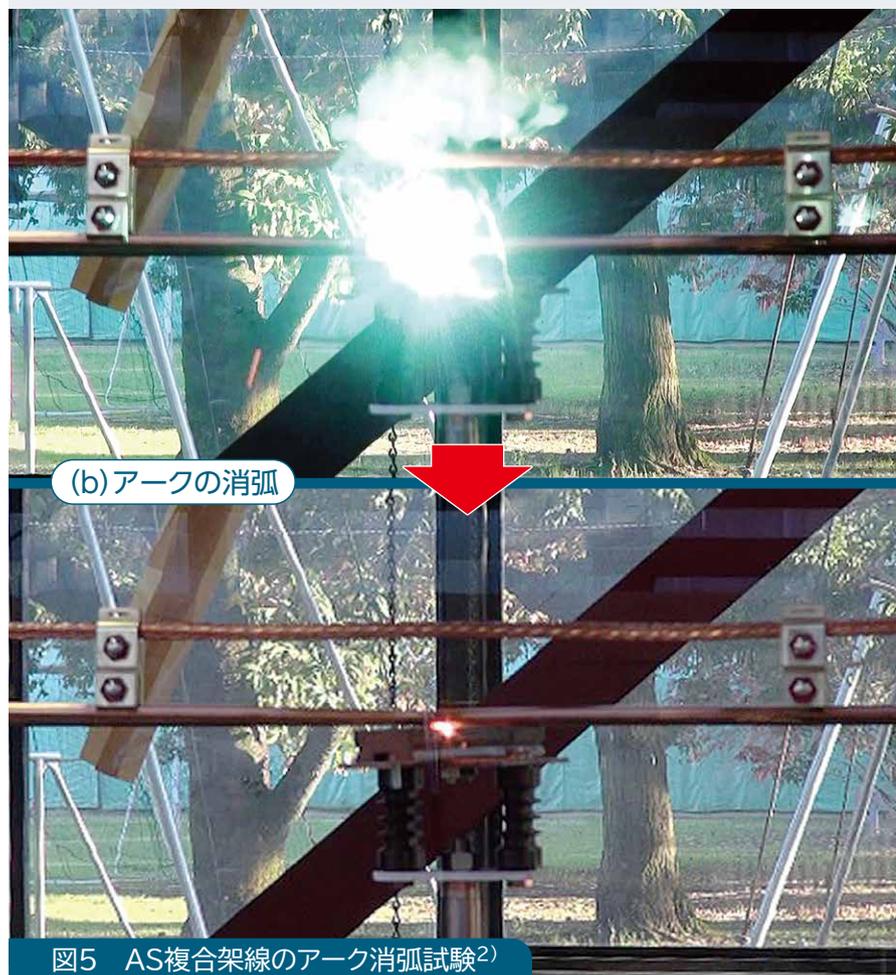
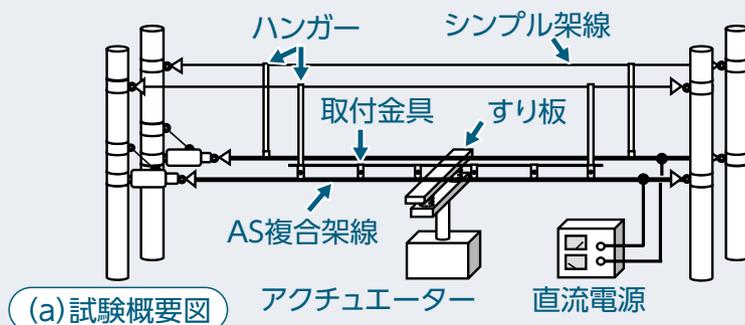
AS複合架線の構造と特徴

前述したように、これまでにさまざまな対策が開発されていますが、鉄道総研では、既設のASに施工可能で、これまでと同等の保守性を有しており、アークによるトロリー線断線対策としてより有効なAS複合架線を開発しました(図4(a))²⁾。

AS複合架線は、シンプル架線のトロリー線の上部に、コンパウンド架線で使用実績がある銅より線(以下、保護線)を無張力で固定しただけの簡単な構造であるため、低コストで施工できます。また、通常の架線と同様に検測車によるトロリー線の摩耗測定が可能であるため、メンテナンス性にも優れています。トロリー線と保護線の間隔は、発生しうる最大アーク長を考慮し、アークが保護線に転移しないように50mmとしています²⁾。また、取付金具の間隔(以下、金具間隔)は、後述する試験結果により決定しました。

AS複合架線の特徴としてアーク消弧機能があります(図4(b))。AS複合架線のトロリー線とすり板との間にアークが発生すると、トロリー線は局所的に温度が上昇します。このとき、張力と温度上昇によってトロリー線に伸びが生じますが、保護線がトロリー線の代わりに張力を受けもつことでトロリー線が降下します。これにより、トロリー線がすり板と接触してアークが消滅します(これを消弧といいます)。

図5にAS複合架線のアーク消弧試験状況を示します。すり板を鉛直方向に昇降可能なアクチュエーター上に設置し、AS複合架線とシンプル架線で構成したASをすり板で短絡させた状態で直流電源装置により通電しました。通電中にすり



板を降下させてAS複合架線側にアーク放電を発生させ、AS複合架線のトロリー線とすり板の離隔が4mmのときに降下を停止してアーク放電を維持させました。試験条件として、金具間隔を500mm、750mm、1000mmの3条件、すり板の線路方向位置を金具間中央、金具直下、ハンガー直下の3条件の組み合わせとしました。

表1にアーク消弧試験の結果を示します。データを取得できたすべての条件において、アーク発生後にAS複合架線のトロリー線が降下し、アークが消弧することを確認しました。試験結果より、金具間隔が長くなるとアーク放

電を消弧するために要する時間が長くなる傾向があることがわかります。このことから、AS複合架線の金具間隔は、同条件においてアーク放電をもっとも早く消弧することができる500mmとしました。なお、すり板の位置の違いで比較すると、すり板が金具間中央に位置する場合に比べて、金具直下やハンガー直下に位置する場合の方がアーク放電を消弧するまでに要する時間が長くなる傾向があることがわかりました。

AS複合架線の集電性能と摩耗状況

既設のASに対してAS複合架線を構成すると、質量が増加するため、離線（トロリー線とすり板が離れること）の増大や局所的な摩耗の促進

表1 アーク消弧時間（単位：s）²⁾

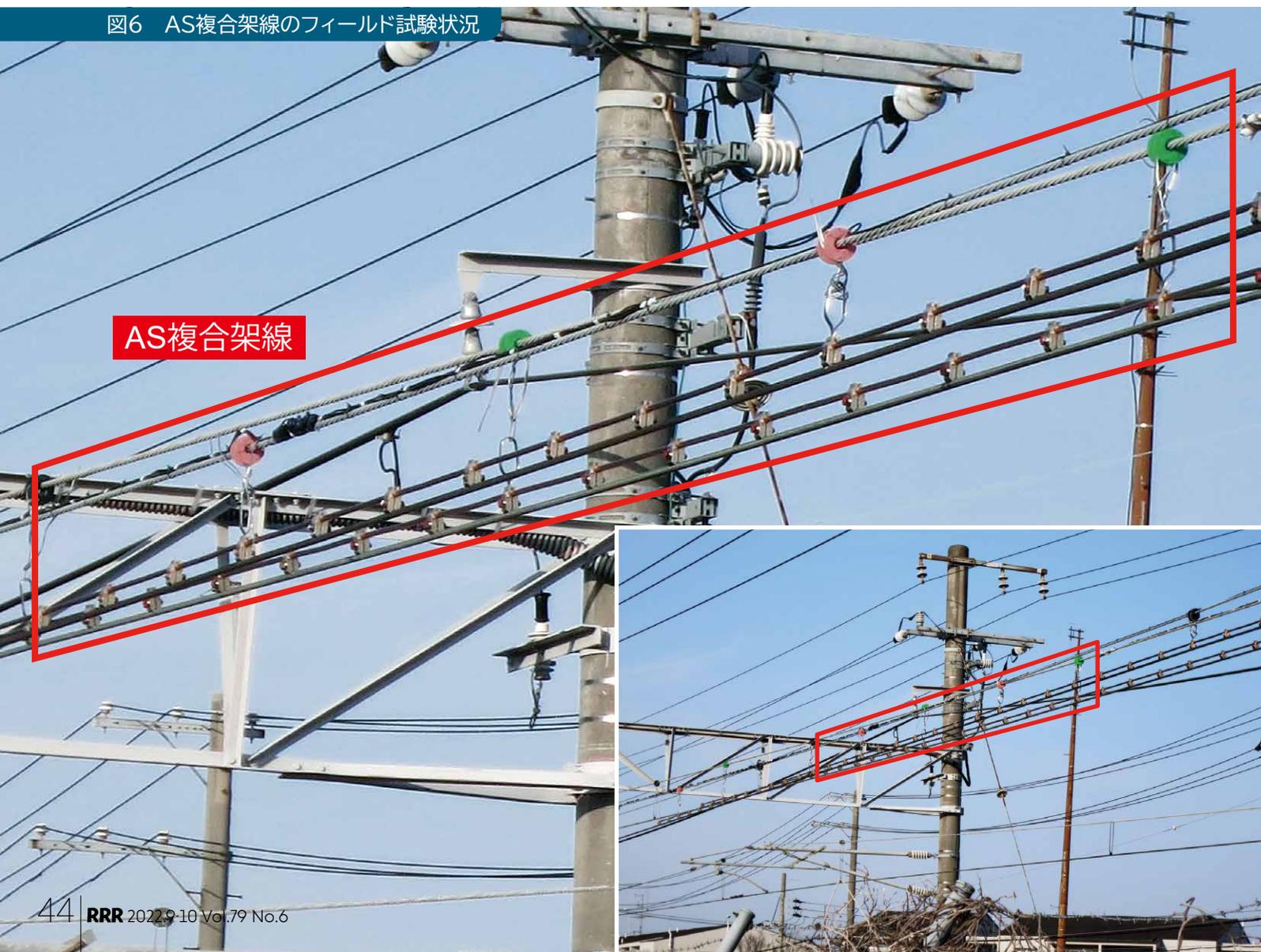
金具間隔 (mm)	すり板位置		
	金具間中央	金具直下	ハンガー直下
500	4.3	9.5	14.2
750	5.6	12.6	20.6
1000	6.9	22.8	※

※アーク放電を維持できなかったためデータなし

が懸念されます。そこで、営業線にAS複合架線を架設し、最大離線時間や架設1か月後の摩耗状況を確認しました(図6)。

図7に示すように、AS複合架線の最大離線時間は、AS複合架線の構成前よりも増加傾向にあるものの、速度90km/hまでの場合で最大

図6 AS複合架線のフィールド試験状況



30ms程度であることがわかります。この程度の離線時間であれば、近年の車両は停電することなく運行を継続することができるため問題ありません。また、片側のトロリー線のみをAS複合架線に構成した場合の最大離線時間は、両方のトロリー線をAS複合架線に構成した場合に比べて同等、もしくはそれ以下でした。このことから、一晩で両方のトロリー線をAS複合架線に構成できなくても問題ないことがわかります。

AS区間では局部摩耗が発生しやすく、部分的に質量が増加するAS複合架線では局部摩耗が促進される可能性があります。そこで、AS複合架線を構成した直後と構成後1か月経過した時点のトロリー線の残存直径を測定し、摩耗の進行状況を確認しました(図8)。その結果、A線、B線ともに急速な摩耗の進行は発生していないことを確認しました。

まとめ

AS区間におけるトロリー線断線を防ぐために開発したAS複合架線について紹介しました。トロリー線の断線事故は復旧に多大な時間を要することから、社会に対する影響も大きく、対策が求められています。トロリー線断線対策だけでなく、今後も安全で安定な鉄道輸送の実現に向けた研究開発を進めていきます。RRR

文献

- 1) 伊東和彦：エアセクション箇所におけるトロリー線断線対策について、鉄道と電気技術，Vol.29，No.12，pp.8-12，2018
- 2) 近藤優一，和田祥吾，早坂高雅，伊東和彦：複合架線によるエアセクション箇所のトロリー線断線対策の提案，鉄道総研報告，Vol.34，No.9，pp.29-34，2020
- 3) 菅間陽二，原口悠彌：セクション箇所におけるトロリー線断線防止と早期復旧の取り組みについて，鉄道と電気技術，Vol.29，No.12，pp.13-19，2018
- 4) 鈴木昌実：セクション箇所添線補強によるトロリー線断線対策，鉄道と電気技術，Vol.21，No.6，pp.27-30，2010

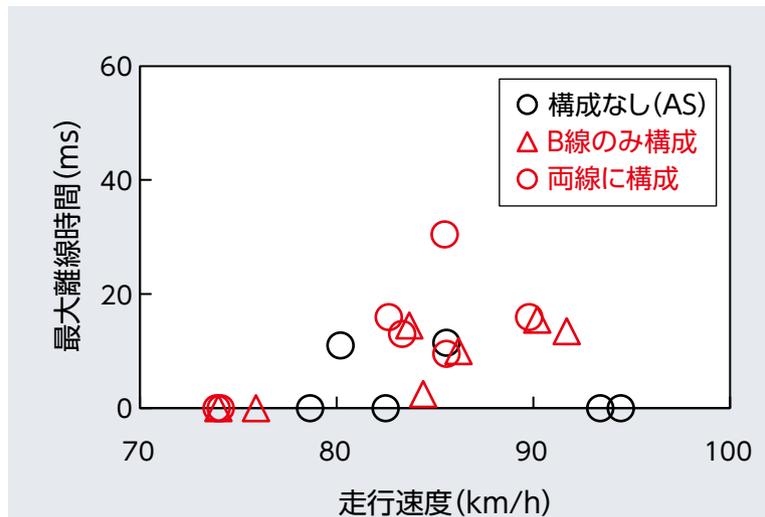
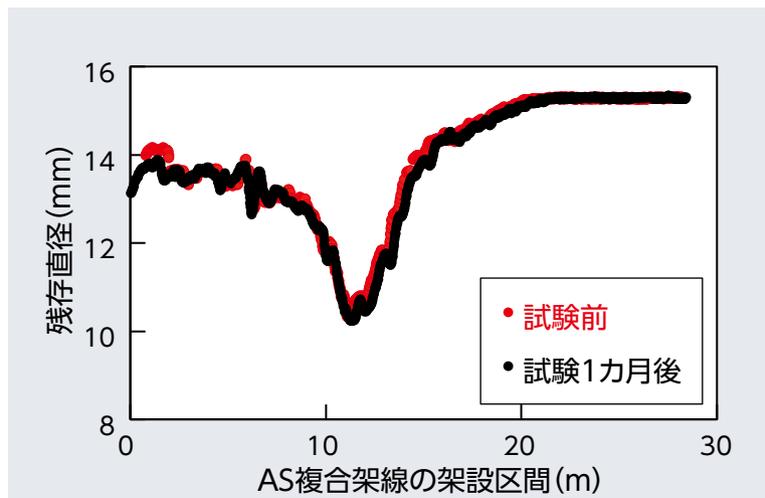
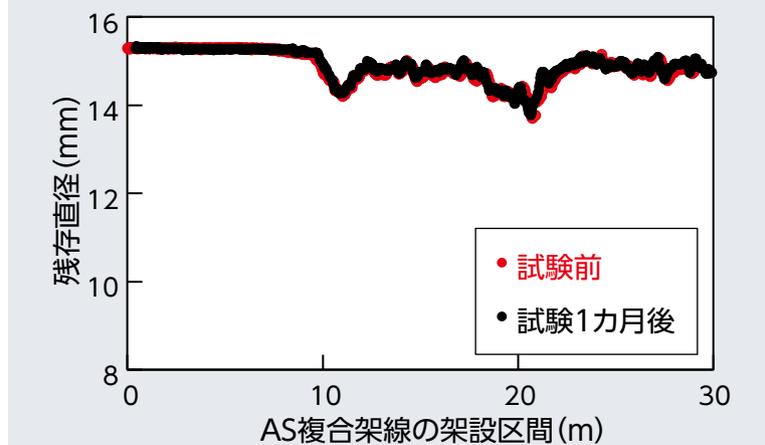


図7 最大離線時間²⁾



(a) A線の摩耗



(b) B線の摩耗

図8 トロリー線の摩耗測定結果²⁾