

パンタグラフ往復動試験による低速域トロリ線摩耗評価

Wear Evaluation of Contact Wire at Low Speed by Pantograph Reciprocating Test

鉄道総研（正）*三谷 健斗 鉄道総研（正）久保田 喜雄 鉄道総研（非）森本 文子

Kento Mitani, Yoshitaka Kubota, Fumiko Morimoto

Railway Technical Research Institute

1. はじめに

新幹線鉄道における架線/パンタグラフ系しゅう動部の摩耗に対しては開業以来様々な取り組みが行われてきた¹⁾。パンタグラフすり板、トロリ線双方の材質改良や架線/パンタグラフ系の動特性改良などにより、すり板とトロリ線双方の摩耗低減が図られてきた^{2), 3)}が、未だ解決に至っていない課題の一つにパンタグラフ停止位置近傍でトロリ線の摩耗率が局所的に高いこと⁴⁾が挙げられる。トロリ線の局所摩耗については、在来線では割り入れ（摩耗した部分のみを切断して交換すること）や添え線（摩耗が顕著な部分に並行してトロリ線を設置すること）といった対応を行うが、これらは金具等の質量によりトロリ線が動きにくくなり架線/パンタグラフの安定的な接触を妨げるため、高速で車両が通過する新幹線では原則として行われていない。したがって、局所的な摩耗であってもトロリ線全体（約1.5 km）を張り替える必要があり、保守コストを引き上げている。

この課題に対しては定置試験により様々な対策を検討し、有効と考えられるものを現車試験に供し評価するという段階を踏む必要があるが、従来の定置試験装置および試験方法による結果は実設備での低速域のトロリ線摩耗状態との乖離が大きい。そこで、筆者らは新たに低速での走行を模擬できるパンタグラフ往復動試験装置を作成し、実際に新幹線で使用されているすり板材2種と、低速域でのトロリ線摩耗低減を目的に開発したすり板材1種で摩耗試験を行った。ここでは新たに製作した装置によるトロリ線摩耗評価法の概要と、新たに開発したすり板材のトロリ線摩耗低減効果の評価結果について述べる。

2. 供試材および試験方法

2.1 供試材

供試したすり板材はTable 1に諸元を示す新幹線で使用されている鉄系焼結合金すり板現用材T3-2, N5C-5と、新たに開発したN6Bの3種である。N6Bは低速域でのトロリ線摩耗低減を目的に開発したすり板材であり、特にBiの自己潤滑効果によりトロリ線摩耗を低減する狙いがある。

Table 1 Characteristics and base materials of contact strip specimens

Type	Density (g/cm ³)	Hardness (HB)	Tensile Strength (MPa)	Charpy Impact Value (J/cm ³)	Resistivity (μΩcm)	Matrix Material	Hard Component	Lubricant Component
T3-2	6.8	100	255	13.0	53	Iron Powder	Cr	MoS ₂ , Bi, BN
N5C-5	7.0	109	256	11.9	49	MnS free-cutting Iron Powder	Cr, CrV, FeTiNx, FeMo	MoS ₂ , WS ₂
N6B	7.0	81	255	14.1	51	MnS free-cutting Iron Powder	Cr, FeMo	MoS ₂ , Bi

2.2 試験方法

Figure 1にパンタグラフ往復動試験装置の写真を示す。本装置は実トロリ線(GT-Sn-170mm²、張力9.4 kN)と実パンタグラフ(東洋電機製造製: TPS301、押上力54 N)、パンタグラフを搭載する台車で構成されている。すり板のしゅう動方向長さは55 mm、往復区間は4 m、パンタグラフ通過数は5000回(2500往復)、通電電流は交流50 Aとした。範囲の両端(パンタグラフ停止位置近傍)と中間点(最高速度6 km/h位置)で1000回通過毎にトロリ線摩耗測定、トロリ線しゅう動面の元素分析、摩擦面写真撮影、摩耗粉の採取を行った。トロリ線の摩耗測定はマイクロメーターや用いて残存直径を測定し、元素分析は可搬型のエネルギー分散型蛍光X線分析装置(オリンパス製: VANTA VCR-CCC-A3-J-JA)を用いた。

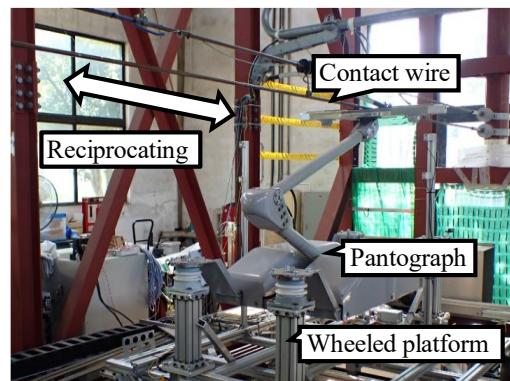


Fig. 1 Pantograph reciprocating apparatus

3. 結果および考察

Figure 2 に各すり板を 5000 回通過させた後のトロリ線摩擦面の写真を示す。N5C-5 と T3-2 をしゅう動させた後の摩擦面には、写真上では黒色に見える付着物がみられた。実際の新幹線のトロリ線においても類似した付着物が観察されている⁴⁾。N6B をしゅう動させた後の摩擦面は様相が異なり、付着物が観察されず摩擦面全体がやや黒みがかっていた。摩擦面の様相は測定点、サイクルによらず同じ傾向であった。この結果から、N6B では摩耗粒子の凝集や移着が起こりにくい可能性が考えられる。

Figure 3 にパンタグラフ停止位置近傍の測定点（往復動のうち始点側）で計測したトロリ線断面積摩耗率（摩耗断面積をパンタグラフ通過回数で除した値）を示す。(a)が 1 サイクル目の結果で、(b)が 2 サイクル目の結果である。紙面の都合上全ての測定点でのグラフを掲載できないため、Table 2 に各測定点でのすり板ごとのトロリ線摩耗率の大小関係を示す。測定点およびサイクルによりトロリ線摩耗率の大小関係が異なる結果となった。本試験ではすり板は新品状態から試験を行ったが、トロリ線摩擦面を観察するとすり板がトロリ線摩擦面の一部としかしゅう動していないと思われる箇所が見られた。このことから、トロリ線摩耗に及ぼすすり板材の影響を評価するためにはすり板とトロリ線の摩擦面をなじませる試番を追加するなどして接触状態を揃える工夫が必要であると考えられる。

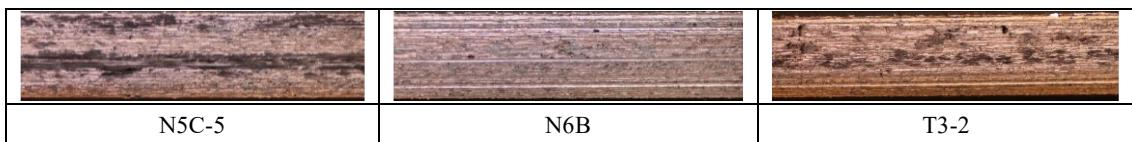


Fig. 2 Images of frictional surfaces of contact wire after 5000 pantograph passes

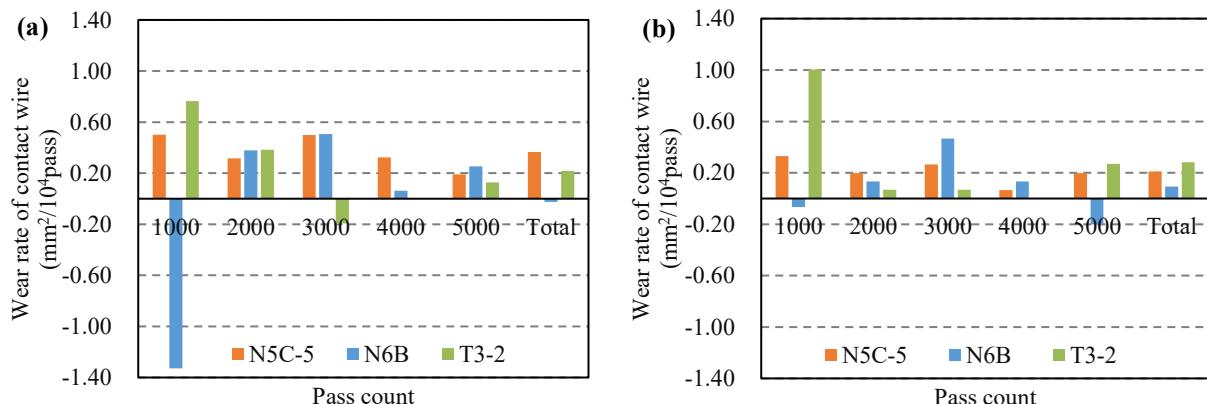


Fig. 3 Wear rate at the pantograph stop point on starting side, (a) First cycle and (b) Second cycle

Table 2 Rank of wear rate of contact wire for 2 cycles at 3 measurement points

Rank of wear rate	Stop point on starting side		Middle point		Stop point on ending side	
	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 1	Cycle 2
High	N5C-5	T3-2	N5C-5	N5C-5	N6B	N6B
	T3-2	N5C-5	T3-2	N6B	N5C-5	N5C-5
Low	N6B	N6B	N6B	T3-2	T3-2	T3-2

4. まとめ

本研究では、新たに製作したパンタグラフ往復動試験装置を用いて、トロリ線摩耗評価法の検討と、開発中の新型すり板材のトロリ線摩耗低減効果の検討を行った。得られた知見を以下にまとめる。

- 測定点やサイクルによってすり板材ごとのトロリ線摩耗率の大小関係が異なる結果が得られた。トロリ線摩耗に及ぼすすり板材の影響を評価するためには、すり板とトロリ線をなじませる試番を追加するなど試験条件の改良が必要であると判断した。
- トロリ線摩擦面の様相は測定点やサイクルによらず同じ傾向を示した。N6B は N5C-5 や T3-2 と比べトロリ線摩擦面の付着物が少なく、摩耗粒子の凝集や移着が起こりにくい可能性が考えられる。
- 摩擦面や摩耗粉の観察から N6B は現用すり板材に対しトロリ線摩耗低減効果がある可能性が考えられるが、本試験で得られたトロリ線摩耗率の結果からその効果を示すことはできなかった。

文献

- 長沢・寺岡：集電しゅう動系の摩耗研究-国鉄時代における流れ-, トライボロジスト, 33, 7 (1988) 502.
- 久保田：新幹線用パンタグラフすり板とその潤滑技術, トライボロジスト, 61, 3(2016)167.
- 池田：架線・パンタグラフ系の境界技術, 第 21 回鉄道総研講演会(2008), 33
- 宮平・久保田：新幹線における高速区間と低速区間のトロリ線摩擦面の相違, 鉄道総研報告, 34, 9(2020), 23.