

電気検測車に搭載されているトロリ線摩耗測定装置

久須美 俊一(電車線構造 室長)

はじめに

電気鉄道では、車両への電力供給方式として架空電車線とパンタグラフの組み合わせが広く採用されています。電車線でも重要な部位であるトロリ線は、パンタグラフのしゅう動により摩耗します。このトロリ線には10kN～20kNの比較的高い張力がかけられているため、摩耗が進行すると張力に耐えきれず断線する恐れがあります。そのため、電車線のメンテナンスでも重要な項目は、トロリ線摩耗管理であると言っても過言ではありません。昭和40年代後半まで摩耗管理はマイクロメータによる測定が主な方法でした。しかし、マイクロメータは点測定しかできず、線路方向に長いトロリ線の摩耗管理をするためには大変多くの人手を必要としていました。これを解消するため、トロリ線の摩耗量を走行する車両上から高速で測定できる装置の開発が強く望まれるようになり、鉄道総研の前身である鉄道技術研究所がトロリ線摩耗測定装置の開発を始めました。

トロリ線摩耗と許容残存直径

トロリ線はパンタグラフのしゅう動により図1のように摩耗します。一般的なトロリ線は図2のような形状を



図1 トロリ線の摩耗状況

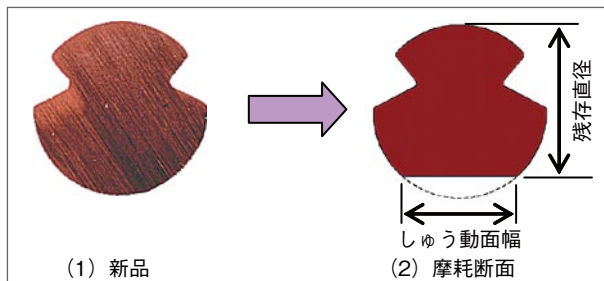


図2 トロリ線断面形状

しており、新品時の直径は断面積110mm²のトロリ線で12.34mm、170mm²では15.49mmです。トロリ線は摩耗の進行に伴い、断面積が減少するため引っ張り応力が増加し、破壊強度に達すると破断します。このため、トロリ線は破壊強度に対し安全率2.2を見込んで許容応力とし、摩耗限度の設定を行っています。トロリ線の許容摩耗限度における残存直径は110mm²で7.5mm(張力9.8kN)、170mm²で8.5mm(張力14.7kN)ですが、実際にはこのような残存直径になる前に張り替えているので、摩耗管理値はもう少し太くなっています。

トロリ線摩耗測定装置の登場

トロリ線の摩耗は残存直径で管理されています。そのため、トロリ線を横から見て残存直径を測定するような装置があれば便利ですが、電車線にはわたり線のようにトロリ線が交差したり、様々な金具が取り付けられたりしているため、この方式では測定できない箇所ができてしまいます。そこで目をつけたのがこのような支障のないトロリ線のしゅう動面でした。しゅう動面は摩耗することによって図3(2)のように平面になりますが、トロリ線の基本形状は円であるため、しゅう動面幅から残存直径に換算することができます。電気検測車のトロリ線摩耗測定装置はこのしゅう動面幅を光学的に非接触で測定する装置です。

この原理に基づいたトロリ線摩耗測定装置を搭載した電気検測車(1号車)が昭和48年(1973年)に登場しました。この装置は、屋根上に取り付けた投光器でトロリ線を照明し、しゅう動面からの反射光をITVカメラで撮影する方式です。映し出されたしゅう動面の映像はしゅう動面幅の電気信号に変換され、残存直径に換算されます。この検測車は首都圏及び新潟地区用として配属され、その後5両が製造されて全国展開していきました。ただ、この方式は通常の投光器を使用していたため、昼間は天空光と反射光の区別ができず、夜間しか測定できませんでした。

電気検測車の有用性が認知され始めると、今度は車両運用や検測要員の確保の観点から昼間でもトロリ線摩耗を測定したい、という声が大きくなってきました。そこで、単一波長の光源をトロリ線に照射し、光学フィルタで反射光だけを検出するトロリ線摩耗測定装置(レーザ式と低圧ナトリウムランプ式)が開発されました。

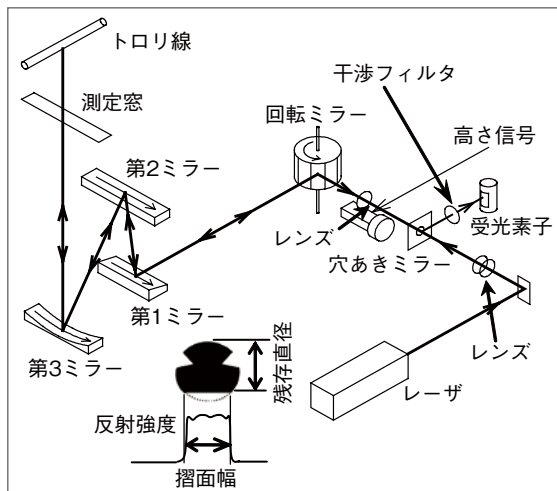


図3 レーザ式トロリ線摩耗測定装置の光路図

レーザ式トロリ線摩耗測定装置

レーザ式トロリ線摩耗測定装置の構成を図3に示します。最近の装置は小型・軽量で熱対策が簡単な固体レーザーが使用されています。投光器方式では光が拡散されるためトロリ線の左右の位置(偏位)はあまり考慮しなくてもよかったですのですが、点光源となるレーザー光(波長1064nm)では何らかの方法で左右にレーザー光を走査する必要があります。そこで、同装置ではレーザー光を回転ミラーで左右方向にスキャンし、第3ミラー(凹面鏡)で平行光にしてトロリ線しゅう動面を照射します。照射されたレーザー光はしゅう動面で反射され、その反射光は逆のルートを経て穴あきミラーに至り、そこで90°光路を変えて受光素子に進みます。受光素子の手前には干渉フィルタ(光学フィルタ)があり、ここで太陽光が除去され、反射光成分のみが受光素子に入射します。しゅう動面幅に相当する信号は受光した反射光の時間幅から出力されます。なお図3の高さ信号はパンタグラフで測定するトロリ線高さ信号のことで、ピントを合わせるように光学部のレンズを移動させて常にトロリ線にレーザー光が集光するようにしています。このようにして得られたトロリ線のしゅう動面幅は残存直径に変換され、トロリ線摩耗情報として提供されます。なお、線路方向の摩耗データはレーザーのスキャンが1500回/sなので270km/hでも5cm間隔で得られ、左右方向のトロリ線位置も同時に検出できるため偏位信号も出力しています。

ナトリウムランプ式トロリ線摩耗測定装置

ナトリウムランプ式トロリ線摩耗測定装置は、図4に示すように低圧ナトリウムランプでトロリ線を照明し、トロリ線しゅう動面で反射した光を受光素子が直線状に多数並

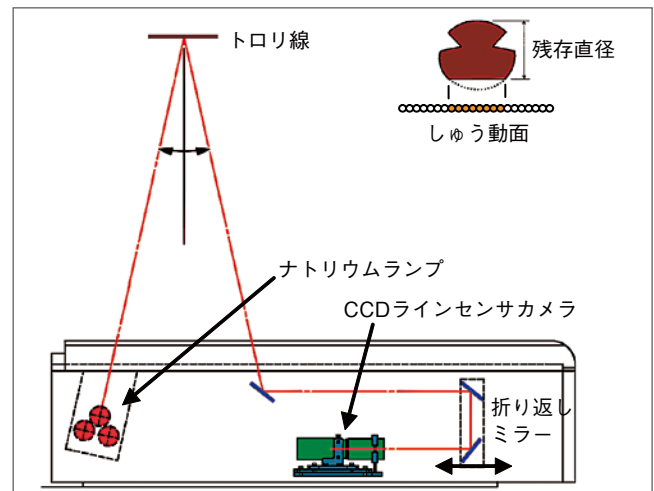


図4 ナトリウムランプ式トロリ線摩耗測定装置の光路図

んでいるCCDラインセンサカメラに導き、しゅう動面幅を測定します。CCDカメラのレンズにはナトリウムランプの波長(589nm)だけを通すフィルタが取り付けられているため、昼夜を問わず測定することが可能です。本装置も測定用パンタグラフでトロリ線高さを測定し、光学部のミラーを移動させて常にピントが合うようにCCDカメラからトロリ線までの距離(光路長)を一定に保っています。本装置は最高速度120km/hの検測車用として開発され、摩耗データは1000Hzでサンプリングされ、5cm間隔に出力しています。また、トロリ線偏位も摩耗と同時に測定しています。

本装置は光源にナトリウムランプを使用しているため安全性が高く、また点光源であるレーザー方式と違い線光源であるため、偏位方向への走査が必要なくなり、装置が単純化されているという特長を有しています。

おわりに

トロリ線摩耗測定装置によるしゅう動面幅測定精度は0.1mm以下です。しかし、実際にはしゅう動面の状況によって反射状態が変わるため、測定誤差も変動します。多数の測定データから求めた誤差の分布は正規分布に近くなりますが、残存直径に換算した後の誤差の標準偏差は0.2~0.3mm程度です。

このように高精度に測定された摩耗データは、電車線保全に欠かせないものとなっています。最近ではJRだけでなく、民鉄でもトロリ線摩耗測定装置を搭載した電気検測車が導入され、トロリ線の摩耗、偏位、高さ等が車上から測定できるようになってきました。今後も電気検測車は良好な電車線状態を保つために活用され、安全運行に寄与することでしょう。