

S2-4-6

剛体電車線の波状摩耗の低減について

[電] ○中村 悦章 [電] 久保 吏 森兼 利治 [電] 石井 順 (西日本旅客鉄道(株))
[電] 清水 政利 ((財)鉄道総合技術研究所)

A Study on Quality Improvement of Undulating Wear on Overhead Rigid Conductor Line
Yoshiaki Nakamura, Tsukasa Kubo, Toshiharu Morikane, Jun Ishii (West Japan Railway Company)
Masatoshi Shimizu (Railway Technical Research Institute)

Because of the simple structure and maintenance-free characteristic, overhead rigid conductor lines are often adopted at underground or tunnels. In the case of type-T copper rigid conductor line of JR West Tozai Line, undulating wear with an interval of about 60 mm was found on the sliding surface of the contact wire. Such wear will be a cause to prevent speedup while increase maintenance cost for contact wires. This paper describes an investigation of the cause, and proposes a countermeasure to improve the quality of type-T rigid conductor line.

キーワード：剛体電車線、トロリ線、波状摩耗

Keyword: Rigid conductor line, Contact wire, Undulating wear

1. はじめに

剛体電車線はカテナリ架線に比べて、摩耗による断線の恐れが無く設備の信頼性が高い、設備高さ(架高)を小さくできるためトンネル断面を縮小できる等の有利な特長があり、地下区間やトンネル区間等で採用されている。

JR 東西線では、腐食環境での使用を考慮して、従来のアルミ架台方式に代えて銅架台方式の剛体電車線を採用しており、平成9年の開業以来、良好な設備状態を維持してメンテナンスの軽減に寄与している。しかし、駅出発区間等の一部でトロリ線のしゅう動面に波状摩耗の発生が確認されており、パンタグラフすり板やトロリ線の摩耗進行を助長する要因となっている。このため、更なるメンテナンス性の向上を目的として、波状摩耗の発生機構とその抑制対策の検討を行った。

2. T型銅架台剛体電車線の概要

現在、最も一般的に使用されている剛体電車線は、T型アルミ架台剛体電車線であり、東京メトロを始めとして多くの線区で採用されている。しかし、JR 東西線のような海岸近くの線区では、漏水による腐食が懸念されたため、JR 西日本では、架台に銅を採用したT型銅架台剛体電車線を開発した¹⁾。この剛体電車線は、架台自身が腐食に強いことに加えて、架台、長イヤー、トロリ線とも全て銅製であるため異金属の接触が無い、アルミ架台では溶接方式であった接続方式をボルト接続としたなど、耐食性、施工性に優れた特長を持っている(図1)。

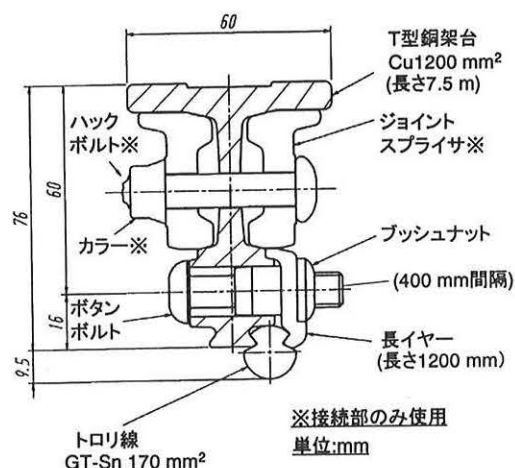


図1 T型銅架台剛体電車線の構造

3. 波状摩耗の概要と発生機構

波状摩耗は、駅出発付近の力行区間に発生しており、その発生状況は図2に示す通りである。トロリ線のしゅう動面には、アークにより損耗した黒色の谷部と光沢のある山部が交互に現れており、その間隔は約60mmである。このような波状摩耗は、在来線直流区間のカテナリ架線で発生している波状摩耗と同一の形態であり、その発生機構はパンタグラフすり板の間隔と固形潤滑剤の乗り上げ現象から説明されている²⁾。

図3に、従来から提案されている波状摩耗の発生機構と対策²⁾の概要を示す。金属すり板を使用した一般的なパンタグラフは、一つの舟体に64mm間隔で2列のすり

板を備えており、しゅう動面に潤滑成分供給してトロリ線の摩耗を低減するため、その間に固形潤滑剤が挿入されている。

図3の(a)でトロリ線と接触していたすり板が移動し、(b)のように、固形潤滑剤が山部に乗り上げると離線によるアーキが発生し、トロリ線が損耗することにより波状摩耗が進行する。この対策として、片方の舟体の固形潤滑剤を取り外すことにより離線アーキを防止する方法が、カテナリ架線における対策として効果を上げている。

この機構は波状摩耗が形成されてからの進行原因を説明しているが、発生初期段階の原因として、波状摩耗形成以前のトロリ線の微小な凹凸による離線、パンタグラフの摩擦振動による離線等が推定されている。

なお、このような波状摩耗はT型銅架台剛体特有のものではなく、種々の形式の剛体電車線でも発生が確認されている。

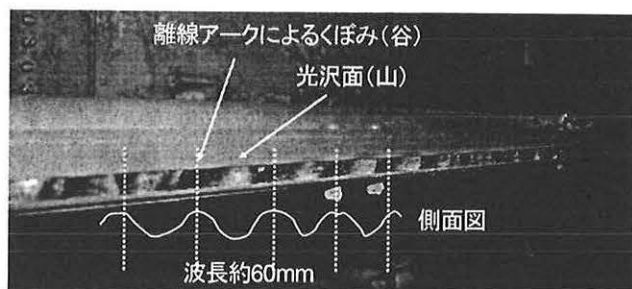


図2 波状摩耗の発生例

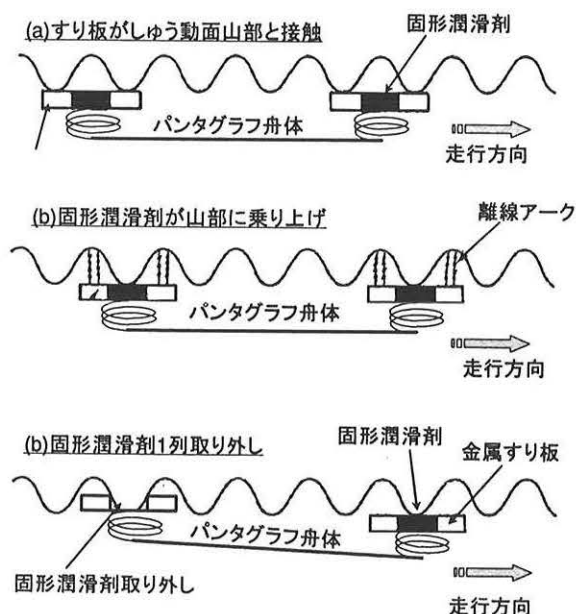


図3 波状摩耗の発生機構と従来の対策

4. 剛体電車線しゅう動面の微小凹凸

JR 東西線においても、片方の舟体の固形潤滑剤を取り外す対策が採られているが、カテナリ架線のように効果を上げていない。この原因として、剛体電車線はカテナリ架線のようにトロリ線がパンタグラフに追従する性能が無いため、トロリ線しゅう動面の微小凹凸が離線に及ぼす影響が大きいことが考えられる。

JR 東西線においてトロリ線しゅう動面の凹凸を測定した結果、波長約400mmと約200mmの凹凸が卓越して発生していることが確認された。波長400mmはトロリ線を把持するボルト間隔に相当し、200mmは伸直器のローラーの円周長に相当する。伸直器とは、張替などでドラムに巻かれたトロリ線を延伸する際に、巻き癖を取り除いて伸直する装置である(図4)。

伸直器の使用がトロリ線のしゅう動面凹凸に及ぼす影響を調べるため、表1に示す条件でトロリ線を架設し、凹凸を比較した。剛体電車線では、一般的に縦巻きトロリ線に伸直器を使用して張り替えられている。JR 東西線では、建設当初は横巻き、現在は縦巻きを主に使用しているが、いずれも伸直器を使用している。

測定方法を図5に示す。この方法は、軌道の検測に用いられる弦正矢法であり、横方向からトロリ線しゅう動面の変位をレーザセンサで測定し、3点の変位から凹凸を換算して出力する。弦正矢法は、波長が弦長に近いほど検出感度が高いため、今回は4個のレーザセンサを用いて弦長80mm(波状摩耗に使用)と160mm(波状摩耗以外の凹凸に使用)の測定を行った。

図6に凹凸の測定結果、図7にパワースペクトル密度の比較を示す(弦長160mm)。伸直器を使用した場合は、波長400mmと200mmが卓越して形成されている。この結果は東西線における測定結果と一致しており、波状摩耗の発生を助長する原因の一つと考えられる。

表1 凹凸の比較条件

	条件(a)	条件(b)	条件(c)
トロリ線		GT-Sn170	GT-Sn170
巻き方向		縦巻き	横巻き
伸直器		使用	不使用
記事	架台のみ	一般条件	

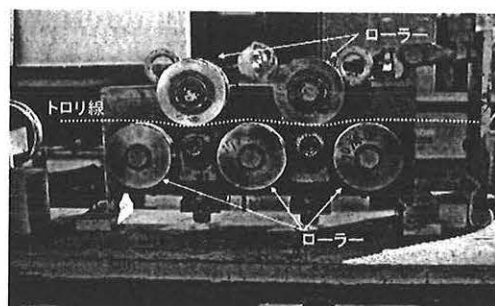


図4 伸直器の概要

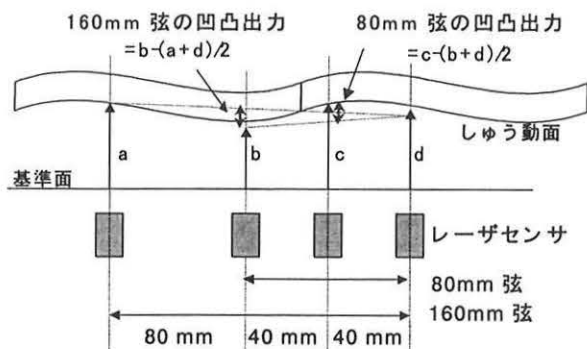


図5 凹凸測定方法

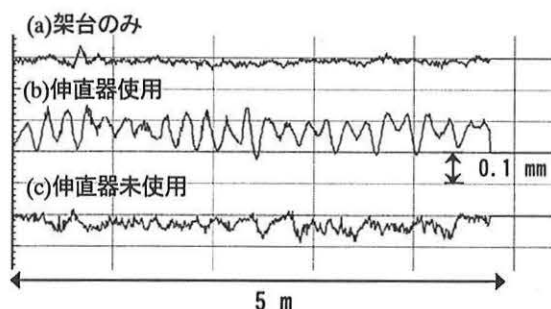


図6 凹凸測定結果

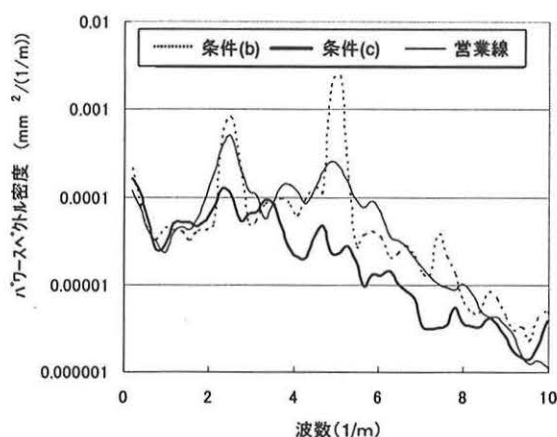


図7 パワースペクトル密度の比較

5. しゅう動面切削による波状摩耗低減対策

5.1 凹凸の低減効果

波状摩耗とその助長原因となるしゅう動面凹凸を切削して、抑制効果を確認した。図8にしゅう動面切削機の概観を示す。この装置は、砥石によりしゅう動面を切削して平滑化する装置であり、軌陸車などに搭載して使用する。切削は、波状摩耗が発生している区間を2箇所選定（区間1、2）し、それぞれ100m程度の区間で行った。

図9に測定波形の推移、図10、11にパワースペクトル密度の推移を示す。図9は弦正矢法による測定ではな

く、800mmの直線基準上をレーザ変位計が移動することにより凹凸を測定する測定器による実凹凸波形である。

波状摩耗に相当する波長60mm（波数16.6）および伸直器により形成される波長200mm（波数5）前後の凹凸は、切削前に比べて切削後に低減し、24ヶ月後も良好な状態を維持しており、しゅう動面切削が波状摩耗の抑制に効果があることが確認された。

なお、これらの測定結果区間2の結果であり、切削量が少ない区間1は、切削後は良好な状態であったが、時間の経過とともに波状摩耗の再形成が確認された。波状摩耗抑制に対する適正な切削量は今後の検討課題である。

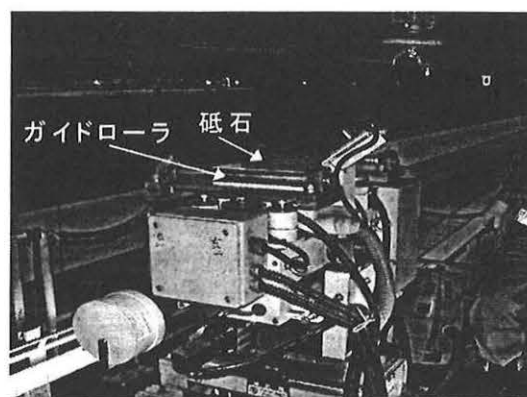


図8 しゅう動面切削機の概観

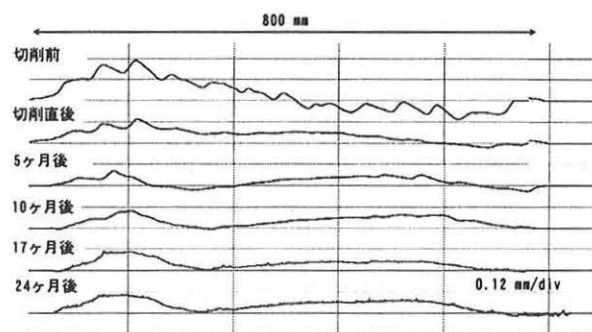


図9 しゅう動面凹凸の推移

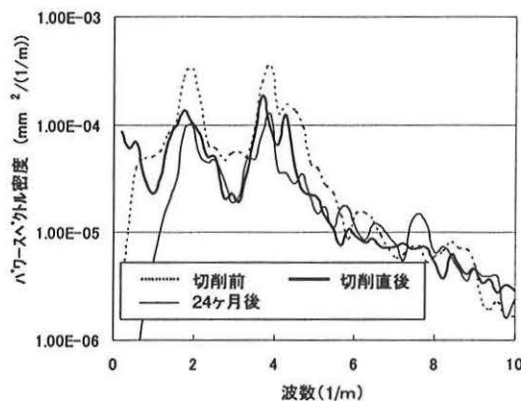


図10 しゅう動面凹凸の推移（160mm弦）

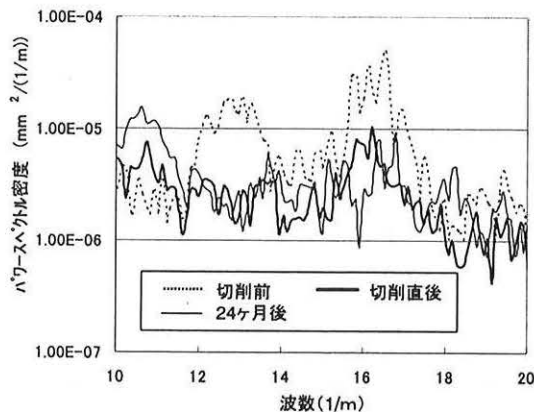


図 11 しゅう動面凹凸の推移 (80mm 弦)

5.2 離線の低減効果

しゅう動面切削による離線低減効果を確認するため、試験列車により離線率を測定し、切削の前後で比較した。図 12 に測定概要を示す。測定方法は離線アーク光を測定する光学式、無負荷パンタグラフの電圧を測定する分圧式の 2 方式とした。光学式離線測定法は、測定器の応答速度が速く、1ms 以下の離線も検知可能であるが、集電電流値に影響される。無負荷パンタグラフの分圧式離線測定法は、集電電流値の影響は無いが、測定できる離線は 4ms 程度以上である。

図 13 に切削前の離線率に対する切削後の離線率の低減割合を示す。しゅう動面凹凸が原因となって発生する離線は小離線であり、光学式離線の低下率が高いことから、しゅう動面切削による離線低減効果があると判断できる。

6. まとめ

T 型銅架台剛体電車線に発生する波状摩耗の発生機構と抑制対策を検討した。その結果は次の通りである。波状摩耗の波長は約 60mm であり、直流区間のカテナリ架線に発生している波状摩耗と同様な形態である。

- (1) 剛体電車線においては、伸直器の使用による形成されるしゅう動面凹凸が、波状摩耗発生 of 助長要因となっていると考えられる。
- (2) しゅう動面切削による凹凸抑制は、波状摩耗の抑制に効果がある。

今後は、伸直器の使用により形成される凹凸の発生機構と抑制対策、しゅう動面切削の効率化方法等を検討する予定である。

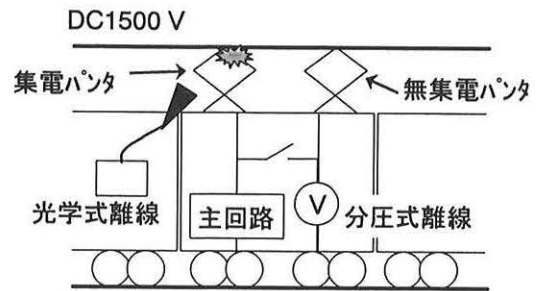


図 12 離線測定概要

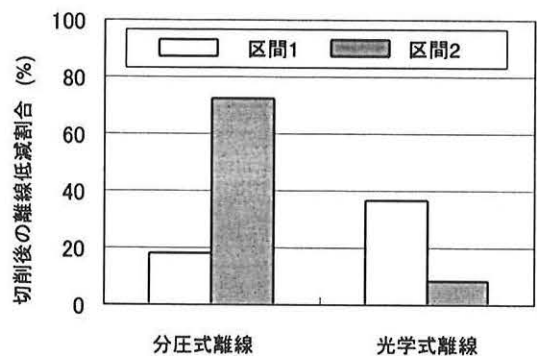


図 13 離線率低減割合

参考文献

- 1) 神林、他：銅系 T 型銅架台剛体電車線の速度性能試験、J-RAIL'94 講演論文集、1994.12
- 2) 網干、他：トロリ線の波状摩耗対策の開発（在来線）、鉄道総研報告、6 巻 7 号、1992.7
- 3) 清水、他：剛体電車線の離線低減方法の開発、鉄道総研報告、16 巻 6 号、2002.6