

電車線設備を保全する

網干 光雄
電力技術研究部(主任研究員)



あほし みつお

はじめに

電車線は、変電所からの電力を電気車に供給するための給電線で、「架線」(架空電車線の略)とも呼ばれます。図1に、電車線設備の概要を示します。パンタグラフが直接接触するトリ線、これを水平に架設するためのちょう架線、ちょう架線からトリ線を吊るハンガ、電線の温度変化による電線伸びを吸収するバランス、電車線を支持する電柱などから構成されています。

トリ線はパンタグラフによって擦られて摩耗しますので、限度になれば張り替える必要があります。またその他の電線や装置も腐食などにより経年劣化しますので、寿命に達する前に取り替える必要があります。万が一にも断線などの重大な故障が発生すると列車を止めて復旧しなければならぬので、日常のメンテナンスが重要です。

本文では、電車線設備の保全について、最近の状況と研究開発について紹介します。

電気検測車による検査

JRや大手私鉄などでは、電気検測車(あるいは電気軌道総合試験車)と呼ばれる検査専用の車両が運転されています。

新幹線では「ドクターイエロー」(東海道・山陽新幹線)、「East-i」(東北・上越・長野新幹線; 図2)などが月に2~3回の頻度で、トリ線の摩耗状態や位置などをチェックしています。

図3に、電気検測車に搭載されているレーザ式トリ線摩耗測定装置の原理を示します。トリ線の摩耗量は、摩耗によって平面となったトリ線下面の幅をレーザ光でスキャンして計測します。新幹線では計測回数は1秒間に1500回、270km/hで走行すると5cm間隔のデータが得られます。電気検測車では、この他にトリ線の高さなども検査しており、規定値を超えるものが検出された場合には直ちに保守担当者に通知される仕組みになっています。

一方、最近になって、画像を用いた新しい検査システムが開発されています。1次元のラインカメラと高度な画像処理技術を用いてトリ線の摩耗や高さ・偏位などを検査するもので、従来とほぼ同等なチェックを行うことができます。図4は、ラインカメラで取得したデータを時系列に連結して2次元画像として表示した剛体電車線の状況です。計測データと合わせると摩耗状態などを一目で確認することができます。装置が小型で安価なので営業車の屋根上に

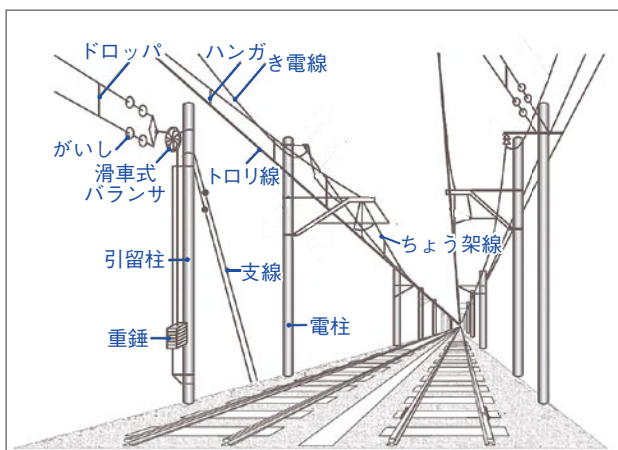


図1 電車線設備の概要



図2 電気軌道総合試験車(East-i)

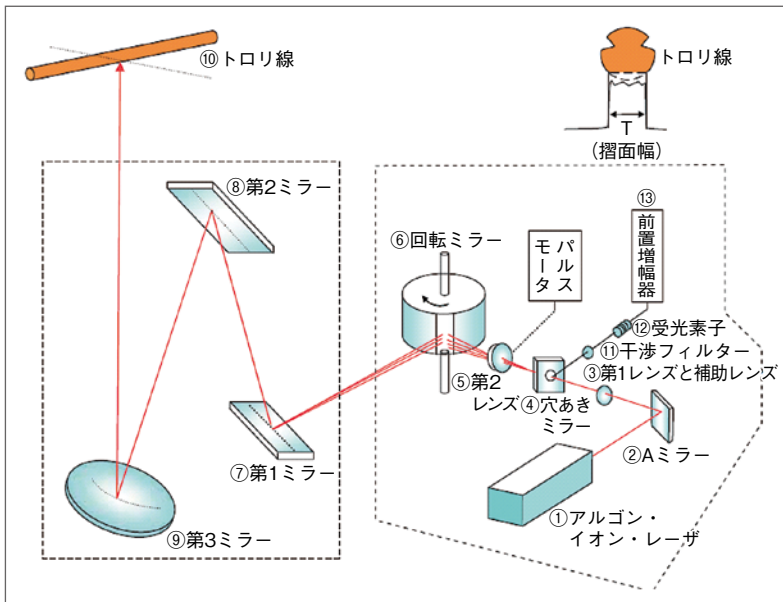


図3 レーザ式トロリ線摩耗測定装置

するにつれて、電車線とパンタグラフの接触状態を安定に維持することが難しくなるなど、電車線の保全も高速化に応じた高品質化が求められています。電車線とパンタグラフが離れることを「離線」と言いますが、この場合には大電流が遮断されるのでアーク放電が発生し、トロリ線やパンタグラフのすり板が損傷し、寿命も短くなります。

離線を検出する方法としては、従来からパンタグラフの電流を監視する方法やアーク光を検出する方法などがあります。これらの検出器は、先に示した電気検測車にも搭載されていますが、鉄道総研では波長300nm以下

も搭載でき、効率的な検査が可能です。

この他に、トロリ線の摩耗検査に関しては、トロリ線内部に警報線を組み込んで使用限度に達したことを通報する地上監視システムが使用されている例があります。

の紫外線領域の離線検出器(図5)を開発しています。これにより昼間でもアーク光を感度良く検出できるようになりました。

高速化に応じたメンテナンスの高品質化

新幹線は現在300km/hで運転されていますが、高速化

トロリ線とパンタグラフとの間の接触力を直接測定する方法として、鉄道総研では、パンタグラフ舟体の弾性振動を考慮して比較的高い周波数まで精度良く測定できる接触力測定装置を開発しています(図6)。この接触力測定装置

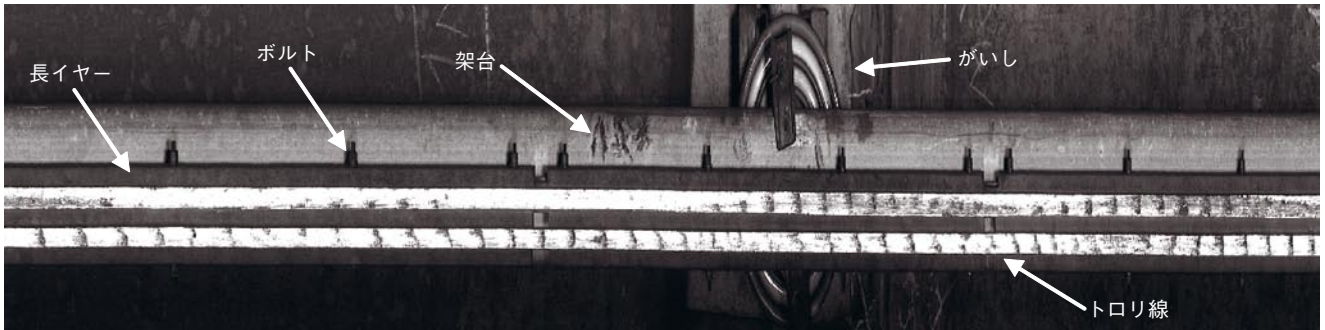


図4 画像による検出システム(2次元画像)

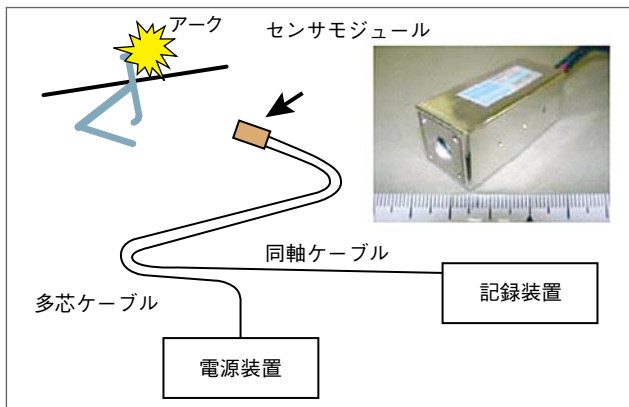


図5 紫外線式離線検出器

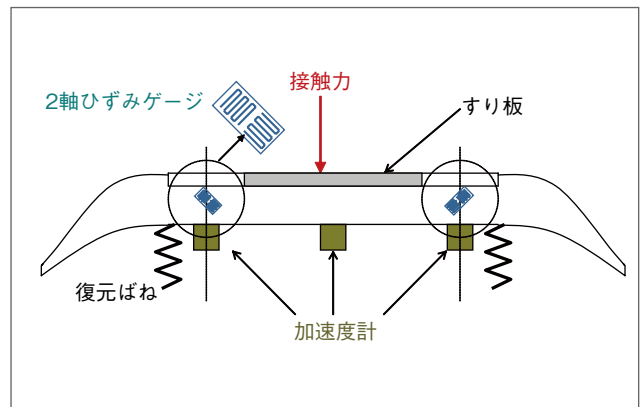


図6 接触力測定装置の一例

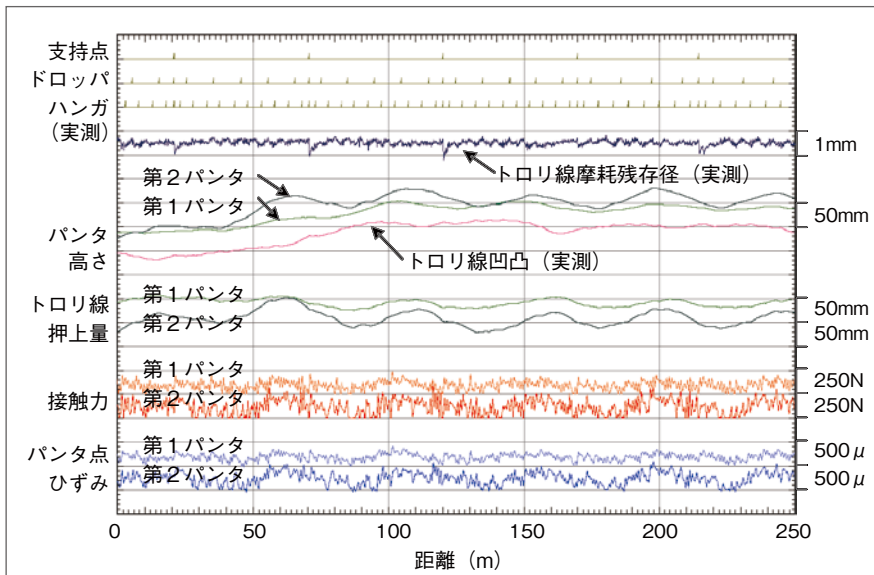


図7 電車線の架設良否診断

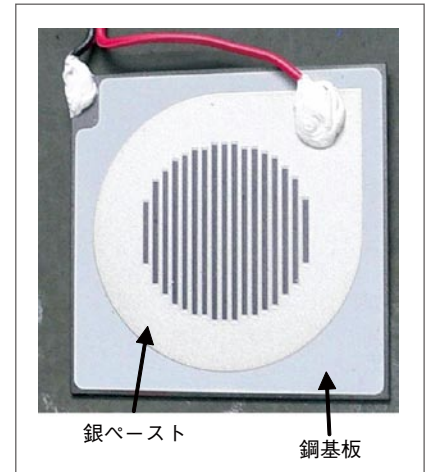


図9 ACMセンサ



図8 自走式腐食劣化判定装置

による測定結果から電車線の架設状態を診断する手法も研究中ですが、先に述べた紫外線離線測定器や接触力測定装置は、次世代の電気検測車の有力な検査装置の一つとして、また営業車による状態監視システムのツールとして期待されています。

高速化に対応するためには、電車線をより高精度に架設する必要があります。どの程度の設備誤差が許容されるかは電車線構造や速度によっても異なります。これに対応するため、鉄道総研では、トロリ線高さの実測値をコンピュータシミュレーション手法と結合させてその良否を判定する方法を開発しています。図7は、ある実区間の実測結果に基づき、パンタグラフや架線の振動、接触力、トロリ線の応力などを推定した結果です。それぞれの判断基準に照らして電車線設備の良否を判定することができます。

劣化状態の診断

電車線にはトロリ線以外にもさまざまな電線や金具などが用いられていますが、腐食や振動疲労などの要因により

劣化します。電線の接続箇所では、接触抵抗が大きくなって発熱する場合がありますが、最近では赤外線カメラを用いて温度を計測することにより劣化を診断する方法も取り入れられています。鉄道総研では、ちょう架線やき電線などの電線類の腐食に対して、うず電流を用いた電線類腐食劣化判定装置を開発しています(図8)。

また電車線設備には、鋼材の腐食を防止するため亜鉛めっき防食が多用されています。亜鉛めっきが少しずつ消失していき鋼材が露出すると腐食が始まります。亜鉛めっきの消失度合いは、沿海部、都市部、工場地帯、山間部などの環境条件によって大きく異なることが知られています。そこで、亜鉛めっきの消失速度を把握するのにACM(大気腐食モニタリング)センサ(図9)が注目されています。一定期間暴露してセンサに流れる累積電流から消失速度を把握します。これにより、環境条件に応じたきめ細かい寿命設定ができるものと期待されています。

長寿命化への取り組み

従来から、摩耗の少ないトロリ線の研究が行われてきており、現在では銅に0.3%程度のすずを含有した銅合金トロリ線が一般的に使用されています。さらにトロリ線の長寿命化を図るため、近年、JR在来線ではパンタグラフすり板の材料を鉄系または銅系金属からカーボン系への置き換えが進んでいます。カーボンすり板は以前から民鉄等で使用されていましたが、鉄道総研では、カーボンに金属を含浸させて導電率を向上させるとともに耐摩耗性も向上したカーボン系すり板を開発しています。カーボン系すり板を使用することにより、トロリ線の摩耗は従来の1/3～1/5に低減しました。

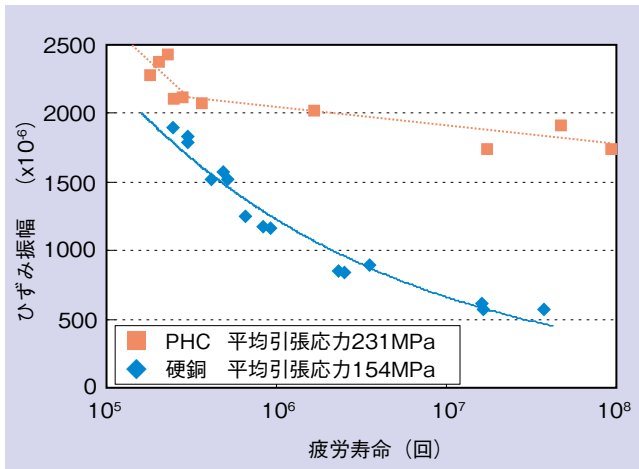


図10 PHCトロリ線の振動疲労特性

トロリ線は、パンタグラフ通過時の曲げ疲労が蓄積して断線する恐れがあります。このため、振動疲労に強いトロリ線が開発されています。その一つがPHC（析出強化型）トロリ線で、銅に添加した合金成分を析出させて高強度と高導電率を同時に達成したものです。このトロリ線は高速運転用として開発されましたが、振動疲労特性も従来のトロリ線（硬銅）に比べて大きい特性が得られており（図10）、これにより疲労寿命が大幅に増加することが期待できます。

省メンテナンス設備の導入

電車線にメンテナンスの容易な設備を導入することも行われています。その一つが、大都市圏を中心にリニューアルしているき電ちよう架式電車線です（図11）。これはき電線とちよう架線を兼ねて簡素化を図り設備点数を減らす効果があるとともに、高所にある設備の位置を下げて保守用車で点検しやすいようにしています。また自動張力調整装置には、ワイヤー交換や塗油などが不要で、かつ張力変化率の小さい新型のばね式構造が採用されるようになってきています。

新幹線用の電車線も従来は3本の電線から構成されていましたが、長野新幹線や九州新幹線などでは、1本省略して2本の電線で構成した高速用シンプル架線が採用されています（図12）。一般的に3本で構成した方が高速性能に優れていますが、軽量・高張力のトロリ線を使用して波動伝播速度を向上させたことにより、設備の簡素化と高速性能を両立しています。東北新幹線の青森開業時には、PHCトロリ線を用いたシンプル架線が予定されており、ますます長寿命で省メンテナンス性の高い電車線になることが期待されます。



図11 新しいき電ちよう架式電車線



図12 新幹線用高速シンプル架線

また近年、省メンテナンス設備として剛体電車線が注目されており、地下鉄以外にも狭小トンネル内の電車線として導入される例があります。そのため高速運転対応のカテナリ式電車線と剛体電車線とを高速で移行できる設備も開発されています。

おわりに

電車線設備の保全技術について、最近の状況と研究開発について概要を述べてきました。ここで紹介した他にも、計測・診断技術や長寿命・省メンテナンス設備などに関して改良が重ねられ実用化されています。鉄道総研では、現在、保守の高度化を目的としてトロリ線の寿命予測や電車線の保守・架設基準などに関する研究を進めています。安全性・信頼性を維持するための高品質のメンテナンスを効率的に行うことがますます重要になると考えられます。RRR