S2-3-3　パンタグラフすり板におけるカーボン系固形潤滑剤の適用について

○杦原　健展　（西日本旅客鉄道㈱）　　［機］　大津山　澄明　（西日本旅客鉄道㈱）
［電］　清水　政利　（(財)鉄道総合技術研究所）　　大熊　茂　（西日本旅客鉄道㈱）

Application of the carbon solid lubricant for the slider of pantograph

Takenobu SUGIHARA, Sumiaki OHTUYAMA , Shigeru OHKUMA(West Japan Railway Company)
Masatosi SHIMIZU (Railway Technical Research Institute)

Solid lubricant is attached between the sintered metal slider of conventional line' s car, in order to prevent adhesive wear between sliders and a trolley line. Recently, It has turned out that this solid lubricant has had a bad influence on the contact break rate. Then, introduction of carbon type solid lubricant with little influence was considered to the contact break rate was considered.

キーワード：焼結合金すり板、固形潤滑材、離線率
Keyword: Sintered metal slider, Solid lubricant, Contact break rate

1．はじめに

剛体電車線は断線等に対する信頼性が高く、省スペース性に優れた架線方式であり、JR 東西線でこの剛体電車線が採用されている。平成 9 年に開業して 8 年が経過しているが、区間の一部の箇所でトロリ線の摺動面で波状摩耗が発生し、トロリ線やパンタグラフの摩耗促進の要因になっている。このため、波状摩耗の発生抑制に取組んでいる[1]ところであるが、その取組みの中でパンタグラフに使用されている固形潤滑剤が離線率に悪影響を与えていることが分かってきた。

そこで離線率に影響の少ないカーボン系固形潤滑剤の導入について検討を行なった。

2．カーボン系固形潤滑剤の導入について

2.1 固形潤滑剤の種類

在来線パンタグラフの焼結合金すり板にはすり板とトロリ線の凝着摩耗を防止するために、すり板間に固形潤滑剤を取り付けている。この固形潤滑剤は表 1 に示す 3 種類が主に使用されているが、現在の所これらの固形潤滑剤について、集電性能の評価に関する評価に関する文献は見当たらない。以下これら 3 種類の潤滑剤について開発経緯と特徴を述べる。

当初、ワックス類を主成分として樹脂系結合剤及び黒鉛などの潤滑剤を添加したものが開発された。（通称「黒色ワックス系固形潤滑剤」）これはすり板とトロリ線の摩耗低減に効果はあったが、黒色の摩耗粉が車体外装に付着して汚れが目立ち、美観上問題があった。そこで黒鉛を含まずに潤滑性能に優れたものが開発された。（通称「白色ワックス系固形潤滑剤」）現在、JR 西日本ではこの潤滑剤を使用している。この後、黒鉛 99%以上の成分で構成されるものが開発されており、他社線区に導入されているようである。（通称「カーボン系固形潤滑剤」）

表 1　固形潤滑剤の種類

通　称	配合成分	(重量比%)	密度 [g/cm3]	質量 [g/枚]	曲げ強さ [MPa]	軟化点 [℃]
黒色ワックス系	黒鉛 樹脂系結合剤 ワックス類	20±3 30±5 残	1～1.2	約100	5.5以上	90～120
白色ワックス系	四フッ化エチレン樹脂 樹脂系結合剤 ワックス類	5±3 50±5 残	0.9～1.1	約90	5.5以上	100～120
純黒鉛	黒鉛	99以上	1.72	約170	30	なし

2.2 潤滑剤が集電に与える影響

固形潤滑剤の種類による離線率への影響について検討するため、表1にある3種類について、離線率測定を行なった。試験には、静止したパンタグラフに対して模擬トロリ線を取付けた大型円盤を回転させて摺動する、パンタグラフ総合試験機（鉄道総研）を使用した。また、パンタグラフは JR 東西線で実際に使用されている WPS27 型を使用し、固形潤滑剤をすり板の間に取付けた。

試験内容および結果について表 2 に示す。なお、表中に通電とあるのは、離線測定と別に電流 400A 程度を流しながら 10 分間試験機を運転しており、そのことを示す。また、離線測定は 50, 60, 70, 80、90km/h の各速度にて測定を行なった。

表 2　離線率測定試験内容及び結果

(単位%)

試番	潤滑剤	条件	50 [km/h]	60 [km/h]	70 [km/h]	80 [km/h]	90 [km/h]	記事
1	なし	通電後	0.01	0	0	0.01	0	潤滑剤のない状態
2	カーボン	通電後	0	0	0	0.04	0.01	
3	黒色	通電後1回目	0.26	0.4	0.29	0.61	0.7	
4	黒色	通電後2回目	0.3	0.4	0.37	0.64	0.88	確認のため，続けて実施
5	黒色	再通電後	0.03	0.1	0.13	0.28	0.41	さらに通電した後に実施
6	白色	通電前	4.39	5.8	2.78	1.83	1.53	通電する前に実施
7	白色	通電後1回目	17.4	23	8.31	3.89	1.28	
8	白色	通電後2回目	11.6	10	4.61	2.4	2.49	確認のため，続けて実施

固形潤滑剤を使用しない場合およびカーボン系（試番 1, 2）において離線率は、ほぼ 0%であった。黒色ワックス系については、試番 1, 2 の結果に比べて若干大きくなるが、

1%以下である。白色ワックス系については、他の場合よりも大きくなることが分かった。

また、通電前後のすり板およびトロリ線の状態を比較すると、白色ワックス系の場合、通電による熱及び微小アークにより固形潤滑剤が溶けて付着した状態であった。

これらのことから白色ワックス系の場合、構成成分に絶縁性の高い四フッ化エチレン樹脂が含まれており、溶けたワックスがトロリ線とすり板の間に介在することによって離線を引き起していると考えられる。

2.3 摺動面化学分析

白色ワックス系固形潤滑剤が離線に影響していることがわかったので、実際に現地のトロリ線及びすり板に固形潤滑剤が付着しているか確認した。検出方法はイオンクロマトグラフ(IC)法により行い、検出対象は白色ワックス系の配合成分である四フッ化エチレンに含まれるフッ素とした。

検出部位およびその結果を表3に示す。いずれの試料からもフッ素が検出され、白色ワックス系潤滑剤に含まれる四フッ化エチレン樹脂が付着していることが分かり、同線区の集電状態に固形潤滑剤が悪影響を与え、トロリ線の波状摩耗を助長させる一つの要因になっている可能性があることが言える。

表3 検出部位および検出結果

試料名/項目	重量(g)	接触面積(m㎡)	ｻｲｽﾞ(㎜)	フッ素量(μg)	面積あたりの重量(μg/m㎡)
トロリ線 金属光沢部分	35.0515	434	31×14×11	7.2	0.017
トロリ線 黒変色部分	16.9226	225	15×15×11	3.2	0.014
すり板 偏位中心より 50mm	17.1492	220	22×10×9	12.1	0.055
すり板 偏位中心より 120mm	14.3411	230	23×10×9	9.7	0.042
すり板 偏位中心より 190mm	16.1825	220	22×10×10	10.4	0.047
すり板 偏位中心より 250mm	19.7834	250	25×10×10	10.3	0.041

3．カーボン系固形潤滑剤の適用の検討

3.1 カーボン系固形潤滑剤の適用について

白色ワックス系固形潤滑剤が集電状態に悪影響を与えていることが分かったので、これに替えてカーボン系固形潤滑剤の適用について検討を行なった。適用にあたり、「重量変化による特性の変化」「機械的耐久性」「スリ板摩耗量の変化」について調査を行い、検討した。なお、重量変化については1舟体当たり160gの増加となるのみであり、パンタ追随性能等への影響は無視できるので問題ないと判断した。

3.2 機械的耐久性

機械的耐久性については、摩耗によってすり板が交換時期に近づいたとき（厚さ3mm程度）に、潤滑剤のひび割れ・脱落が懸念されるので、すり板および厚さ3mmまで切削した状態の試験体を用いて離線測定と同様にパンタグラフ総合試験機にて試験を行なった。試験内容は次の4種類の試験を行なった。

(1) 回転円盤の速度60、90km/hで摺動状態を確認する。

(2) 回転円盤を停止させた状態で、パンタグラフを少し下げてから放し、模擬トロリ線に衝撃させる。押し下げ量は50,100,200mmとした。

(3) 回転円盤を速度40km/hで運転した状態でパンタグラフを押し下げて放し、模擬トロリ線に衝撃させる。加速度の目安は50〜70Gとした。

(4) 回転円盤を停止させた状態で、パンタグラフを折りたたんだ状態から上昇させ、模擬トロリ線に衝撃させる。

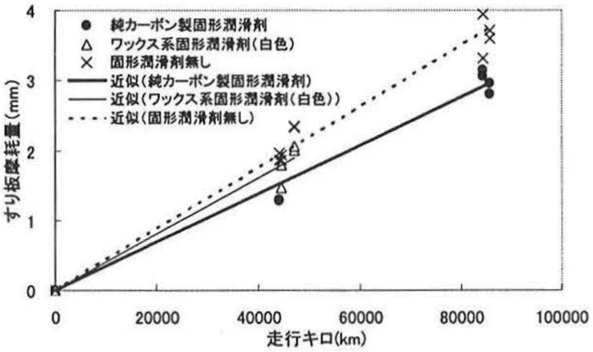
試験品はメーカーの異なる2種類のカーボン系固形潤滑剤を用いて実施したたが、結果はいずれの試験内容、試験品においてもひび割れ、脱落は生じなかった。これにより現車に搭載して摩耗量等の状態について調査することとした。

3.3 現車試験

長期耐久試験を行うため、カーボン系固形潤滑剤を現車に搭載し、すり板の摩耗量および摺動面の観察を行なった。また比較するため白色ワックス系固形潤滑剤についても平行して調査を行なっている。

6ヶ月間（約85000km）の走行において、カーボン系固形潤滑剤のヒビ割れや欠けは発生しなかった。この間のすり板摩耗量の推移については図1に示す。カーボン系の固形潤滑剤の取付いているすり板の摩耗率は0.33mm/10^3km であり、白色ワックス系では0.40mm/10^3kmで、すり板摩耗量についてはカーボン系の方で若干低減したことが確認できた。

図1 すり板摩耗量の推移



4．まとめ

在来線電車の焼結合金すり板でのカーボン形固形潤滑剤の適用について検討を行ない次の点について確認できた。

(1) 白色ワックス系固形潤滑剤には絶縁性の高い四フッ化エチレン樹脂が含まれており、これがトロリ線とすり板の間に介在し、離線率に影響している。

(2) 定置試験にて実際の使用時に想定される衝撃力が、すり板交換時期に近づいたパンタグラフに加わっても、カーボン系固形潤滑剤にヒビ割れや脱落は発生しない。

(3) 実際の現車に搭載して長期耐久試験を行った所カーボン系固形潤滑剤にヒビ割れや脱落は発生せず、摩耗率は白色ワックス系に比べて低減している。

以上の結果を受け、今後導入編成を拡大し、耐久性の確認と地上側への影響について、検証を行なうこととしている。

参考文献

1) 中村、他:剛体架線の波状摩耗低減について、J-RAIL’05