

新しい固体潤滑成分を用いた新幹線用焼結合金すり板の開発

材料技術研究部 摩擦材料研究室

主任研究員 土屋 広志

1. はじめに

鉄道総研では従来から使われている低融点金属に代わる新たな固体潤滑成分を用いた新幹線用鉄系焼結合金すり板の開発を進めてきた。本報告では、新たな潤滑成分を用いたすり板開発の概要と、試作材に対して行った定置試験および現車試験の結果について述べる。

2. 試作方針と材質の概要

実用すり板の開発においては、すり板自身の耐摩耗性向上が最終的な目的であるが、相手材（トロリ線）の摩耗低減も考慮する必要がある。鉄系焼結合金すり板の開発において考慮すべき項目として（1）すり板の耐摩耗性・耐アーク性を保持するための硬質金属粒子の種類と添加量、（2）潤滑性を保持するための潤滑成分の種類と添加量、（3）トロリ線への影響を考慮した硬さの上限、（4）導電性の4項目が挙げられる。現用すり板を改良してすり板の性能向上を図る場合、あらかじめ上記のどの項目を優先して改良を行うかを明確にしておく必要があり、本開発では（2）の潤滑性を優先した。現用材では主に低融点重金属が潤滑成分として用いられてきたが、本開発では潤滑成分を最近の固体潤滑技術を反映した新たなものとし、潤滑成分を替えてもすり板の耐摩耗性およびトロリ線側への影響ともに現用材並であることを目標とした。なお、抵抗率の試作目標値は、潤滑成分の増加による抵抗率の上昇をある程度許容し、 $80\mu\Omega\text{cm}$ 以下とした。試作は現用材 BF31、TF5A をそれぞれ改良する方法で行い、2系統4種類を製作した。BF31 を改良した N4-2-1、N4-2-2 では硬質成分として Cr(クロム)、Cr-V(クロム・バナジウム)、潤滑材として MoS_2 (二硫化モリブデン)を用い、さらに潤滑性向上のために硫化処理を施した。TF5A を改良した T3-1、T3-2 では、潤滑成分として BN(窒化ホウ素)、Bi(ビスマス)等を用いた。なお、Bi は固体潤滑材として既に在来線用の銅系焼結合金すり板での使用実績がある金属元素である。現用材と試作材の物理特性と組成を表1に示す。

表1 現用材と試作材の物理特性と組成

材質	すり板	密度	硬さ	引張強さ	シャルピ-衝撃値	抵抗率	硬質成分	潤滑成分	低融点金属の添加
	慣用名	(g/cm^3)	(HB)	(MPa)	(J/cm^3)	($\mu\Omega\text{cm}$)			
	目標値	---	70~115	176以上	9.8以上	80以下			
現用材	BF31	7.4	95	220	13	25	Fe-Ti Fe-Mo	---	有
	TF5A	7.1	98	282	21.7	40	Cr	MoS_2	有
試作材	N4-2-1	6.8	95	207	10.5	59	Cr Cr-V	MoS_2	無
	T3-2	7	100	255	11	58	Cr	MoS_2 ,Bi,BN	無

3. 定置試験による特性評価結果

鉄道総研所有の集電材摩耗試験機を用いて定置試験を行った。試験条件は、摩擦速度 25~300km/h、通電電流 DC100A、押付力 49N である。定置試験の結果を図 1、2 に示す。試作材 N4-2-1、N4-2-2 のすり板摩耗率は現用材より若干大きいか同程度であった。トロリ線摩耗率は現用材並だが、試験後の模擬トロリ線の凹凸のばらつきを示す標準偏差は全速度域で現用材より小さく、潤滑性の向上が認められた。

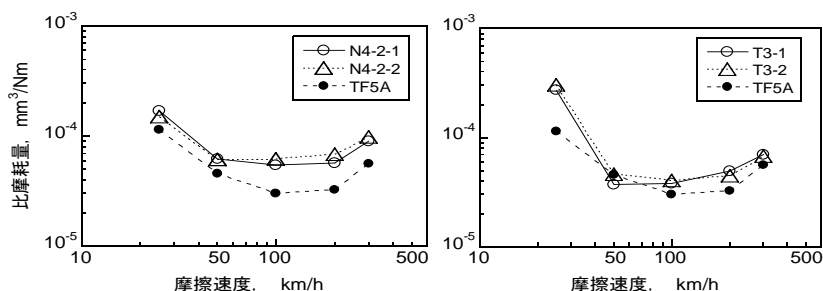


図 1 定速摩耗試験結果（すり板試験片の摩耗率）

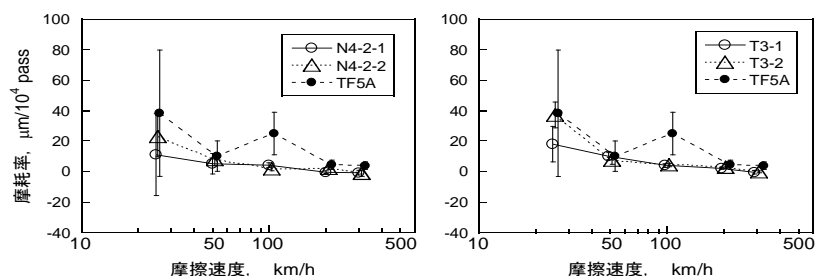


図 2 定速摩耗試験結果（模擬トロリ線の摩耗率）

試作材 T3-1、T3-2 のすり板

摩耗率は、現用材とほぼ同程度であった。トロリ線摩耗率の標準偏差は全速度域で現用材より小さく、潤滑性の向上が認められた。以上の結果から、試作材はいずれも現用材と比較して同程度の耐摩耗性、潤滑性を有していることが確認できた。

4. 現車試験による性能評価結果

試作材の現車での耐摩耗性を確認するために実車において試作材を営業車に搭載し(図 3)、すり板の摩耗量等を調査した。

4.1 搭載車両と供試材

現車試験への供試材は、定置試験での評価結果に加え、実用化後の状況も考慮して各系統から 1 種類ずつ選んだ。

- (1) 試験車両：E2 系新幹線電車
- (2) 最高走行速度：260 km/h
- (3) 架線：GT-CS 110mm
- (4) 供試材：N4-2-1、T3-2

4.2 調査方法

同時期に現用材、試作材 N4-2-1 と T3-2 を各 1 編成ずつ搭載し、摩耗限度まで使用して、取り外し後に摩耗率を測定するとともに、すり板の表面状態を観察した。さらに、試作材 N4-2-1、T3-2 を、試験区間を走行する編成の約 30% に搭載して性能を



図 3 実車での現車試験

確認したのち、全ての編成に搭載して継続使用し、すり板とトロリ線の摩耗状況を調査した。

4.2.1 試験すり板の摩耗調査結果

現車試験における試作材の1万km走行あたりの最大寸法摩耗率を図4に示す。すり板の摩耗率は、2種類の試作材とも現用材と同等か若干小さい程度であった。また、すり板へのトロリ線からの銅の移着は現用材よりも少ない傾向が認められた。これらのことから、試作材は現用材と同等程度の耐摩耗性および潤滑性を有すると考えられ、実用化可能であると判断される。

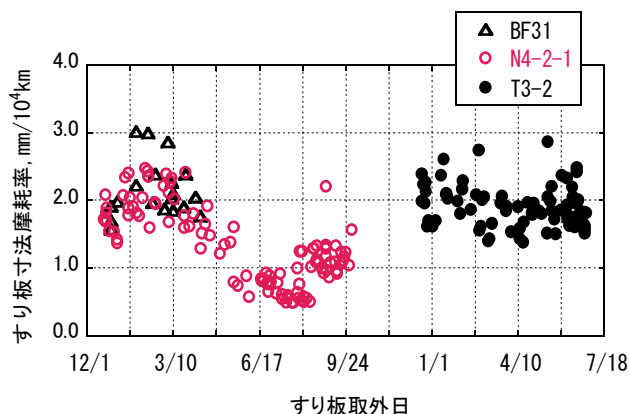


図4 実車試験開始からのすり板摩耗率の変化

4.2.2 トロリ線の摩耗調査結果

パンタグラフすり板の材質を変更した場合には、実トロリ線の摩耗状況等についても調査し、すり板材質の変更によってトロリ線の摩耗増加が生じないことを確認する必要がある。今回はトロリ線摩耗の進行が早いパンタグラフの停車箇所と、駅出口においてトロリ線の摩耗および表面状態の推移を調べた。開発すり板導入前後の

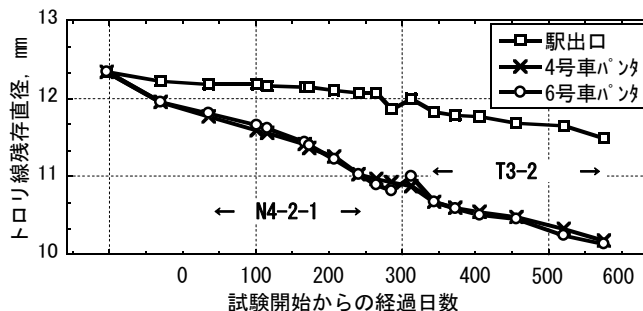
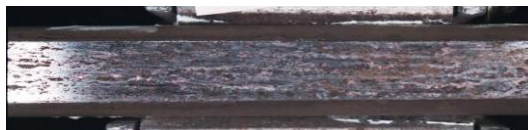
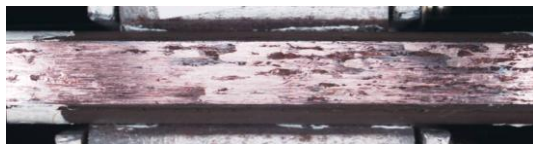


図5 試作材導入時のトロリ線摩耗推移

トロリ線残存直径の変化を図5、および試作すり板導入前後のトロリ線しゅう動面の状況の変化を図6に示す。図5に示すように現車試験中のトロリ線残存直径の摩耗推移は顕著な減少は認められなかった。さらに、図6に示すようにトロリ線しゅう動面の状態は試作すり板を導入しても凹凸および大きな荒損等のしゅう動面の変化は認められず、2種類の試作材とも低速度域での潤滑性に問題はないことを確認した。

←しゅう動方向

測定点1
駅構内出口



測定点2
駅構内出口



現車試験前

試験開始約500日後

図6 供試すり板使用前後のトロリ線しゅう動面の状況の変化 (低速力行区間)

4.3 現車試験のまとめ

試験区間を走行する新幹線車両全編成の30%に試作材を導入して6ヶ月間継続使用し、続いて全編成に導入して約3ヶ月経過する間のすり板摩耗量およびトロリ線摩耗推移の調査を実施し、試作すり板 N4-2-1、T3-2の摩耗特性は現用材と同程度で、トロリ線への影響も同程度であることがわかった。また、試験開始から約1年9ヶ月間の測定結果から判断すると、現用材を試作材 N4-2-1、T3-2に変更しても架線/パンタグラフ系の摩耗への大きな影響はないことがわかった。

5. まとめ

従来からの低融点金属に代わる新たな固体潤滑成分を用いた新幹線用鉄系焼結合金すり板を2種類開発し、定置試験により試作材の性能を評価した結果、試作材は2種類とも現用材と同等程度の摩耗特性・潤滑性を有すると判断された。さらに、現車試験により、すり板摩耗量および実設備のトロリ線摩耗推移の調査を各試作材でそれぞれ約1年間ずつ実施し、試作材 N4-2-1、T3-2のすり板摩耗特性は現用材と同程度であること、トロリ線への影響は現用材と同程度であることがわかった。

6. おわりに

実車、実設備における現車試験の結果を受け、その他の区間においても同様の試使用試験を行い、試作材が問題なく使用できることを確認した。現在では、これらの線区で実用されている。

現車でのすり板摩耗調査およびトロリ線摩耗調査等に協力いただいた東日本旅客鉄道(株)の関係各位、および、すり板材質の試作に協力いただいた(株)ファインシスターおよび帝国カーボン工業(株)の関係各位に深く感謝の意を表す。

(参考文献)

- (1) 半田和行・久保俊一・土屋広志：高潤滑性焼結合金パンタグラフすり板の開発，鉄道総研報告，19, 11 (2005) 29.
- (2) 土屋広志、久保俊一：新しい潤滑成分を用いた新幹線用焼結合金すり板，電子情報通信学会，2009.9
- (3) 久保田善雄、土屋広志、久保俊一：新しい固体潤滑剤を用いた新幹線用すり板の開発，J-Rail 2010, 2010