

落葉による空転対策検討のための室内試験および実車走行試験

(公財) 鉄道総合技術研究所      正会員    ○木村   成克  
(公財) 鉄道総合技術研究所      非会員    陳   樺  
(公財) 鉄道総合技術研究所      非会員    山本   大輔

1. はじめに

列車の空転および滑走は、列車の定時運行に支障をきたすだけでなく、レールの空転傷や車輪のフラットを引き起こす恐れもある。山間線区における主な空転の発生原因は、車輪とレールの間に落葉が介在することで走行方向の粘着力を低下させていることである。これまでもいくつかの対策法が施工されているが、落葉の最盛期には依然として空転が発生している。

本研究では、新たな対策法検討のため、既存の対策法における基礎データを取ることを研究目的とし、レール面に落葉が存在する場合の車輪通過回数に応じた落葉の変化を観察した。また所内試験線において、試験車両走行時の車輪すべり状況と粘着挙動を確認した。

2. 室内試験

(1) 室内試験概要

車輪とレールの間に介在する落葉が繰返し踏まれる状況を模擬した室内試験装置を試作し、車輪通過回数による落葉の変化およびレール面に生成された黑色皮膜の厚さ変化を観察した。

試験条件は単線の山間線区をモデルとし、1日あたり2両×8列車とした場合、片側のレールは8車輪×8列車となるため、車輪通過回数を64回と設定した。また、試験に用いる落葉は桜とし、粉碎した状態でレール面に撒いた。試験は計3回実施し、落葉試料量は0.4g、室温20℃、湿度は34%の条件で行った。

(2) 室内試験結果

車輪通過回数と黑色皮膜厚さの関係を測定した結果を図1に示す。

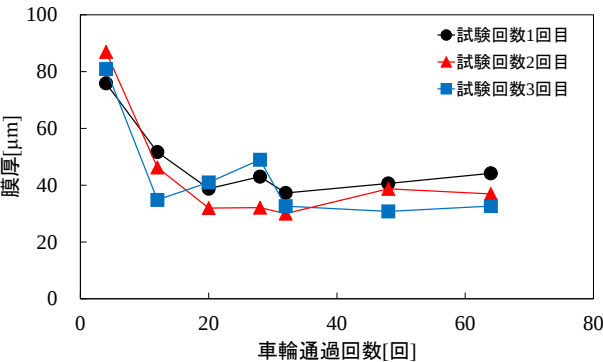


図1 車輪通過回数による黑色皮膜厚さ変化

車輪を20回(5両相当)通過させた以降の膜厚は変化が見られず、64回までの平均膜厚は約37.9μmであった。これは、所内実車走行試験(3章参照)や営業線で測定された膜厚と近く、当該装置は、落葉による黑色皮膜の生成過程を模擬することが可能と確認した。

3. 所内実車走行試験

(1) 所内実車走行試験概要

所内試験線においてレール面に黑色皮膜を生成させた後、試験車両による起動試験を実施し、乾燥条件、湿潤条件と既存対策法条件下の車輪すべり状況および粘着係数の挙動を確認した。表1に試験条件を示す。

表1 試験条件

| 試番  | レール面条件  | 対策種別(量・粒径)                   | 空転時<br>ノッチ | レール温度<br>[℃] | 気温<br>[℃] | 湿度<br>[%] |
|-----|---------|------------------------------|------------|--------------|-----------|-----------|
| 1   | 乾燥      | —                            | 4          | 7.7          | 4.8       | 34.0      |
| 2   | 湿潤      | —                            | 2          | 4.9          | 4.4       | 36.9      |
| 3   | 黑色皮膜・乾燥 | —                            | 1          | 11.9         | 16.1      | 34.1      |
| 4   | 黑色皮膜・湿潤 | —                            | 1          | 8.0          | 9.1       | 30.8      |
| 5-1 | 黑色皮膜・乾燥 | 砂(3g/m <sup>2</sup> ・4-5mm)  | 2          | 8.6          | 10.6      | 74.9      |
| 5-2 | 黑色皮膜・湿潤 | 砂(3g/m <sup>2</sup> ・4-5mm)  | 1          | 11.3         | 11.4      | 69.3      |
| 5-3 | 黑色皮膜・乾燥 | 砂(6g/m <sup>2</sup> ・4-5mm)  | 2          | 9.2          | 10.9      | 72.7      |
| 5-4 | 黑色皮膜・乾燥 | 砂(12g/m <sup>2</sup> ・2-3mm) | 2          | 6.3          | 7.2       | 30.5      |
| 5-5 | 黑色皮膜・乾燥 | 砂(12g/m <sup>2</sup> ・4-5mm) | 2          | 11.7         | 11.9      | 65.3      |
| 6-1 | 黑色皮膜・乾燥 | アルミナ(30g/min・275μm)          | 1          | 7.4          | 10.1      | 31.3      |
| 6-2 | 黑色皮膜・湿潤 | アルミナ(30g/min・275μm)          | 1          | 6.3          | 8.9       | 34.3      |
| 6-3 | 黑色皮膜・乾燥 | アルミナ(60g/min・275μm)          | 2          | 4.0          | 7.6       | 37.4      |
| 6-4 | 黑色皮膜・乾燥 | アルミナ(60g/min・463μm)          | 1          | 4.2          | 5.9       | 67.4      |
| 6-5 | 黑色皮膜・乾燥 | アルミナ(120g/min・463μm)         | 2          | 5.4          | 6.8       | 63.6      |
| 6-6 | 黑色皮膜・湿潤 | アルミナ(120g/min・463μm)         | 1          | 6.8          | 7.1       | 63.6      |

(2) 既存対策法における粘着係数の評価

既存対策法が車輪とレール間の粘着力に及ぼす効果を把握するため、粘着係数の評価試験を行った。粘着係数は車上から得られる推進軸トルク値から接線力係数を算出し、車輪が滑る直前の最大接線力係数の値としている。図2には1ノッチ、図3に2ノッチでの各レール面条件における起動時粘着係数を示す。なお、図に示す矢印は、以上を意味している。

図2よりアルミナにおいては、試番3と比較すると、散布時の粘着係数は僅かながら増加していることを確認した。また図3より、砂は散布量および粒径が大きいほど粘着係数が高い傾向となり、試番3と比較して粘着係数が1.04~1.34倍高くなることを確認した。

キーワード 落葉, 空転, 黑色皮膜, 粘着, 砂, アルミナ粒子

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 軌道力学 TEL 042-573-7291

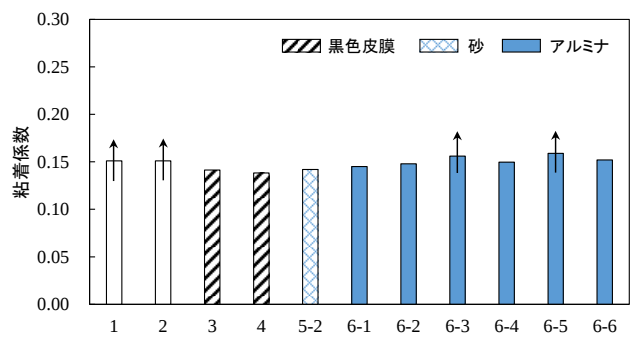


図 2 起動時粘着係数 (1 ノッチ)

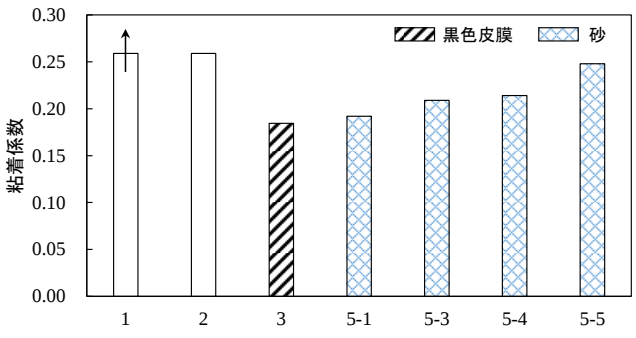


図 3 起動時粘着係数 (2 ノッチ)

(3) レール頭頂面摩擦係数の測定

各試験条件におけるレール頭頂面の粘着状態を把握するため、トリボメータを使用して摩擦係数を測定した。図 4 に平均動摩擦係数の測定結果を示す。

天候や時間帯の影響を受けるため一概には比較できないものの、砂では 0.4 程度であり、試験前より動摩擦係数は上昇している。アルミナにおいては湿潤条件では上昇しているが、乾燥条件は下降している。しかし、アルミナの粘着係数は 0.159 以上と試番 3 より高い。また試験前の動摩擦係数が試番 6-5 だけ高いことから、今後結果の妥当性を確認していく必要がある。

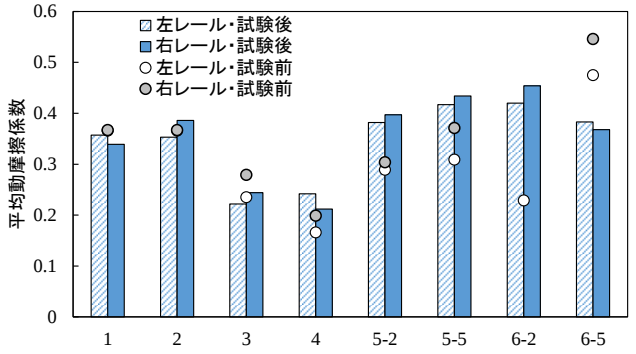


図 4 平均動摩擦係数測定結果

(4) レール面付着物膜厚の測定

黒色皮膜存在時における、試験車両走行前後でのレール面付着物の状態を定量的に把握するため、レール

面付着物の厚さを測定した。膜厚は 10 箇所測定値を平均した値としている。各試験条件におけるレール面付着物膜厚の測定結果を図 5 に示す。

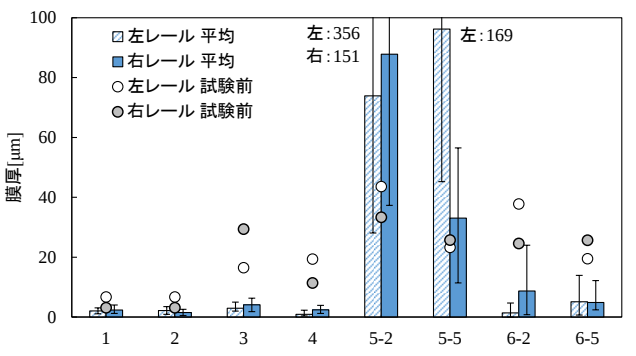


図 5 レール面付着物膜厚測定結果

砂以外の膜厚測定結果は、試験後の膜厚が低下している。これは、力行時の駆動力が車輪とレール間の接触位置に作用し、黒色皮膜を剥がしたためと考えられる。また、アルミナの平均膜厚 (約 5 $\mu$ m) は試番 3 の平均膜厚 (約 3.5 $\mu$ m) との差異が認められなかった。一方、砂を撒いた場合の膜厚は他と傾向が異なり増加傾向となった。原因としては、砂の粒径がアルミナに対して 10~16 倍大きく、列車通過により粉碎された砂が黒色皮膜へ混じったためと考えられる。

4. まとめ

本研究における、室内試験および所内実車走行試験の結果より、次の知見が得られた。

- (1) 室内、所内試験線の結果より、落葉による黒色皮膜の生成過程を室内で模擬できることを確認した。
- (2) 砂を黒色皮膜上に撒くことにより、粘着係数および平均動摩擦係数は増加する。また、黒色皮膜に車輪によって粉碎された砂が混じることで膜厚が増加する傾向にあることがわかった。
- (3) アルミナ散布は対策前と比較し、僅かながら粘着係数が増加していることを確認した。

今後は本研究で得られた基礎データをもとに新たな対策法を考案、検証し、落葉による空転対策に寄与していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 菅原衛：山間線区における空転や滑走に関する研究，土木学会第 67 回年次学術講演会，VI-495，pp.989-990，2012。
- 2) 陳樺他：粘着力に対する落ち葉の影響，鉄道総研報告，Vol.31，No.4，pp.29-34，2017。
- 3) 陳樺：走る基本-粘着とは何か-，RRR，Vol.65，No.7，pp.2-5，2008。