

2607 剛体電車線の波状摩耗除去による集電性能の改善

Improvement of Current Collection for Rigid Conductor Lines by Grinding Undulating Wear

正〔電〕 ○原田 智、 正〔電〕 清水 政利、 正〔電〕 萬代 毅

(鉄道総合技術研究所)

Satoshi Harada, Masatoshi Shimizu, Tsuyoshi Mandai
(Railway Technical Research Institute)

It is difficult for rigid conductor lines to follow the motion of pantographs, due to the lack of flexibility. This fault of rigid conductor lines tends to form undulating wear on the sliding surface so that the maintenance is required. We developed a device for grinding undulating wear to improve the quality of current collection, confirmed its effect through the test on commercial lines, and examined the spectrums of unevenness of sliding surface.

Keyword: rigid conductor line, undulating wear, sliding surface grinding, current collection, contact loss rate

1. はじめに

剛体電車線は、カテナリ電車線のように張力が作用していないため断線の恐れがなく、トロリ線などのしゅう動面における摩耗を大きく許容でき、メンテナンスを軽減できる有利な特長がある。

しかし、剛体電車線はその構造からパンタグラフに対する弾性がないため、しゅう動面に存在する微小な凹凸でも離線が発生しやすい。その離線に伴うアークによりトロリ線などのしゅう動面が融解した後続のパンタグラフに削り取られ、波状摩耗と呼ばれる凹凸を形成してしまう。この波状摩耗はトロリ線などのしゅう動面およびパンタグラフのすり板の摩耗を進行させ、メンテナンス上好ましくない。

筆者らは以前、剛体電車線の離線を低減するため、しゅう動面の凹凸を研削して平滑化する装置(図1)を開発した¹⁾。そこで、集電試験装置に剛体電車線を架設してパンタグラフを実際に走行させ離線を測定し、本装置により剛体電車線の離線を低減できることを確認した²⁾。このことから、本装置を用いることにより剛体電車線で離線が発生する機会が減り、結果的に波状摩耗の発生を抑制することが期待される。

そこで今回、営業本線の剛体電車線に生じている波状摩耗について本装置による抑制効果を確認した。実際の試験では、まず営業本線上でも本装置で研削が可能であることを確認し、研削後に走行試験を実施し離線率等を測定した。また、しゅう動面の凹凸測定を継続的に実施し、効果を確認したので以下に報告する。

2. しゅう動面研削作業

今回研削作業を実施した線区は、T型鋼架台剛体電車線を架設している地下鉄区間である。研削した区間は、波状摩耗が比較的顕著に発生している駅発区間の2箇所、それぞれ約100mである(表1)。研削作業は1晩につき1箇所ずつ、営業運転終了後の夜間作業時間帯に実施した。実際の作業は、軌陸車の作業台に研削装置を載せ、人が歩く程度の速度約4km/hで軌陸車を移動させ、研削区間を数回往復することにより実施した(図2)。なお、しゅう動面の適切な研削量を確認するため、研削区

間Aには粗い砥石、研削区間Bには細かい砥石を使用し、研削後の凹凸状態を測定した。

3. 研削直後のしゅう動面

研削作業前とその直後でしゅう動面の凹凸をレーザ変位計により測定した。5ヶ月後の凹凸状態については後述の5で議論する。

3.1 研削区間A

1箇所目の研削区間である研削区間Aの測定波形を図3に示す。研削前では、しゅう動面に波長約60mmの比較的振幅の大きな凹凸が顕著に見られる。この波長約60mmの凹凸は、パンタグラフのすり板間隔に起因する離線に伴うアークによる凹凸³⁾であり、波状摩耗による凹凸であると考えられる。

研削直後では、一部深く削り取られた箇所の凹凸が残っているが、波状摩耗の凹凸がよく取り除かれていることがわかる。

3.2 研削区間B

2箇所目の研削区間である研削区間Bの測定波形を図4に示す。研削前では、研削区間Aと比較して波状摩耗による凹凸は顕著でないが、波形右側に波長約60mmの波状摩耗による凹凸が見られる。

研削直後では、波形右側の波状摩耗による凹凸は取り除かれているが研削区間Aほどではなく、凹凸が若干残っていることがわかる。

以上のことから、研削作業によりしゅう動面の凹凸が除去されていることを確認した。ただし、研削に用いる砥石により得られるしゅう動面状態に差が見られた。

4. 電車走行試験

剛体電車線で発生する離線が研削後に低減していることを確認するため、走行試験を実施した。試験では営業運転に使用している車両を用い、各測定機器を取り付け試験車両とした。離線測定には離線に伴うアークを検出する光学式離線判別方式を用い、セクションなどの不連続箇所を除いた一般区間の離線率および最大離線継続時間を測定した。なお、測定に用いた試験車両はすり板にカーボンすり板を使用したパンタグラフを搭載している。

表 1 剛体電車線のしゅう動面研削箇所

区間	ドラム長	研削箇所	砥石
研削区間A	約270m	約95m	C60
研削区間B	約250m	約100m	C120

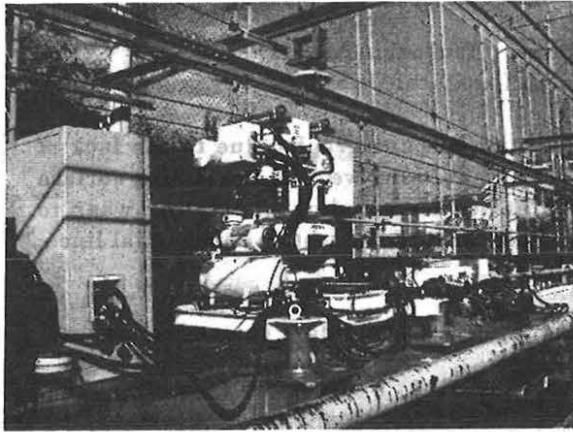


図 1 研削装置の外観

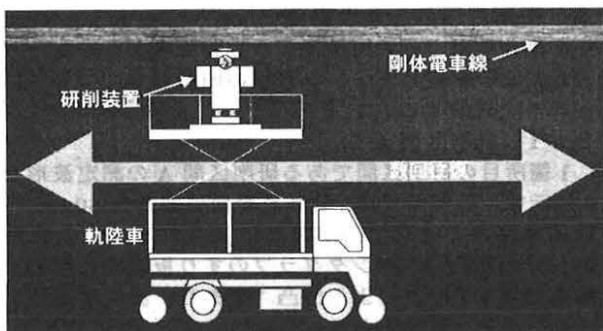


図 2 研削作業

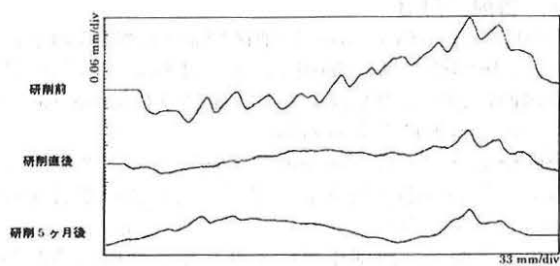


図 3 研削区間 A のしゅう動面凹凸波形

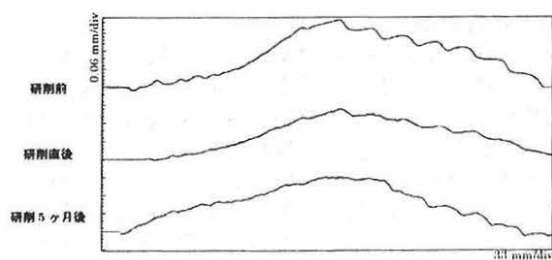


図 4 研削区間 B のしゅう動面凹凸波形

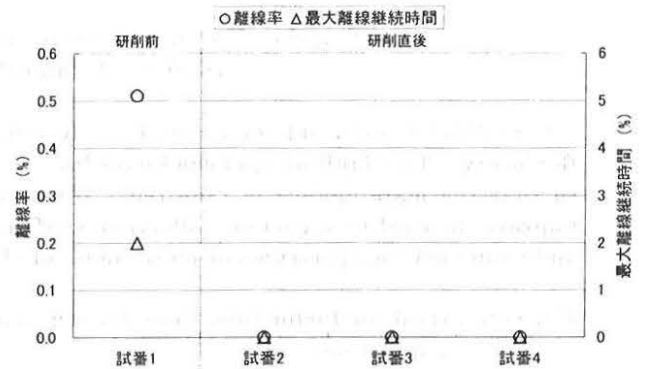


図 5 研削区間 A の離線測定結果

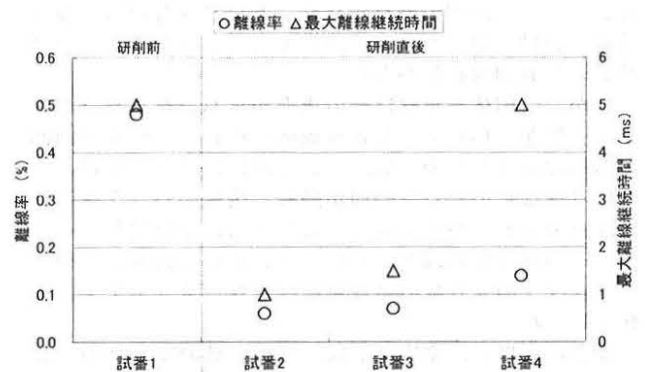


図 6 研削区間 B の離線測定結果

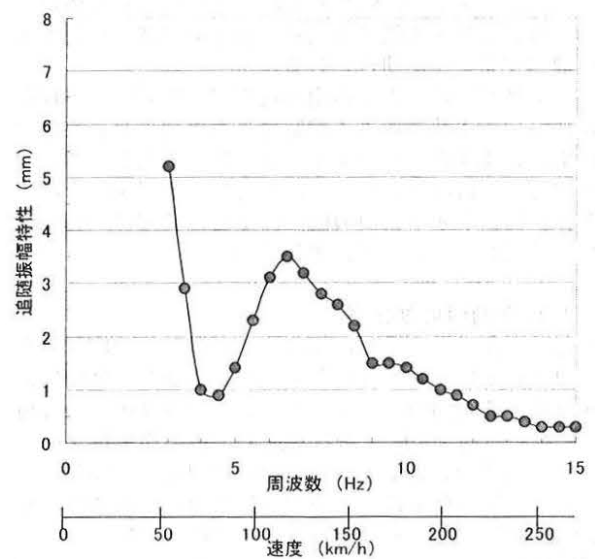


図 7 試験車両パンタグラフの追従振幅特性

4. 1 研削区間 A の離線測定

研削区間 A において、研削前後で比較した光学式離線測定の結果を、図 5 に示す。研削前が試番 1、研削直後が試番 2～4 となっている。なお、この区間における走行速度は 53～57km/h であった。

図 5 の各試番において試験車両は惰行しており、パンタグラフは補機電流のみ集電しているが、研削前では離線が発生し離線率が 0.51%、最大離線継続時間が 2.0ms となっている。一方、研削直後の各試番では離線が発生しておらず離線率が 0%、最大離線継続時間が 0ms という良好な結果が得られた。

これは図 3 の凹凸波形が示すように、この区間にあった波状摩耗の凹凸が研削作業により除去されたため、アーチを発生することがほぼなくなったことを示している。

4. 2 研削区間 B の離線測定

研削区間 B において、研削前後で比較した光学式離線測定の結果を、図 6 に示す。この区間における走行速度は 75km/h であった。

図 6 の各試番において試験車両は力行しており、研削前では離線率が 0.48%、最大離線継続時間が 5.0ms となっている。研削直後の試番 2 では離線率が 0.06%、最大離線継続時間が 1.0ms となり、研削前と比較して離線の発生が低減している。ただし、試番によっては最大離線継続時間が 5.0ms と大きくなることもあるが、これは試験車両のパンタグラフの追随性能によるものと考えられる。図 7 に試験車両のパンタグラフの追随振幅特性を示す。図 7 から、研削区間 A の速度 55km/h 付近は追随性能が高く、研削区間 B の速度 75km/h 付近は追随性能が最も低いことがわかる。

5. しゅう動面の凹凸経過測定

研削前後でしゅう動面状態を比較するため、しゅう動面凹凸を測定した。しゅう動面の凹凸は軌道分野において軌道狂いを検出する代表的な手法である正矢法を用い、研削区間約 100m を連続的に測定した。測定に用いた 80mm 弦正矢法は、パンタグラフのすり板間隔に起因する波状摩耗による凹凸の波長に近い波数成分を主に検出するための手法である。

5. 1 研削区間 A の経過測定

研削区間 A において正矢法を用いた凹凸測定の結果を図 8 に示す。図 8 は研削前、研削直後および研削約 5 ヶ月後の波形を示している。また、レーザ変位計によりしゅう動面を局所的に測定した波形を図 3 に示す。

図 8 の研削直後の波形から、波状摩耗による凹凸の振幅が大きい支持点 188～183 間で振幅が若干小さくなっており、支持点 181～175 間で振幅が大幅に小さくなっていることがわかる。研削 5 ヶ月後の波形から、波状摩耗による凹凸の振幅が支持点 185 付近で大きくなっているが、支持点 180～170 では研削直後の状態を維持していることがわかる。図 3 の研削直後と研削 5 ヶ月後の波形を比較しても波状摩耗による凹凸が新たに成長する様子は見られない。したがって、この区間のしゅう動面は良好な状態を維持していると考えられる。

5. 2 研削区間 B の経過測定

研削区間 A と同様に、研削区間 B において正矢法を用いた凹凸測定の結果を図 9 に、レーザ変位計により測定した波形を図 4 に示す。

図 9 の波形から、研削前は研削区間の全体に波状摩耗が生じていることがわかる。ただし、波状摩耗による凹凸の振幅が研削区間 A ほど大きい箇所はなく、研削区間

B の全体においても凹凸の振幅は小さい。研削直後は波状摩耗による凹凸の振幅が若干小さくなっているが、全体としては研削区間 A ほど凹凸を除去することができなかった。また、研削 5 ヶ月後は支持点 210～205 間で凹凸の振幅がやや小さくなっているが、それ以外の研削区間では研削直後とほぼ同じ凹凸の振幅を維持していると考えられる。

次に、研削区間 B のしゅう動面の凹凸を詳しく測定した図 4 において、研削直後と研削 5 ヶ月後の波形を比較すると、波形右側の波状摩耗による凹凸がやや成長している。この区間では、研削作業で除去できなかった波状摩耗による凹凸が、今後、研削前の状態に戻る可能性がある。

6. しゅう動面凹凸のスペクトル

これまで、しゅう動面の凹凸波形から研削作業による波状摩耗の凹凸状態の変化について述べてきた。そこで、測定した凹凸波形から 1m あたりに含まれる波数に関するパワースペクトル密度を求め、波状摩耗による凹凸の振幅について研削前、研削直後および研削 5 ヶ月後と比較検討する。

6. 1 研削区間 A のスペクトル

研削区間 A の 1m あたりに含まれる波数に関するパワースペクトル密度を図 10、図 11 に示す。図 10、図 11 はそれぞれ、図 8 の波形における前半約 50m の区間Ⅰ、後半約 50m の区間Ⅱに対するスペクトルを示している。また、各図における点線は、波状摩耗による凹凸の成分である波数 16（波長約 60mm）の箇所を示している。

波状摩耗による凹凸の振幅が比較的大きい区間Ⅰの図 10 から、研削作業により波状摩耗の凹凸成分がよく取り除かれていることがわかる。しかし、研削 5 ヶ月後の波状摩耗の凹凸成分は研削前とほぼ同じ状態まで戻りつつある。これは、区間Ⅰの波状摩耗の凹凸成分は研削前で特に大きく、研削量が不足していたことを示している。一方区間Ⅱでは、研削前の波状摩耗の凹凸成分は区間Ⅰの研削直後とほぼ同じ状態であり、比較的波状摩耗の凹凸成分が小さい。このため、区間Ⅰと同じ研削量でも波状摩耗による凹凸成分が大幅に除去されていることが図 11 の研削直後のスペクトルからわかる。また、図 11 の研削 5 ヶ月後のスペクトルから、研削作業により研削直後の程度まで波状摩耗の凹凸成分が除去されると、以後波状摩耗が発生しないことがわかる。

6. 2 研削区間 B のスペクトル

研削区間 B のしゅう動面の凹凸波形に関するパワースペクトル密度を図 12 および図 13 に示す。図 12、図 13 はそれぞれ、図 9 の波形における前半約 50m の区間Ⅲ、後半約 50m の区間Ⅳの波形に対するスペクトルを示している。

図 13、図 14 から、研削区間 B の波状摩耗の凹凸成分は研削区間 A の区間Ⅰほど大きくなく、区間Ⅱとほぼ同じ状態であることがわかる。区間Ⅲおよび区間Ⅳの波状摩耗の凹凸成分は研削直後に若干除去されているが、研削区間 A ほど大幅に除去されていない。また、研削 5 ヶ月後に区間Ⅲで波状摩耗の凹凸成分が多少小さくなるが、全体的には研削前の状態とほぼ変わらないことがわかる。

7. まとめ

今回、研削装置を用いて剛体電車線に生じている波状摩耗を抑制する効果を営業本線で確認したところ、下記のことがわかった。

①研削作業は夜間作業時間帯内で終了し、研削装置が営業本線上でも使用可能であることを確認した。

②研削作業により滑らかなしゅう動面が得られ、離線の発生が抑制されていることを電車走行試験により確認した。

③研削後の波状摩耗再発を考慮すると、粒子の細かい砥石による研削では波状摩耗抑制への効果が低い。

④しゅう動面の凹凸スペクトルから、波状摩耗抑制の効果が期待できる研削量の目安を得た。

今後も、研削したしゅう動面の凹凸状態の観測を継続する予定である。さらに、波状摩耗の成分以外の波数成分についても調査検討し、研削による効果の全体を把握したいと考えている。また、機会があればトリリ線を張り替える際に研削作業を併せて実施し、波状摩耗抑制の効果を確認する予定である。

参考文献

- 1) 清水政利、原田 智、藤井保和：剛体電車線用しゅう動面切削装置の開発、2000年電気学会全国大会論文集、Vol.5, pp.2322-2323 (2000)
- 2) 原田 智、清水政利、藤井保和：摺曲付きロング剛体電車線の集電性能の改善、電気学会交通・電気鉄道研究会資料 TER-99-80, pp.13-18 (1999)
- 3) 原田 智、清水政利：しゅう動面切削による集電性能の改善、2000年電気学会全国大会論文集、Vol.5, P.2324-2325 (2000)
- 4) 網干光雄、長沢広樹：トリリ線の波状摩耗対策の開発（在来線）、鉄道総研報告 Vol.6, No.7, pp.37-44 (1992)

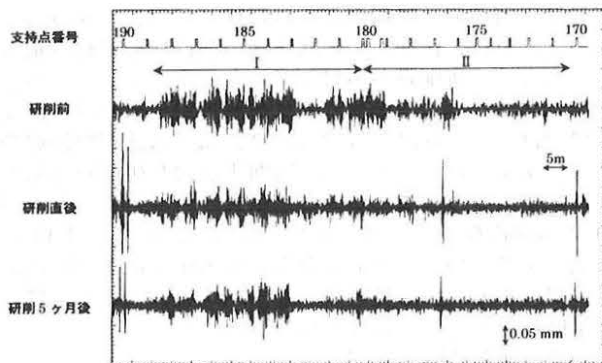


図8 研削区間Aのしゅう動面凹凸波形

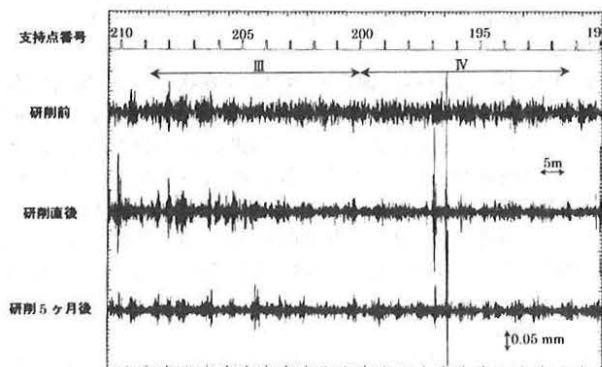


図9 研削区間Bのしゅう動面凹凸波形

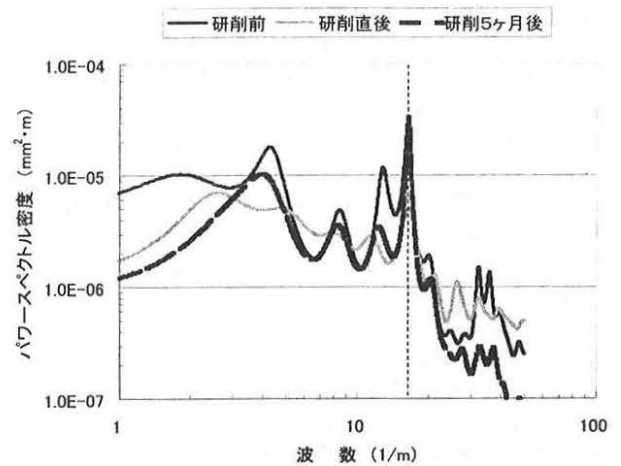


図10 研削区間Aのスペクトル（区間Ⅰ）

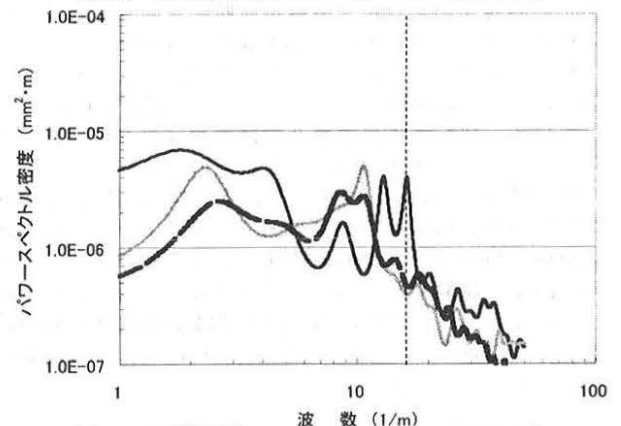


図11 研削区間Aのスペクトル（区間Ⅱ）

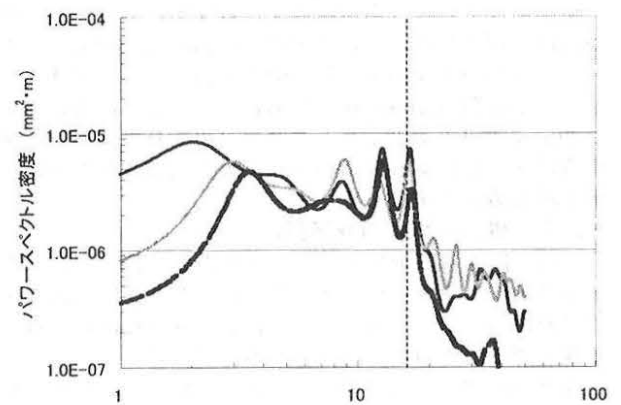


図12 研削区間Bのスペクトル（区間Ⅲ）

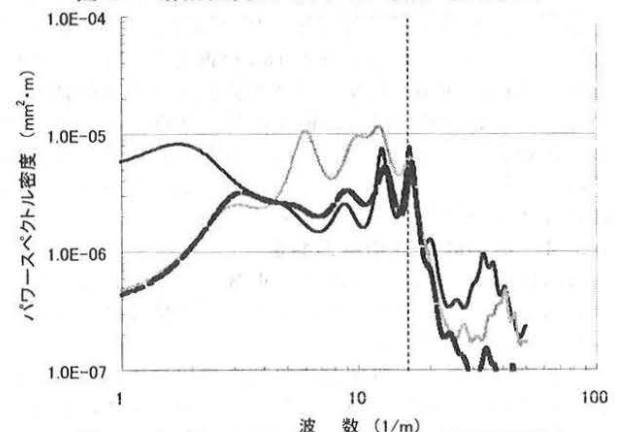


図13 研削区間Bのスペクトル（区間Ⅳ）