

[電] ○木浪 宏之 梶田 文昭 山下 高賢 (西日本旅客鉄道株式会社)

土屋 広志 (鉄道総合技術研究所)

The Experiment of C/C Composite Contact Strips

Hiroyuki KINAMI, Fumiaki KAJITA, Takayoshi YAMASHITA (West Japan Railway Company)
Hiroshi TSUCHIYA (Railway Technical Research Institute)

Groove wear of contact strips is due in part to the difference of wearing rate between metalized carbon and aluminum alloy. So we produced a side contact strips experimentally that a part of friction plane is metalized carbon. We report that the surface condition and wear amount of the side contact strips before and after using compound side contact strips.

キーワード: 段付摩耗、C/C複合材、複合補助すり板、トロリ線摩耗

Keywords: Groove wear, C/C Composite, Compound side contact strips, Wear of contact wire

1. はじめに

近年在来線においてパンタグラフの主すり板として、焼結合金製すり板に代わりカーボン系すり板が広く使用されるようになった。一方、補助すり板部分は従来のアルミ合金がそのまま使用されており、わたり線箇所においてはアルミ成分がトロリ線に付着してトロリ線摩耗の増大が指摘されている。また、すり板側においては、主すり板と補助すり板の境界面で材質の違いによる段付摩耗の発生が報告されている。この対策として、補助すり板のしゅう動面の一部にC/C複合材を適用した「複合補助すり板」を開発し、検証試験を実施したので報告する。

2. 主すり板・補助すり板の境界部での課題

図1にパンタグラフすり板の構成を示す。主すり板部材にはカーボン材、補助すり板部材にはアルミ合金が使用されており、アルミ合金の固有抵抗率はカーボン材に比べると非常に小さい。このため、わたり線箇所においては固有抵抗の小さいアルミ合金製の補助すり板での集電が多くなり、図2に示すように、主すり板と補助すり板の境界部分での段付摩耗の発生が報告されている。この段付摩耗がさらに進展していくと最悪の場合パンタグラフ破損に至る恐れがある。一方、わたり線箇所におけるトロリ線しゅう動部には図3に示すようにトロリ線しゅう動面に補助すり板材のアルミが付着し、トロリ線しゅう動面の異常摩耗が起きている。

補助すり部に電流集中

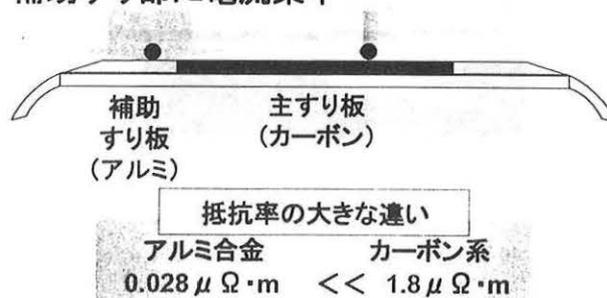


図1. パンタグラフすり板の構成



図2. パンタグラフ損傷(舟体の割損)

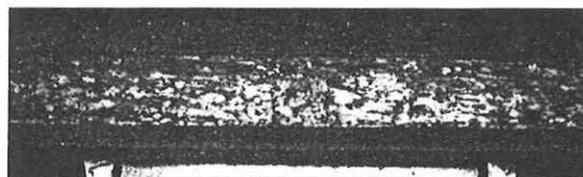


図3. トロリ線しゅう動面の異常摩耗



図4 主すり板3枚幅化

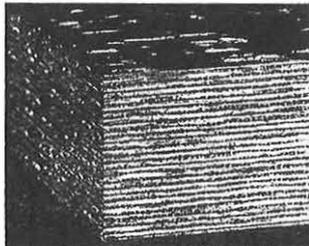


図5. C/C 複合材の外観

表1 すり板の物理特性値

すり板種類	密度 (g/cm ³)	電気抵抗率 (μΩm)	曲げ強さ (MPa)	シャルピー衝撃値 (kJ/m ²)
金属含浸型 (カーボン)	2.9	1.8	110	4.0
C/C複合材 (AN3)	2.49	2.5	194	6.2

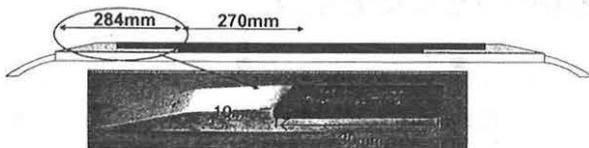


図6 複合補助すり板

3. パンタグラフ舟体のすり板配列と構成の検討⁽¹⁾

3-1 主すり板の3枚幅化

従来のパンタグラフすり板の配列と構成は、カーボン部分の幅が、主すり板2枚分の幅540mmであり、主すり板と補助すり板の境界は、舟体中心から左右280mmの位置である。図4に主すり板の3枚幅化の構成を示す。主すり板の幅をすり板3枚分の810mmにすることにより、境界の位置を135mm外側に移動させた。このすり板配列により、補助すり板のアルミ合金部分での集電頻度が減少可能で、主すり板と補助すり板の境界部分での段付摩擦低減が期待できる。しかし、カーボン部分が増えることにより、従来の構成に比べて舟体当たりの重量が1.4kg増加し、パンタグラフの集電性能の低下が懸念される。このため、主すり板を3枚幅化した舟体で現車試験を実施した結果、列車速度120km/hを超えると、離線率が増加したため、線区最高速度120km/h以下の車両という条件付での暫定対策とした。

3-2 C/C複合材製補助すり板

主すり板の3枚幅化で課題となっている舟体重量増加に対する方策として、すり板材料に軽量かつ高強度なC/C複合材の適用を検討した。

3-2-1 C/C複合材について

C/C複合材の外観を図5、物理特性を表1に示す。強化材が炭素繊維、母材がカーボンで構成された「炭素繊維強化炭素複合材(以下C/C複合材)」は、カーボン系すり板と同

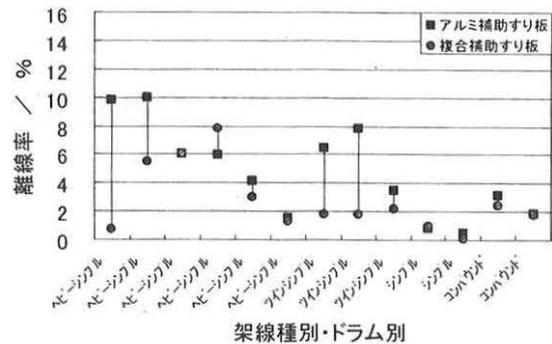


図7. 補助すり板を変更した場合の離線率比較

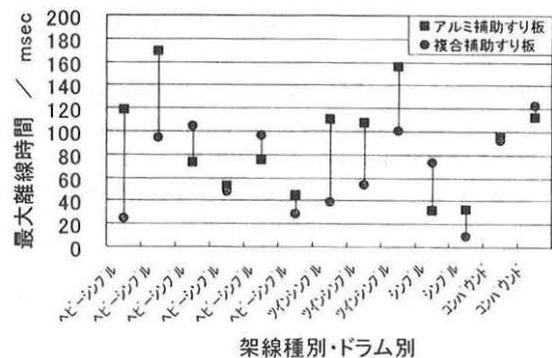


図8. 補助すり板を変更した場合の最大離線時間比較

様の摩擦摩耗特性が期待でき、密度はカーボンよりも軽量(アルミと同程度)ある。また、炭素繊維の強化材が入っていることから、曲げ強さ、シャルピー衝撃値も非常に優れており、雌ネジ加工も可能であることから、パンタグラフすり板として適した素材である。

3-2-2 C/C複合材製補助すり板の構成

C/C複合材製補助すり板を適用した舟体構成を図6に示す。従来の補助すり板はアルミ合金製で、複合補助すり板は、軽量化およびコストの面から、アルミ台座に補助すり板のしゅう動面のうち比較的頻繁にしゅう動する(現行の補助すり板でアーク損傷の発生しやすい)領域のみをC/C複合材として製作した。複合補助すり板は、補助すり板のトリロ線とのしゅう動部分に長さ130mm、厚さ10mmのC/C複合材を取り付け、重量増加分は180g程度であるので120km/hを超える速度域においても使用できる。

4. C/C複合材製補助すり板試験結果

4-1 走行試験

C/C複合材製補助すり板使用時の高速域での集電性能を確認するため、東海道・山陽本線を走行する223系車両で走行試験を実施した。現用のアルミ合金製の補助すり板使用時に離線率の高かった箇所について、複合補助すり板使用時の離線率(図7)および最大離線時間(図8)を比較したものである。離線測定には、無集電パンタで、分圧式離線測定法により行った。走行試験結果から、複合補助すり板を搭載した試験車両の離線率および最大離線時間は現用舟体と同程度であり、舟体重量の増加による集電性能の低下は認められなかった。

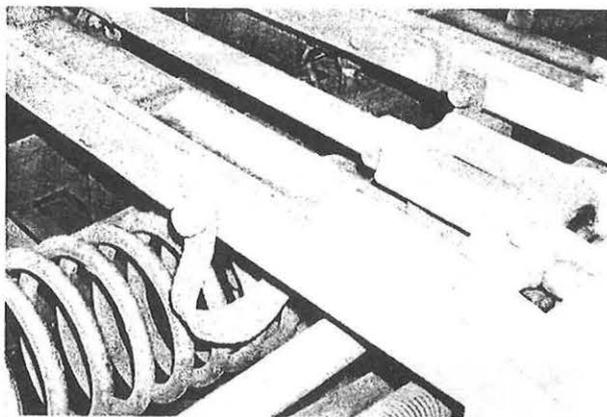


図9 複合補助すり板しゅう動面状態 (試験後)

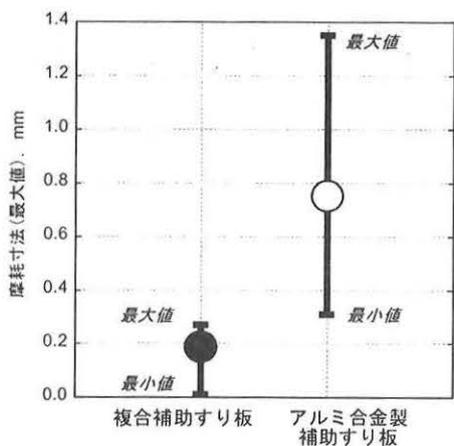


図10. 補助すり板境界部の最大摩耗量の比較

4-2 長期耐用試験

C/C 複合材製補助すり板使用時のすり板およびトロリ線摩耗特性を確認するため、播但線 103 系車両で長期耐用試験を実施した。C/C 複合材製補助すり板の取替えは、主すり板が摩耗限度に達するまでとし、複合補助すり板のしゅう動面状態、摩耗特性について、調査を行った。

4-2-1 C/C 複合材製補助すり板摩耗特性

図9に試験後のC/C 複合材製補助すり板のしゅう動面状態を示す。アークによる損傷や局部摩耗は認められず、主すり板との境界部分も平滑であった。図10に摩耗特性を示す。現行のアルミ補助すり板と比較すると、摩耗量は平均値で約 1/4 に低減した。

4-2-2 トロリ線の表面状態の調査⁽²⁾

調査対象箇所を概略を図11に示す。ここは、本線トロリ線下を補助すり板がしゅう動するため、トロリ線には多くのアルミが付着し、局部摩耗も発生していた箇所である。

今回は、側線軌道中心と本線トロリ線の間隔が 380mm となる箇所(A点)と、間隔が 450mm となる箇所(B点)の2箇所について、調査を実施した。

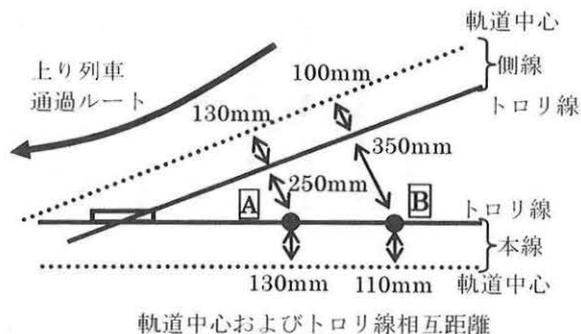


図11.トロリ線測定箇所

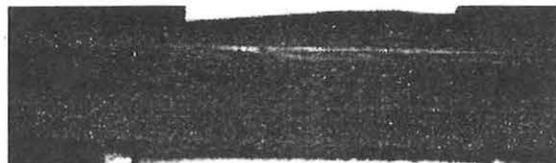
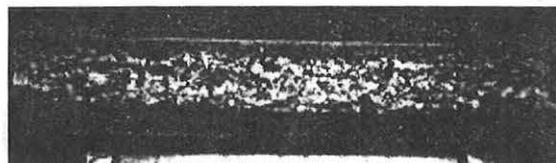


図12. 測定点Aのトロリ線表面状態 (上: 導入前、下: 導入後)



図13. 測定点Bのトロリ線表面状態 (上: 導入前、下: 導入後)

図12に測定点A、図13に測定点Bのトロリ線表面状態を示す。A点では、C/C 複合材製補助すり板の導入前はトロリ線しゅう面のほぼ全面にアルミの付着が認められしゅう道表面は荒れた状態であった(図12上)。導入後のしゅう動面は平滑で黒色に変化している(図12下)。この位置は側線軌道中心からみた本線のトロリ線の偏位が 380mm 程度であり、C/C 複合材製補助すり板のC/C 複合材箇所がトロリ線としゅう動する位置と一致する。

一方、測定点Bにおいても、C/C 複合材製補助すり板導入後は、測定点Aのようなはっきりとした表面変化は認められないものの、トロリ線しゅう動面のアルミの付着量が減少しているのが観察された(図14下)。

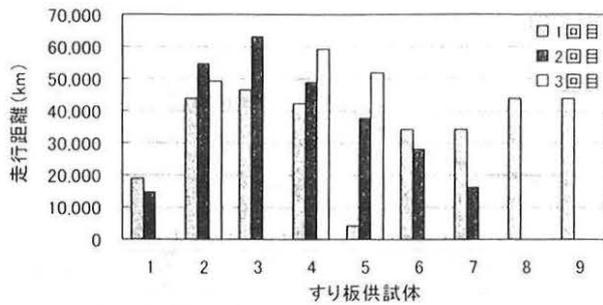


図 14. すり板摩耗 (東海道・山陽本線 223 系)

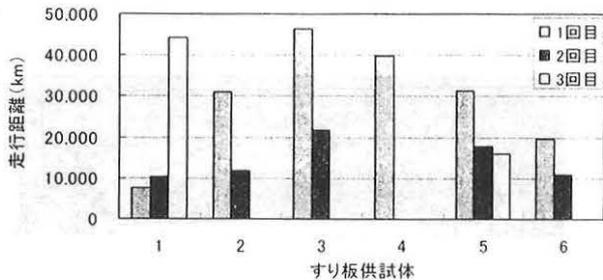


図 15. すり板摩耗 (奈良線 103 系)

4-3 再使用試験

長期耐用試験の結果から、複合補助すり板のしゅう動面状態、摩耗特性が非常に良好なことから、C/C 複合材製補助すり板の再使用試験を実施した。

試験は東海道・山陽本線 223 系車両と奈良線 103 系車両において実施し、主すり板の交換の際に C/C 複合材製補助すり板の摩耗測定およびしゅう動面状態を確認した。

図 14 に東海道・山陽本線 223 系車両搭載の C/C 複合材製補助すり板の摩耗率について示す。供試体 2, 4, 5 は主すり板 3 回交換分再使用できており、供試体 4 については 150,057km(245 日間) 使用においても異常がないことを確認した。また、図 15 の奈良線 103 系車両においても供試体 1, 5 は主すり板 3 回交換分再使用でき、供試体 5 については 65,021km(265 日間) 使用においても異常がないことを確認した。

5. 主すり板への適用

C/C 複合材製補助すり板で使用した C/C 複合材の摩耗特性が非常に良好であることから、主すり板への適用試験を実施した。すり板構成およびすり板取付方法を図 16、図 17 に示す。主すり板・補助すり板とも C/C 複合材を使用することで、舟体重量が約 1 kg 軽量化されることから、パンタグラフの追従性能向上が期待できる。今後、走行試験を実施して離線率・最大離線時間およびすり板摩耗特性を評価していく予定である。

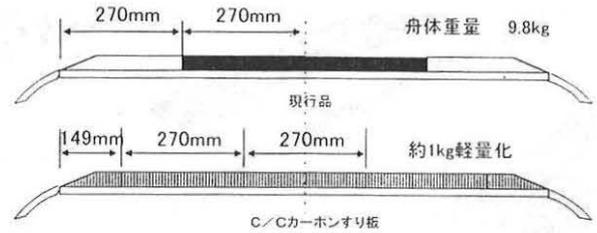


図 16. 主すり板の配列

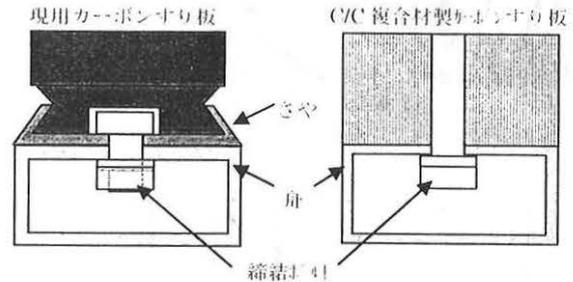


図 17. 現用すり板と複合材すり板もすり板取付方法

6. まとめ

C/C 複合材のパンタグラフすり板への適用試験を実施した結果、以下のことが分かった。

補助すり板に C/C 複合材を適用した C/C 複合材製補助すり板は、走行試験の結果、現行のアルミ合金製補助すり板と比較して離線率・最大離線時間は同程度であった。

播磨線 103 系車両の長期耐用試験では、すり板摩耗が 1/4 に低減し、しゅう動面状態も非常に良好であった。また、C/C 複合材製補助すり板の導入前後のトロリ線表面状態を調査した結果、しゅう動面に付着していたアルミ成分が減少することを確認した。

C/C 複合材製補助すり板の再使用試験を東海道・山陽本線 223 系車両および奈良線 103 系車両で実施した結果、C/C 複合材製補助すり板は、主すり板 3 回交換分使用しても異常がないことを確認した。

現在は C/C 複合材のすり板への適用試験を実施しており、離線率・最大離線時間およびすり板の摩耗特性を評価していく予定である。

なお、C/C 複合材補助すり板は、鉄道総合技術研究所と㈱ファインセンターおよび㈱アクロスとの共同研究開発契約により開発・試作されたものであり、その協力に感謝の意を表す。

文 献

- (1) 大熊他：「主すり板、補助すり板境界部分での段付摩耗対策」、第 11 回鉄道技術連合シンポジウム, S8-2-2, 2004
- (2) 森本他：「わたり線箇所におけるトロリ線異常摩耗の考察」、第 8 回鉄道技術連合シンポジウム, S8-4-4, 2001
- (3) 土屋：「補助すり板」、鉄道と電気技術, Vol.20, No.6, 2009.