

## 銅架台剛体電車線における 1 パンタグラフ走行対策

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

### 1. はじめに

剛体電車線区間では、多くの線区で離線の影響を考慮して一両に搭載した 2 つのパンタグラフを高圧母線で連結し、集電(2 パンタグラフ走行)している。一方で、カテナリ区間では 1 つのパンタグラフだけで集電(1 パンタグラフ走行)する線区もあり、このようなカテナリ区間と剛体電車線区間を有する線区で車両が乗り入れを行うと、剛体電車線区間の前後の駅において、1 パンタグラフ走行から 2 パンタグラフ走行またはその逆への切り替えが行われることになる。このような場合、車両運行の効率化が損なわれるだけでなく、他線区からの車両の乗り入れの障害ともなる。

剛体電車線区間における離線対策として、トロリ線に生じる波長 60mm のすり板間隔に起因した波状摩耗にはしゅう動面の切削が、波長 200mm の伸直器の使用に起因した凹凸ならびに波長 400mm のイヤールト間隔に起因した凹凸には横巻きトロリ線が使用され、これらの効果をより高める方法としてすり板の固形潤滑剤に純カーボンを使用することが実施されている例がある。これらは比較的継続時間の短い離線対策である。剛体電車線区間の 1 パンタグラフ走行において、電力供給の観点から懸念されることは、比較的長い継続時間の離線が発生することによる車内停電である。このような継続時間の長い離線は、径間長程度の波長(5m)の凹凸で発生すると考えられる。

本発表は、自重によるたわみから径間長程度の波長の凹凸が大きくなりやすい既設の銅架台剛体電車線区間において 1 パンタグラフ走行を実現することを目標として、銅架台剛体電車線区間を車両が走行した場合の離線発生状況や剛体電車線の架設状況の測定、それを基にした 1 パンタグラフ走行に向けた対策方法の検討ならびにその対策の効果について報告するものである。

### 2. 集電性能ならびに剛体電車線架設状況の測定

#### 2. 1 試験条件

銅架台剛体電車線区間における現状の離線発生状況を調査するために、既設区間を走行する営業車と同じ構成である 1 ユニットが高圧母線を介して 2 つのパンタグラフに結合している 2 編成(A 編成ならびに B 編成)を連結した列車で走行試験を実施した。この試験では、2 つのパンタグラフを高圧母線により結合して電力をユニットへ供給する場合を 2 パンタグラフ走行、高圧母線を切り離して走行する場合を 1 パンタグラフ走行と呼ぶことにする。なお、A 編成には舟体が舟支えと微動ばねで結合され、2 本の舟体がそれぞれ独立して動くことのできる構造(独立舟構造)で、金属すり板を有するパンタグラフ A が搭載されている。また B 編成には 2 本の舟体が剛な枠で結合されている構造(一体舟構造)でカーボン系すり板を有するパンタグラフ B が搭載されている。

#### 2. 2 試験結果

図 1 に 2 パンタグラフ走行と 1 パンタグラフ走行の最大離線時間を示す。2 パンタグラフ走行時の離線とは、2 つのパンタグラフが同時に離線した場合を意味するため、1 パンタグラフ走行時の離線より、離線率ならびに最大離線時間ともに低くなる。この試験において 2 パンタグラフ

走行は営業車両と同じ条件であり、現状で最大30msec程度の離線が試験走行を実施した線区において発生しているものと考えられる。そこで1パンタグラフ走行の際の最大離線時間は30msec以内を目標とした。1パンタグラフ走行の結果から、同線区を1パンタグラフで走行すると、パンタグラフAで最大約50msec、パンタグラフBで最大約70msecの離線が発生する。ただし、パンタグラフAで発生している区間3における約50msecの離線、ならびに次に大きな区間14における約34msecの離線は、移動架線と呼ばれる単径間のオーバーラップ箇所が発生している。ここをパンタグラフが滑らかに移行できるように改修することで最大離線時間を大幅に下げることが可能である。例として、1パンタグラフ走行時の移動架線箇所を除いたパンタグラフAの最大離線時間を算出すると、図中の数値で示す値が最大離線時間となる。一方で、パンタグラフBは多数の区間で30msecを超えていることがわかる。図2に1パンタグラフ走行時の区間6における平均速度70km/hでの離線測定結果と剛体電車線の架設状況測定結果を示す。パンタグラフBの離線は、比較的継続時間の長いものが多く発生しており、剛体電車線の径間長に一致する波長5m程度で凹凸の大きい箇所に発生する傾向にあった。

以上から現状の設備ならびにパンタグラフで1パンタグラフ走行を実施すると、パンタグラフA、Bともに最大離線時間が長くなるものの、移動架線の改修によってパンタグラフAの最大離線時間を30msecに抑えることが可能である。しかし、パンタグラフBは多くの区間で最大離線時間が30msecを越えており、特に剛体電車線の径間長程度の凹凸の大きい箇所で大きな離線が発生する傾向にあるため、このような凹凸を低減させる必要がある。なお、パンタグラフBをパンタグラフAに変更することは、対策の1つであるものの、トロリ線の摩耗率の観点から可能な限りカーボンすり板を使用することが望ましい。そこでカーボンすり板を搭載したパンタグラフBで剛体電車線区間を1パンタグラフ走行できるような方法を検討することにした。

### 3. 銅架台剛体電車線側の対策の検討とその効果

図3に区間6の径間長4~5mにおける実測したたわみ分布を示す。この区間においてたわみの平均値は3.4mmであり、両端固定梁の計算式から得られる値(2.2mm)に比べて1.5倍程度大きくなっている。またたわみのばらつきが大きいこと、比較的大きなたわみ(5~6mm)が発生していることも特徴である。そこで、銅架台剛体電車線の凹凸低減のために、剛体電車線のたわみ量を低減することを目指し、剛体電車線たわみ低減部材を開発した。

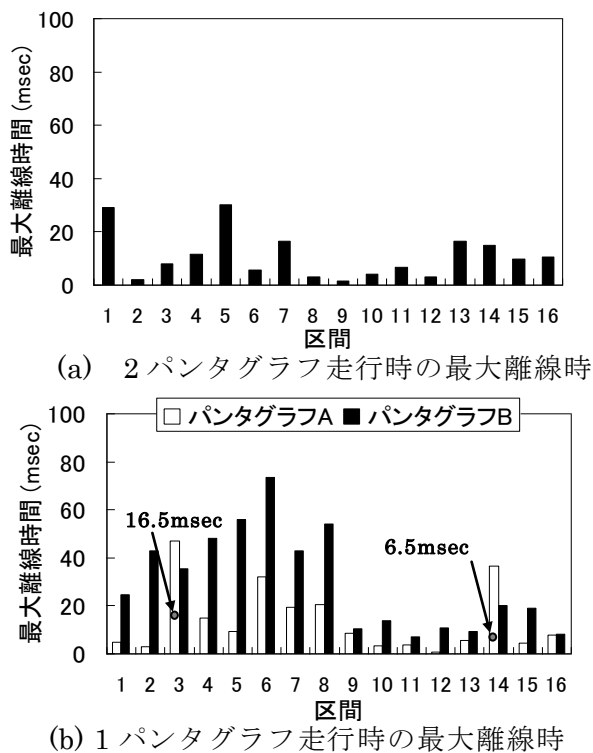


図1 剛体電車線区間における最大離線時間

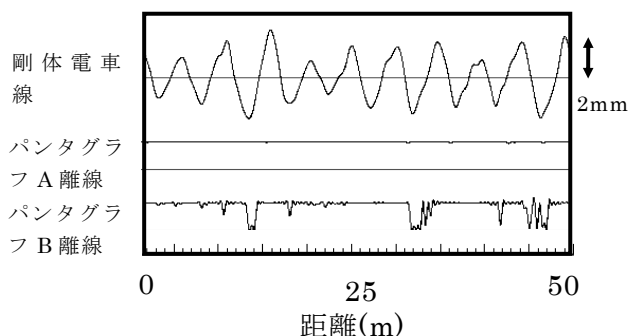


図2 離線結果と剛体電車線架

たわみ低減部材の形状は、部材の汎用品の中でも断面二次モーメントが大きくできる角管とした。また、たわみ低減効果の確認は、鋼（ステンレス）ならびにアルミニウム製の部材について全長35mの模擬架線を実施している。図4

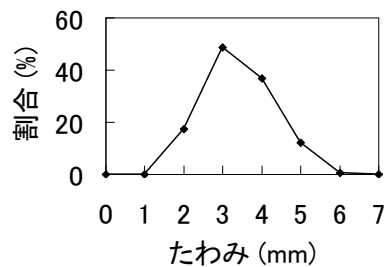


図3 区間6におけるたわみ分布

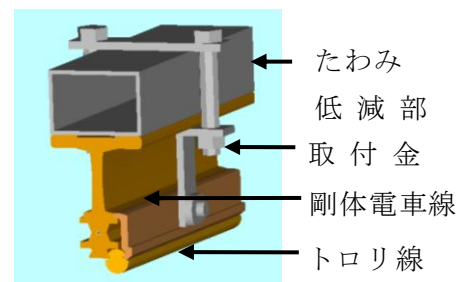
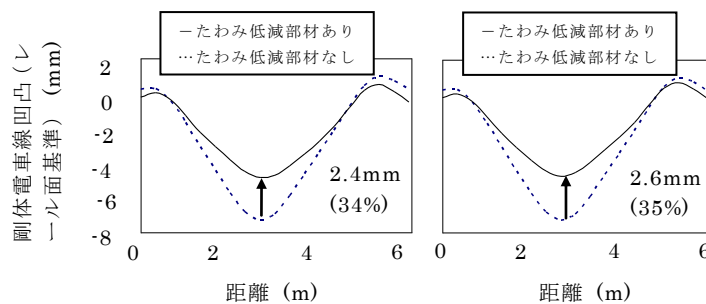


図4 たわみ低減部材取付

にたわみ低減部材の取付例を、図5に模擬架線におけるたわみ低減部材の効果を確認した結果を示す。この結果からアルミニウムおよびステンレスのたわみ低減部材は、どちらもたわみを30%程度低減することがわかる。そこで、アルミニウムを用いたたわみ低減部材の方がステンレスを用いたものより軽量であること、安価であることから、たわみ低減部材の材質にアルミニウムを用いることにした。



(a)アルミニウム (b)ステンレス

図5 各たわみ低減部材を用いたたわみ低減効果

#### 4. 改良パンタグラフの開発と特性の確認

図6に改良パンタグラフの概略を示す。現車試験結果より、一体舟構造よりも独立舟構造の方が最大離線時間が短かったこと、および今後の揚力調整として天井管の位置を上方へ変更する可能性を見込んで、改良パンタグラフに独立舟構造を採用することとした。図7に改良パンタグラフの追随振幅特性を示す。比較のためにパンタグラフAおよびBの追随振幅特性も示す。改良パンタグラフの追随振幅特性は、パンタグラフBの極小値付近で大幅に改善されていることがわかる。

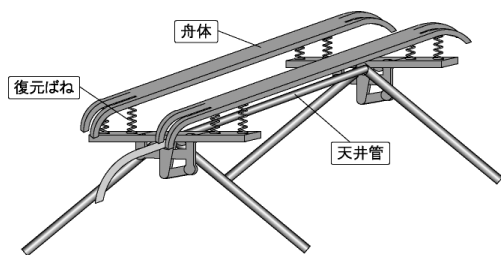


図6 改良パンタグラフ概略図

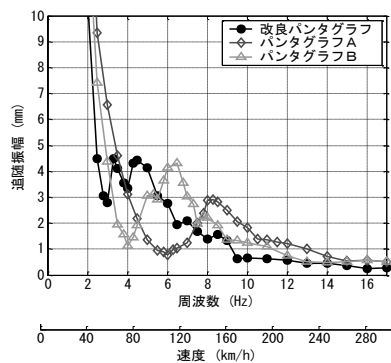


図7 追随振幅特性

#### 5. 改良パンタグラフを用いた走行試験結果

集電試験装置においてカテナリ電車線ならびに剛体電車線におけるパンタグラフ A, B, 改良パンタグラフの集電性能の比較、ならびに剛体電車線に凹凸を付加した状態における各パンタグラフの集電性能の比較を行った。

図8にシンプルカテナリ架線の走行試験結果を示す。営業車のカテナリ区間における最高速度130km/h以下では、パンタグラフ A, B, 改良パンタグラフともに、ほぼ同等の集電性能である

といえる。図 9 に支持点間隔 5m の剛体電車線区間における走行試験結果を示す。パンタグラフ B では、追従振幅の谷の周波数に対応する 80km/h 付近において離線率が非常に高くなっているのに対し、改良パンタグラフでは離線率が大幅に低減されている。図 10 に剛

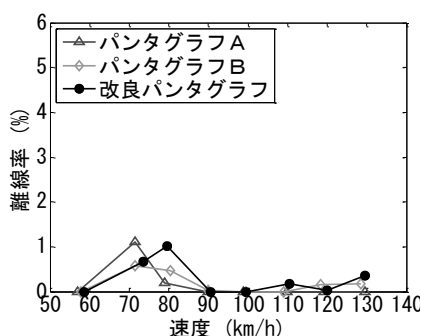


図 8 シンプルカテナリ架線走行試験結果（離線率）

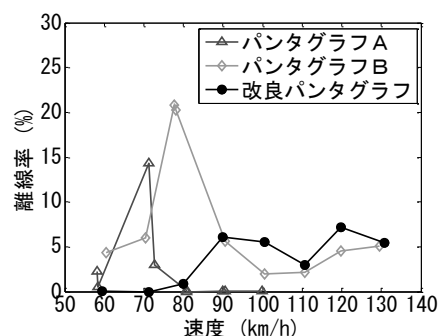


図 9 剛体電車線走行試験結果（離線率）

体電車線へ鉛直下向きに荷重を加えて約 2~8mm の凹凸を剛体電車線に付加した後に、改良パンタグラフを通過させて最大離線時間を測定した結果を示す。改良パンタグラフは、凹凸が 6~8mm 付近で 30msec 以上の最大離線時間が発生する。したがって、剛体電車線の凹凸が 6mm 以上の箇所にはたわみ低減部材を取付けることで、離線時間を目標の 30msec まで低減させることが可能である。

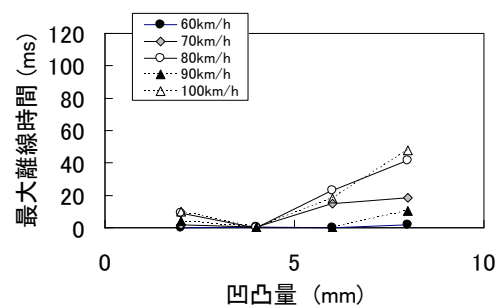


図 10 凹凸付加時の改良パンタグラフの最大離線時間

## 6. まとめ

銅架台剛体電車線区間における 1 パンタグラフ走行に向けた検討を実施した。各種の試験ならびに検討から以下のことがわかった。

- ① 試験走行区間における 2 パンタグラフ走行(営業車と同じ条件)での最大離線時間は約 30msec である。
- ② 現状の設備およびパンタグラフで 1 パンタグラフ走行をすると、パンタグラフ A で最大 50msec、パンタグラフ B で最大 70msec の離線が生じる。  
以上の結果からパンタグラフ B の離線低減を目的に剛体電車線の凹凸低減ならびにパンタグラフ B の集電性能向上が必要であることから以下の開発ならびに試作を行った。
- ③ 剛体電車線の凹凸を低減する目的として、アルミニウム製で角管形状のたわみ低減部材を開発した。またこれを用いることで剛体電車線の凹凸は 30%程度減少させることができる。
- ④ パンタグラフ B の集電性能向上のため、改良パンタグラフを試作した。改良パンタグラフは、パンタグラフ B と比較して約 3.0~5.0Hz の追従振幅値を向上させることができる。
- ⑤ シンプルカテナリに対する走行試験において、改良パンタグラフの離線率は営業車の速度域である 130km/h 以下でパンタグラフ A および B とほぼ同等であった。
- ⑥ 剛体電車線に対する走行試験において、改良パンタグラフの離線率は営業車の速度域である約 90km/h 以下でパンタグラフ B よりも減少していることを確認した。
- ⑦ 改良パンタグラフは 6~8 mm の凹凸があると、現状の営業線区で生じている離線時間を上回る離線を生じるが、このような箇所にはたわみ低減部材を取付けることで現状の営業線区と同程度の最大離線時間に抑えることが可能である。

## 文 献

- 1) 清水政利、原田智、大矢明憲、徳田浩一郎：剛体電車線のしゅう動面凹凸低減による波状摩擦対策、鉄道総研報告、Vol.20、No.9、pp.35~40、2006