

## 支持点近傍におけるトロリ線局部摩耗低減対策

電力技術研究部 電車線構造研究室

室長 清水 政利

### 1. はじめに

新幹線におけるトロリ線の局部摩耗は、オーバラップ等の特殊箇所のほか、一般区間では支持点近傍で発生し易い傾向があり、これは高速域のみならず低速域の曲線区間等でも発生が確認されている。その原因として、支持点高さの不整や横張力によるトロリ線の引き上げ等が起因となり発生する過大な接触力が考えられるが、現状の支持点構造では、その原因を緩和することが困難である。また、新幹線の速度向上に伴い、これらがより顕在化する可能性がある。このため、支持点高さの不整を容易に調整できる機構を備え、引き角度を低減してトロリ線の引き上げを緩和した支持点構造を開発し、営業線における適用試験等によりその効果を確認した。

### 2. 支持点箇所のトロリ線局部摩耗の特徴

#### 2.1 局部摩耗の特徴

図1に新幹線のヘビーコンパウンド架線区間における支持点付近のトロリ線摩耗状況の一例を示す。この区間は $R=8000m$ 程度の曲線区間であり、支持点の構造は同一で曲線引金具は全ての支持点に設備されているが、トロリ線偏位の偏りを緩和するためトロリ線を外方に引いている支持点は2径間毎としている。

図のように、トロリ線を外方に引いている支持点付近(①、③、⑤)では摩耗が進行しているが、外方に引いていない支持点付近(④、⑥)では摩耗の進行が見られない。これらの支持点に設備上の違いはないことから、摩耗の進行要因は、支持点を外方に引いていることであると推測される。支持点①では、トロリ線の引き上がりが見られるとともに、曲線引金具の前方より後方での摩耗進行が大きくなっており、トロリ線が引き上がりによりパンタグラフとの接触力が支持点後方で過大となることと摩耗進行要因の一つであると考えられる。一方、支持点②では支持点後方で摩耗進行は見られない。また、支持点後方にあるコネクタ箇所では、金具の前方で摩耗が進行しており、金具の質量によりトロリ線が垂下していることなどが要因として考えられる。

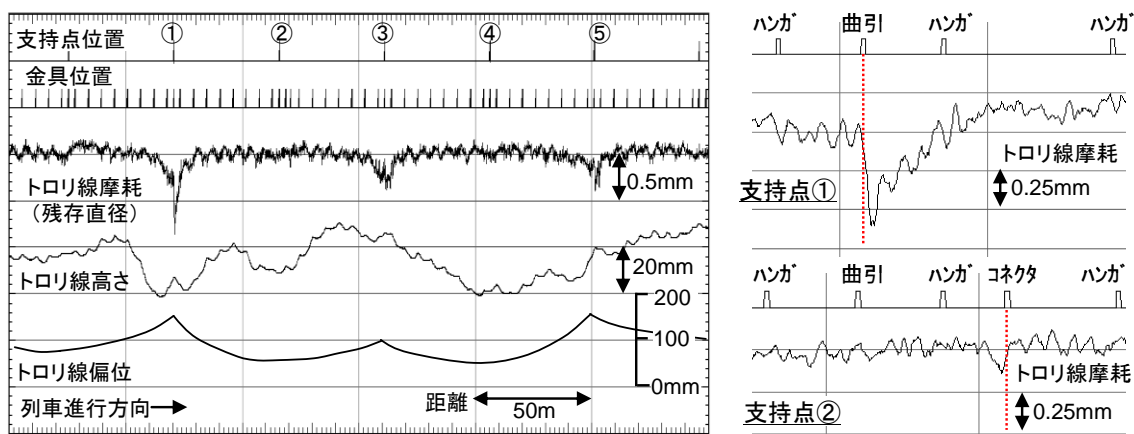


図1 支持点箇所の摩耗特性例 (ヘビーコンパウンド架線)

図2に、支持点①の前後1径間内における偏位と摩耗率の関係を示す。ここでの摩耗率は、このドラムの平均値を1とした相対値（摩耗断面積の比）である。支持点の前方、後方ともに偏位150mm程度から摩耗率が上昇し、支持点の前方では最大2.4倍、後方では最大4.1倍となっている。トロリ線の摩耗進行度は、しゅう動面の潤滑状態などの差により偏位150mm程度以上で大きくなることが知られており、支持点①付近では、2倍程度までが偏位が大きいことによる影響であり、前後の最大値である2.4倍と4.1倍の差が接触力増大による影響であると推測される。

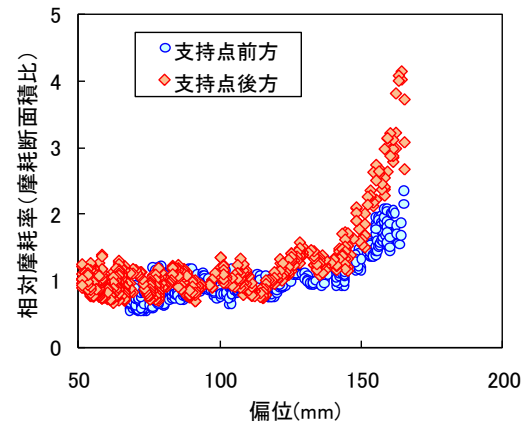


図2 支持点①付近の偏位と摩耗率の特性  
(ドラムの平均値を1とした相対値)

## 2.2 新しい支持点構造のねらい

一般に、接触面の摩耗は固体同士の微少な接触面に生じる凝着結合が、接触面の移動時にせん断されることにより起こる凝着摩耗であるとされており、摩耗量は接触面の荷重、すなわち接触力に比例すると考えられる。偏位が150mm程度より大きい箇所は、一般箇所と比べ平均的な摩耗率が高いことが知られており、接触力の大きさが同じでも摩耗進行度が大きくなると考えられる。支持点箇所の摩耗進行は、①偏位が大きいことにより一般箇所より平均的な摩耗率が大きいことに加え、②トロリ線の引き上がりなどによる過大な接触力が発生しやすいため引き起こされると考えられる。

以上の観点から、新しい支持点構造は、①支持点におけるトロリ線の引上量を緩和することを主目的として開発し、その効果を確実に発揮出来るように、②高さや偏位を精密かつ容易に調整出来る機構を付加することとした。調整可能幅は現状設備の不整量等を考慮して±30mmとした。なお、高さや偏位の調整は、必要により線区条件等を考慮して実施可能な場合に行うものである。

## 3. 集電特性の検討

支持点における引上力の影響や新しい支持点構造に必要な仕様を検討するため、架線・パンタグラフ系のシミュレーションにより、曲線引金具の引角度や質量が集電特性に与える影響を検討した。電車線方式は高速区間用のヘビーコンパウンドとし、パンタグラフ定数は新幹線用シングルアームの平均的な値を用いた。線路条件は直線（1径間半サイクル）および曲線とし、曲線半径は速度制限ほぼ無くなる3000mとした。結果の一例として、図3に接触力最大値の速度特性を示す。曲線引金具（主アーム）の等価質量を1kg、引き角度を9°程度とすると、想定した線路条件においても安定した特性を示している。

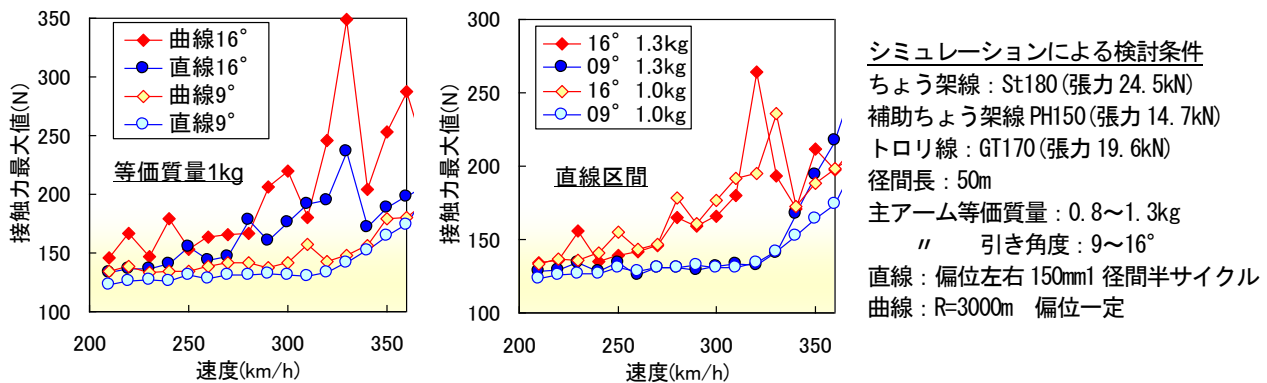


図3 接触力最大値の速度特性

これらの検討結果から、新たに開発する支持点構造の金具引き角度は $9^\circ$ とし、等価質量は300km/h超域での使用を前提とした金具は1.0kg程度を目標とした。これらは、一般的なブラケット構造に取付可能な寸法や部材の強度確保等の面も考慮している。

#### 4. 支持点構造の試作試験




試作試験は、ヘビーコンパウンド架線およびシンプル架線用のI、O両タイプの合計4種類について行った。概観を図4に示す。ちょう架線支持金具とアーム支持金具に高さ・偏位を調整できる機構を設けている。ブラケットは従来品と大きな変更点はないが、偏位方向の調整幅を設けるため水平部分を従来品より拡大している。表1に曲線引金具（主アーム、補助アーム）の仕様を示す。現状の営業速度で用いることを想定したパイプ形状と、300km/h超域での使用を想定したH型形状の2種類を試作した（図4）。引き角度を $9^\circ$ に低減するため、長さは従来品より50~100mm程度長くしている。パイプ形状は、従来品と同様にアーム部にアルミパイプを、支持部とイヤータ取付部にアルミ青銅を用いており、強度向上のため等価質量増加が問題無い範囲でアルミパイプを太径化している。

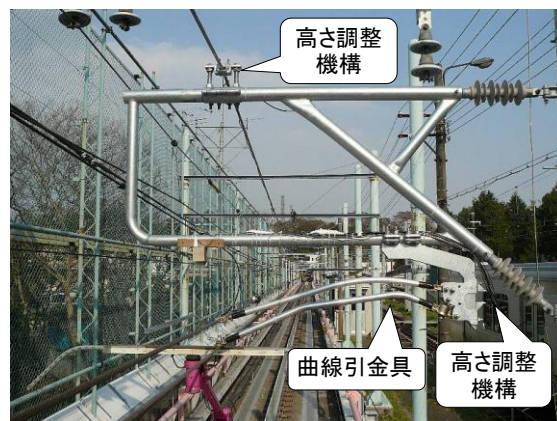
H型形状は、等価質量を軽減するため、アルミ合金の一体成形としイヤータ取付部のアルミ青銅部分を不要とし、強度向上のため断面形状をH型としている。

これらの試作品について機能仕様書に基づく試験（荷重試験、耐久試験等）を実施し、仕様を満足することを確認した。

また、破壊荷重試験を実施し、従来品と同等以上の耐荷重があることを確認した。試作したこれらの金具は、ヘビーコンパウンド架線における強度上の規格値を満足しており、高速シンプル架線にも用いることが出来る。

表1 曲線引金具の仕様

仕様		現状品		開発品 (シンプル、コンパウンド 共用)	
		シンプル	コンパウンド	パイプ形状	H型形状
材料・構成 (イヤータは全品同一品)		アルミパイプとアルミ青銅の組合せ		同左アルミパイプを太径化	H型形状アルミ合金の一体成形
アーム部断面形状					
長さ (m)	主アーム	1200	1150	1250	1250
	補助アーム	-	1084	1200	1218
等価質量 (kg)	主アーム	1.16	1.10	1.28	0.97
	補助アーム	-	0.73	0.94	0.73
引き角度 (°)		12	16	9	9



Iタイプブラケットとパイプ形状金具



OタイプブラケットとH型形状金具

図4 支持点構造の概観（コンパウンド用）

#### 5. 現地検証試験

新しい支持点構造（曲線引金具はパイプ形状）を新幹線の営業線に試験架設して集電特性を確認した。測定項目は支持点押上量とトロリ線の応力で、応力測定点は主に支持点後方の摩耗進行箇所とし（図5）、従来の支持構造（曲線引金具引き角度が $16^\circ$ ）の特性と開発した支持構造（引き角度 $9^\circ$ ）に変更後の特性を比

較した。

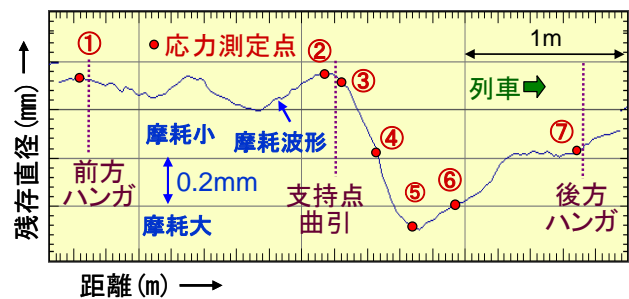
図6に応力の測定結果を示す。支持構造変更前は、支持点後方の摩耗進行箇所ほど大きな応力が発生する傾向がある。これに対して、支持構造変更後は変更前に比べて応力の最大値が低減して平均化していることが確認できる。各測定点における1パンタグラフ当たりの応力換算値（通過列車と停車列車の平均値に列車本数の割合を乗じて算出）を用いると、図7のように支持構造変更前の応力値と測定点におけるトロリ線の摩耗率は強い相関があることが示される。この回帰線により、支持点構造変更後の応力最大値から摩耗率を推定すると、今回の試験箇所では、20%程度摩耗率が改善するものと予測される。

なお、支持点押上量は変更前後とも最大20mm程度で差無く、目安値である100mmに対して十分低い値であった。

## 6. まとめ

新幹線の支持点近傍で発生しやすいトロリ線の局部摩耗を低減するため、摩耗の進行要因や低減方法を検討して新しい支持点構造を開発し、営業線での検証試験等によりその効果を確認した。その結果は以下の通りである。

- (1) 支持点の後方で発生しているトロリ線の摩耗進行は、①偏位が大きいことにより一般箇所より平均的な摩耗率が大きいことに加え、②トロリ線の引き上がりなどによる過大な接触力が発生しやすいため引き起こされると考えられる。
- (2) 曲線引金具の引き角度の低減が支持点近傍の集電特性の改善に効果があり、高速域ではそれに加えて金具の等価質量が小さいことが望ましい。
- (3) トロリ線の引き上げを緩和するため、支持点高さの不整や偏位を容易に調整できる機構を備え、引き角度を9°に低減した支持点構造を開発し、営業線において効果を検証した。



線区条件、測定条件

- ・ベールコンパクト架線 トロリ線 GTSn170
- ・径間長約45m 曲線路 (R=4000m)
- ・直近駅通過：約230km/h 停車：約150km/h
- ・2パンタグラフ走行
- ・小弧面上のひずみ測定による引張方向応力

図5 トロリ線摩耗状態と応力測定位置

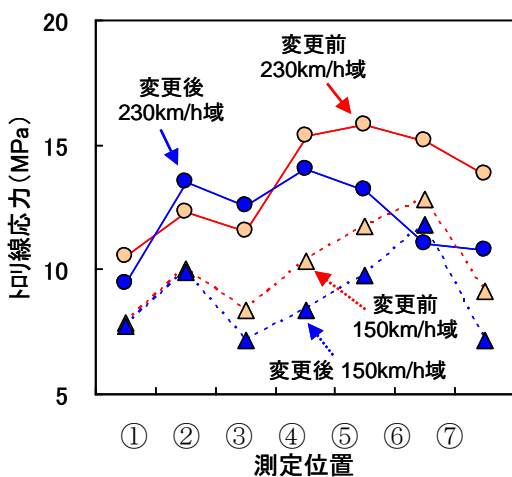


図6 応力測定結果  
(変更前後の比較、2個パンタ平均値)

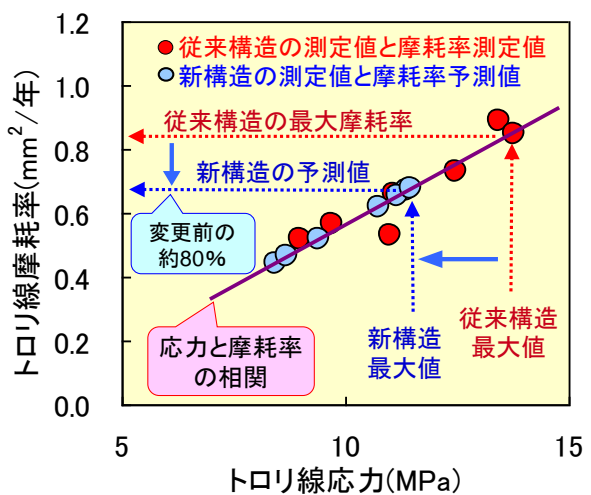


図7 変更前後の応力比較と摩耗率予測