

架線を張る金具



しみず まさとし

清水 政利

電力技術研究部(電車線構造 主任研究員)

はじめに

架線は変電所から送り出される電力を電車に送る送電線のようなものですが、一般の送電線と違い、パンタグラフが安定して接触できるように様々な工夫がされています。限られた紙面で全てを紹介することはできませんので、今回は主な金具の役割に着目し、架線の構造や張り方の概要と特徴を説明し、続いて新しい支持構造の開発状況などを紹介します。

架線の構造

図1は在来線(直流電化区間)の一般的な架線の構造です。架線は、トロリ線と呼ばれるパンタグラフと接触する銅線を、50m程度の間隔で電柱に支持されたちょう架線と呼ばれる鋼または銅のより線から水平になるようにハンガと呼ばれる金具で吊した構造をしており、路面電車から新幹線まで幅広く使用されています。在来線では直流1,500Vまたは交流20,000V、新幹線では25,000Vの電力がパンタグラフを介して電車に供給されています。

図2は架線の全体構成です。架線は最大で約1.6km程度の長さで柱に引き留められており、両端にある張力調整装置で温度変化による伸縮を吸収し、一定の張力が付加されています。張力調整装置には滑車式とバネ式があります。図のような滑車式では、架線側と重錘側の滑車の直径が1対4程度に設定されており、架線側の張力の1/4の重さの重錘で力が釣り合うようになっています。ただし、重錘の上下動は架線の伸縮量の4倍になります。温度伸縮による架線の移動に対応するため、図1のように可動ブラケットと呼ばれる支持物が使用されています。可動ブラケットは、電柱バンドとがいしとの間にヒンジが設けられており、線路と平行方向に自由に動くことができます。

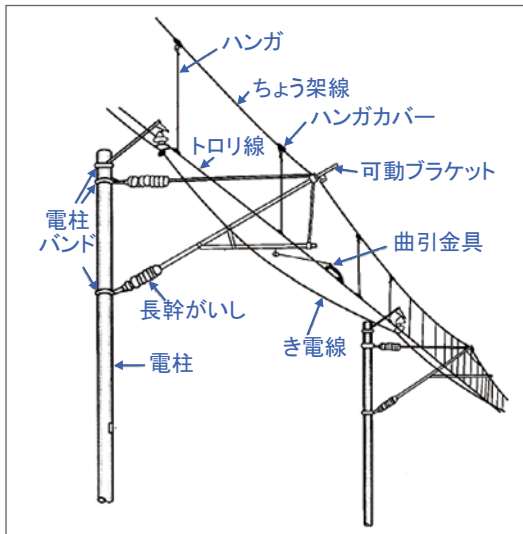


図1 一般的な架線の構造

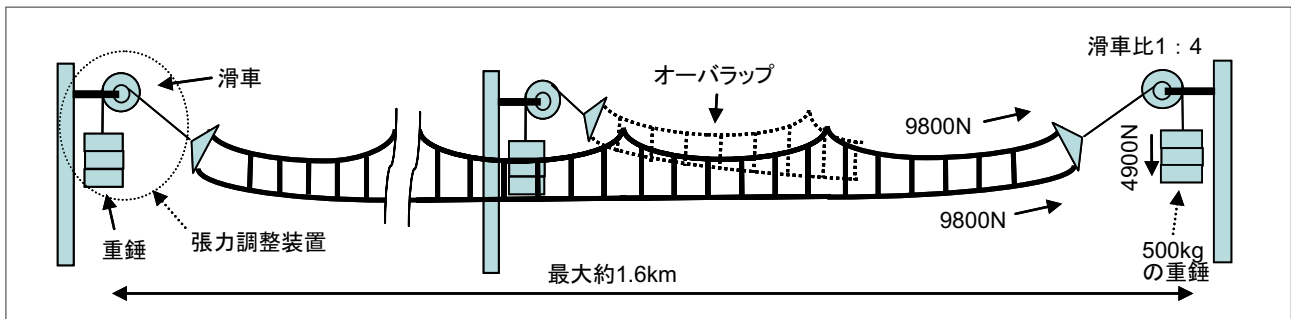


図2 架線の全体構成

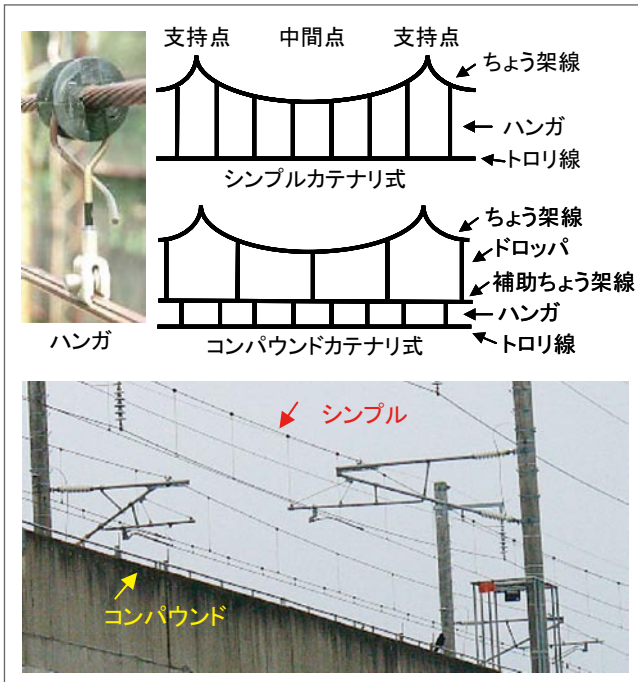


図3 シンプルカタナリ式とコンパウンドカタナリ式

架線の方式

図3に代表的な架線の方式(種類)を示します。シンプルカタナリ式架線は、ちょう架線とトロリ線の2本の電線で構成されており、在来線で広く使用され、新幹線でも一部で使用されています。コンパウンド式架線はちょう架線とトロリ線の間に補助ちょう架線を加えて3本の電線で構成されており、主に新幹線で使用されています。

シンプルカタナリ式架線の張力は、トロリ線、ちょう架線とも9800Nが標準ですが、一般に張力が高いほど高速で走行できる特性があり、標準的な張力より高い張力を付加した架線をヘビーシンプルカタナリと呼びます。同様な目的で張力を高めたコンパウンドカタナリをヘビーコンパウンドカタナリと呼びます。図中の写真は、新幹線で試験的にシンプルカタナリ式架線(張力はトロリ線、ちょう架線とも19600N)を張って特性を確認した時のものです。なお、架線の正式な名称は電車線です。このような構造の架線を正式にはカタナリ式電車線と呼びます。

カタナリ曲線とハンガ長さ

カタナリとは懸垂線のことです。一本の電線がある張力で引っ張ると図4の赤で示した線のような形状となり、こ

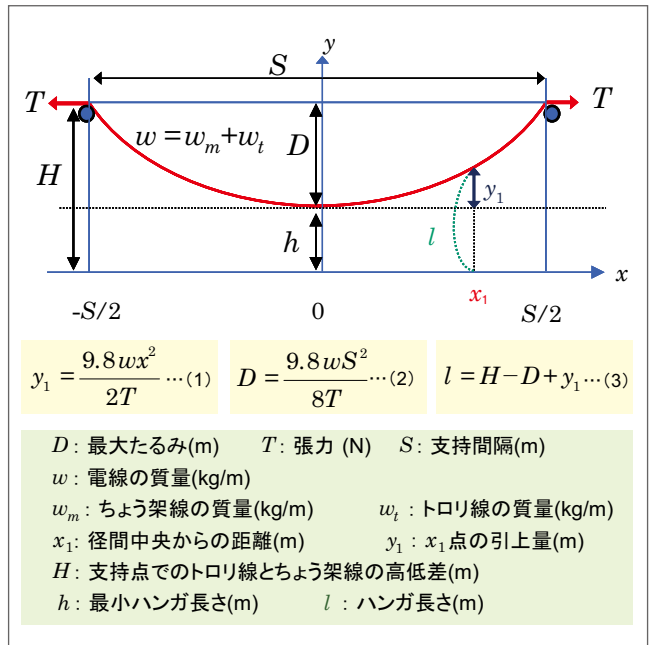


図4 カテナリ曲線とハンガ長さの計算方法

れをカタナリ(懸垂)曲線と呼びます。カタナリ曲線を表す式はやや複雑ですが、実用上は図中の式(1)のような2次式で近似できます。架線を一本の電線で構成すると、式(2)で計算できる電線の張力、質量、支持点の間隔で定まるたるみが発生するので、パンタグラフとの接触を上手く保つことができません。架線をカタナリ式とし、ちょう架線からトロリ線をハンガで吊して一定の高さに保つことにより、パンタグラフとの接触を安定させることが可能になります。

シンプル架線の場合、ちょう架線は支持点に固定されていますが、トロリ線は支持点でも曲線引金具により左右方向は固定されているのみで上下方向には動くことが可能です。従って、式(1)の張力 T はちょう架線のみ値、1m当たりの質量 w はちょう架線とトロリ線を足した値とすることでちょう架線の高さ形状を計算できます。このように計算された y_1 の値に一定の値 h を足した長さのハンガで吊すことで、トロリ線を水平に保つことができます。コンパウンドカタナリでは、ドロップの長さを調整することで高さを設定しており、ハンガは一定の長さのものを使用しています。ドロップの長さも同様に、1m当たりの質量 w は3本の線の合計を用いることで計算できます。

カテナリ式架線の特徴

次にカテナリ架線をパンタグラフが通過するときの特徴を説明します。トロリ線と接触する時、パンタグラフは、ばね等により60N程度の力で押し上げられています。図5は、ある間隔で支持され、一定の張力が付加された弦をFという力で押し上げたときの様子を示しています。押上量は、力の釣り合いから図中の式(1)のように表され、押上量は支持点から離れているほど大きくなり、また張力が高いほど小さくなります。

図6は支持点間をパンタグラフがゆっくり通過した場合の上下方向の変位の軌跡を示しています。シンプルカテナリの場合、静的に釣り合った状態を基準とすると、トロリ線が押し上げられるとその力がハンガを介してちょう架線も押し上げることになり、2本の張力が押上量に影響します。図中の一本の電線と、トロリ線、ちょう架線の張力がそれぞれ同じである場合、シンプルカテナリの径間中央付近の押上量は一本の電線の場合の概ね1/2になります。コンパウンドカテナリで全体の張力が更に大きい場合には、押上量も更に小さくなります。

また、一本の弦の場合、支持点では固定されているため押し上がりませんが、シンプルカテナリの場合、支持点の直下でもハンガの間隔でトロリ線が押し上げることができ、また、前後のハンガも支持点から離れているので、ちょう架線も押し上げることができます。このため支持点と径間中央での押上量の差が小さくなり、支持点間でのパンタグラフの上下動(振動量)を小さくすることができます。

コンパウンドカテナリでは、トロリ線と補助ちょう架線間でこのような作用があり、また前後のドロップは更に支持点から離れていますので、シンプルカテナリより更に支持点間でのパンタグラフの上下動を小さくすることができ、より高速走行に適した特性を持っています。また、電線が3本あるため大きな電力を送ることができることも特長で、新幹線の代表的な架線方式となっています。

また、図7のように予めハンガ長さを調整して支持点より径間中央を低く設定した架線をサグ付き架線と呼び、パンタグラフの上下動を抑える効果があります。

新しい支持構造

以上は架線の基本的な構造や特徴の紹介でした。ここからは、新幹線のトロリ線の局所的な摩耗を低減するため、私たちが最近開発を行っている新しい支持構造について紹介します。新幹線では摩耗が一箇所でも限度値に達すると、

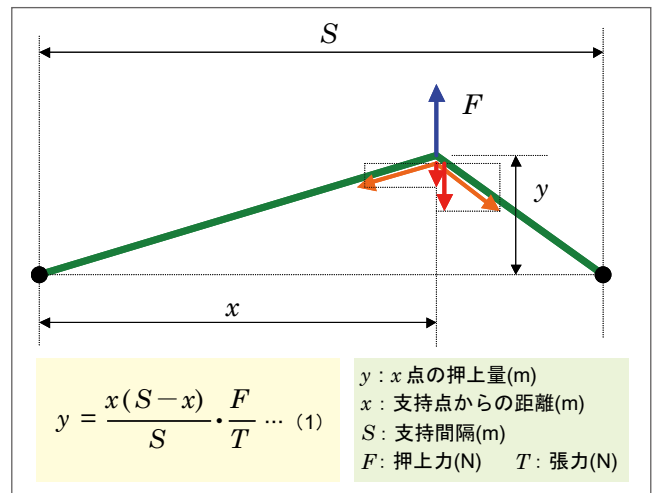


図5 弦を押し上げたときの変位(押上量)

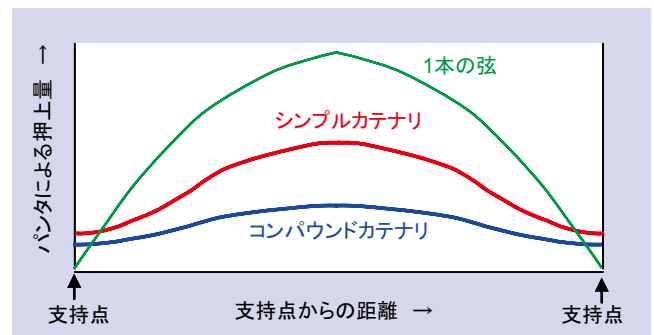


図6 架線方式の違いによる押上量の特徴

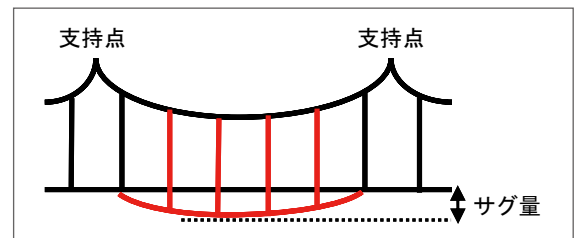


図7 サグ付き架線

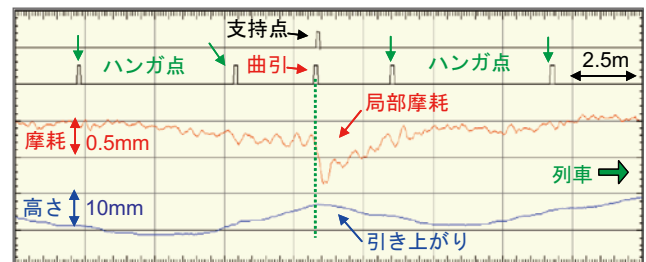


図8 支持点付近でのトロリ線の局所摩耗発生例

図2のように1km以上もあるトロリ線全体を張り替える必要があるため、局所的な摩耗を極力減らすことが重要です。

図8は支持点付近でトロリ線に局所的な摩耗が発生して

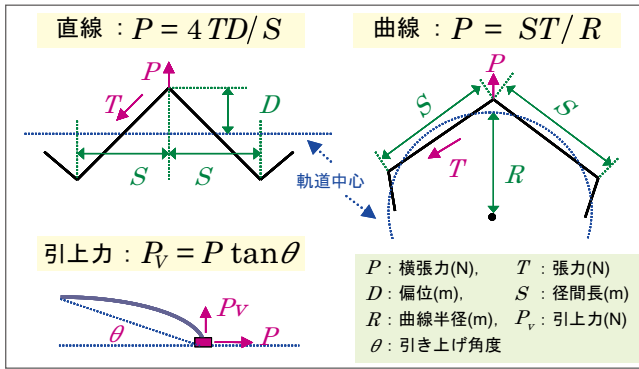


図9 トロリ線の横張力と引上力

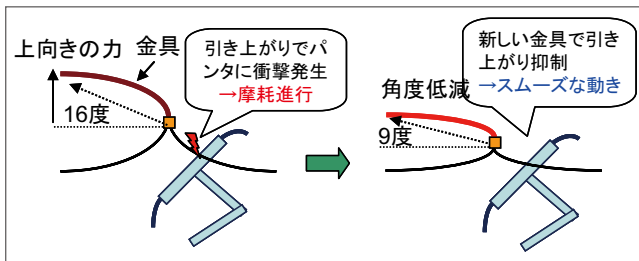


図10 局部摩耗の発生イメージ

いる箇所の摩耗と高さの測定例です。支持点の曲引金具付近でトロリ線が引き上がり、その後方で摩耗が進行しています。曲引金具は図1のように支持点でトロリ線を支持する金具で、線路の中心から左右方向の離れ(偏位)を設定する役割があります。偏位は、パンタグラフのすり板を平均的に摩耗させるため必要で、新幹線の直線ではジグザグに左右150mm程度に設定されています。

図9は曲引金具箇所で発生するトロリ線の横方向の力(横張力)と上方向の力(引上力)の説明です。直線ではジグザグ偏位のために、曲線では軌道の中心からトロリ線が大きく外れないようにするためにトロリ線を支持するので、その張力によって横張力が発生します。曲引金具の根元の取付高さは、パンタグラフが部材に当たらないようにトロリ線より高くなっており、現在は16度程度の角度を持って取り付けられています。これにより引上力が発生し、条件によっては図10のように支持点の後方でパンタグラフがトロリ線に強く当たることになります。

これらを緩和するため、図11のような新しい支持構造を開発しました。新しい支持構造は、曲引金具の材料や形状を工夫して引き上げ角度を9度に低減しています。また、架線の高さを精密に調整できる調整機構を備えています。

図12は従来曲引金具(16度)と新型の曲引金具(9度)を適用した場合のトロリ線応力の測定例です。ここでのトロリ線応力は、パンタグラフによって押し上げられるときに



図11 新しい支持構造

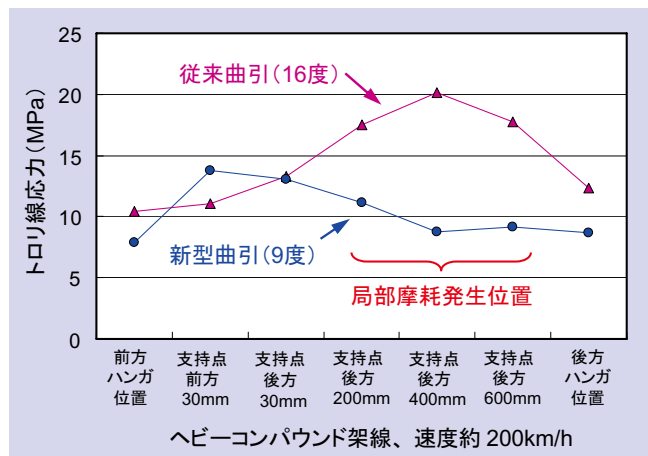


図12 支持点付近で発生するトロリ線応力の比較

トロリ線の上面に発生する応力で、これが大きいと強い力でパンタグラフがトロリ線に接触しているものと推測できます。図のように、新型の曲引金具を適用するとトロリ線の局部摩耗が発生しやすい支持点後方の数百mmの位置で応力が低減して全体的に平均化しており、局部摩耗低減に効果があるものと期待されます。

おわりに

今回は主に架線の金具や静的な構造に着目した紹介を行いました。架線はパンタグラフの走行によって振動することが大きな特徴で、個別の金具の改良とともに、動的な特性を考慮して架線全体で調和の取れたものにすることが重要です。また、新しい支持構造を営業線に適用して実際の摩耗低減効果を確認する試験も行っていきます。これらは次の機会に紹介させていただきます。RRR