

JSCM-2-1.

車輪／レール接触状態とクリープ特性 第 5 報 (摩擦制御と車両運動特性)

[機] ○松本 耕輔 (東大院, 東京地下鉄). [機] 須田 義大, [機] 小峰 久直 (東大)
荻野 智久, 栗原 純 (東京地下鉄). 佐藤 與志, [機] 中居 拓自 (住友金属)
[機] 谷本 益久, 岸本 康史 (住友金属テクノロジー)

Creep Force Characteristics on Wheel / Rail Surface Condition (5th Report)

Kosuke MATSUMOTO (Univ. of Tokyo, Tokyo Metro), Yoshihiro SUDA, Hisanao KOMINE (Univ. of Tokyo)
Tomohisa OGINO, Jun KURIHARA (Tokyo Metro), Yoshi SATO, Takuji NAKAI (Sumitomo Metal Industries)
Masuhisa TANIMOTO, Yasufumi KISHIMOTO (Sumitomo Metal Technology)

The Purpose of this study is to introduce a Wheel / Rail contact-model, which can express the creep force characteristics of Wheel / Rail interaction observed in real railway system. Creep force characteristics is affected by kinds of materials, e.g. water, iron powder, grease and so on. In this study, authors have been paying attention especially to the performance of friction modifier and considering the method to improve the Wheel / Rail contact condition with it. In order to achieve the purpose, constructing the contact model is very important and authors have been carrying out experiments with actual bogie, 1/10-scaled model vehicle and two-roller-rig testing. In this paper, authors introduce the results of investigation in service line, in which Friction Modifier is sprayed to the rail by onboard device of service train for the purpose of improvement of curving performance of bogie truck.

キーワード: 鉄道, 摩擦, 曲線旋回性能, 接触問題, 摩擦調整材

Keywords: Railway, Friction, Curving Performance, Contact Problem, Friction Modifier

1. はじめに

近年, 車輪／レール接触に関する研究分野が非常に注目されている中, 著者らは車輪／レール接触に関する諸問題の解決手段のひとつとして, 摩擦調整材 (KELTRACK™ HPF) により車輪／レール間の摩擦状態を制御し, 車両の曲線旋回性能を向上させる手法を提案してきている。^{[1][2]} この技術を実現するためには, 車輪／レール間の接触状態変化を考慮した最適な制御を確立する必要があり, 特に摩擦調整材の特性変化を考慮した車輪／レール接触モデル同定が必須の課題となる。

そこで本報告では, 営業線で摩擦調整材を適用したときの車両曲線通過性能に関する測定を行い, その測定データをもとに, 車輪／レール間の接触状態の観点から摩擦制御の手法に関して検討した結果について報告する。

2. 鉄道における摩擦調整材の適用手法

本研究で採用している摩擦調整材は, 車両の曲線旋回運動に対し車輪／レール間の摩擦係数 (粘着係数) を適度に低く保ちながら, すべり率が増加するに伴って摩擦係数も増加するポジティブな摩擦特性を有している。^[3] これら摩擦調整材の特別な特性により, 著大横圧の発生, 車輪・レールの側摩耗, キシリ音など車輪／レール間の摩擦係数が高すぎるために発生する問題と, 車輪滑走, 空転など摩擦係数が低すぎることに起因した問題の双方を同時に解決することが可能となる。

この摩擦調整材を用いて, 車輪／レール間の接触状態

を制御するにあたり著者らは, 車上装置により摩擦調整材をレールに供給する方法を選択し, 編成最後尾軸の後ろから摩擦調整材を内軌頭頂面に向け霧状に噴射する手法を開発した。(図 1)

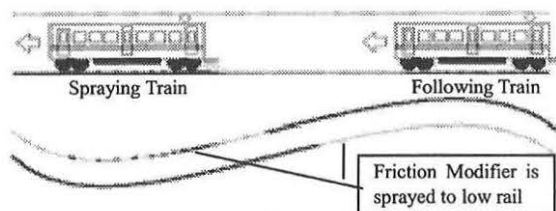


図 1 摩擦制御のシステム基本概念

3. 営業線における測定結果と検証

上述のとおり, 本研究では摩擦調整材により, 車両の曲線通過性能を改善することを目標としているが, 摩擦調整材の効果を十分に得るためには, 適切な供給・消費のバランスが求められ, 噴射量と噴射間隔 (1 回の噴射に要求する効果持続編成数) が非常に重要となる。図 2 に過去に行った二円筒転がり接触試験機の試験結果を示すが^[4], ここでは, 軌条輪に同量の摩擦調整材を塗布し, 実車両での噴射後の列車通過本数に相当する接触転動時間を変化させた時, 摩擦調整材の特性にどのような影響が現れるかを評価した。その結果, 摩擦調整材の供給～消費を繰返し行った時, 噴射間隔が最終的に収束する車輪／レール間の摩擦状態に影響することが確認された。

そこで今回、二円筒転がり接触試験機で確認された同現象について、営業線での実車両試験により検証した。

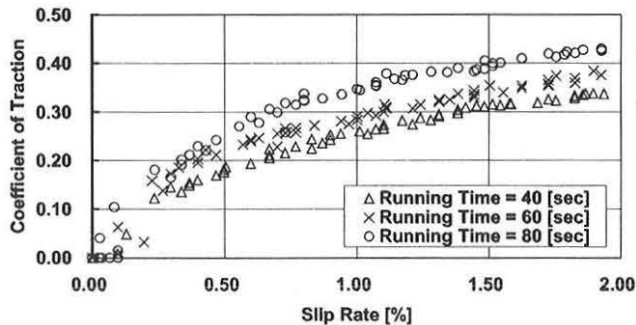


図 2 摩擦調整材の消費と摩擦特性

3-1. 曲線並びに車両条件

今回、営業線での車両走行状態の検証を行うにあたっては、内・外軌レールに貼った歪ゲージによる、輪重・横圧の地上測定を行った。試験曲線の条件としては、曲線半径 131m、軌間 1435mm、カント 105mm、スラック 17mm であり、同曲線を通過する車両の走行速度はどの編成でもほぼ一定で、平均値は約 40km/h であった。

3-2. 測定結果

図 3 に同地点で測定された輪重・横圧のデータから求められた内軌輪重横圧比 (内軌 Q/P) の 1 日の推移を示す。尚、同試験区間は、基本的に 3 編成の区間列車が繰返し走行し、稀に出入庫車両が通過する場所であり、摩擦調整材は 3 編成中 2 編成が噴射することを前提にその噴射量を調整してあるが、同日、本試験の目的から、摩擦調整材噴射編成を 1 編成のみに限定することを試みた。解析にあたっては、軸位による運動特性の差異を考慮し、進行方向第 1 軸のデータを 1 車両中の代表値とした。この図から、1560 軸あたりで噴射編成数を増加させたことにより、摩擦調整材の効果が顕著に現れ、内軌 Q/P が低い値に収束していることがわかる。

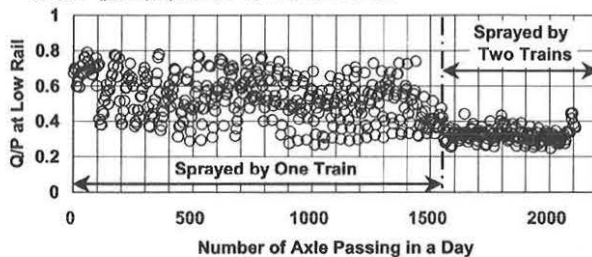


図 3 内軌 Q/P の 1 日の推移

3-3. 統計的検証

(1) 噴射後通過両数による摩擦調整材効果の評価

図 4 に摩擦調整材噴射後に同曲線を通過した編成数と摩擦調整材の効果の関係に注目して整理した結果を示す。この図から、設定した噴射量では、12 両目あたりまでは車両の通過毎に摩擦調整材の効果が徐々に薄れながらもその影響が見られているが、13 両目以降は摩擦調整材の効果が全く認められなくなっていると判断できる。図中実線は 12 両目までの近似線であるが、これから車両通過毎に内軌 Q/P の平均値が徐々に上昇していることがわかり、摩擦調整材の効果と噴射後通過編成数毎の内軌 Q/P の分布の間には強い相関があることが認められる。

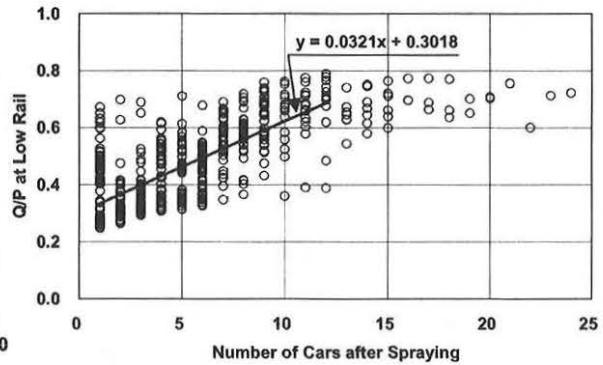


図 4 噴射後通過両数と摩擦調整材の効果

(2) 摩擦調整材の効果と内軌 Q/P の分布

摩擦調整材の効果と内軌 Q/P の分布との相関性を統計的に検証するため、図 3 における 1560 軸通過時の噴射編成数の変更点を境に、その前後の内軌 Q/P の平均値・標準偏差を表 1 に、確率密度関数を図 5 に示す。この結果から、摩擦調整材の効果が十分に得られているとき、内軌 Q/P の分布は、最頻値・標準偏差とも小さくなることがわかり、統計的手法により噴射量・噴射頻度を管理することが、概念的に可能であることが確認された。

表 1 噴射編成数と内軌 Q/P の分布

	内軌 Q/P 平均値	内軌 Q/P 標準偏差
1 編成噴射	0.5445	0.1257
2 編成噴射	0.3365	0.0518

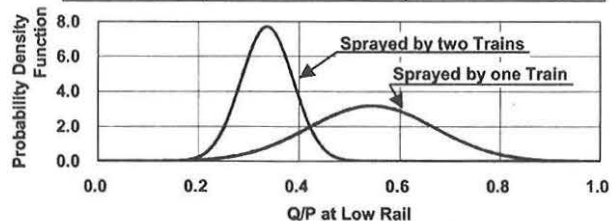


図 5 摩擦調整材の効果と内軌 Q/P の分布

4. まとめ

本報においては、摩擦調整材により車輪／レール接触状態を管理している曲線において、輪重・横圧を地上測定した結果をもとに、その測定データを統計的に処理することで摩擦調整材の効果と内軌 Q/P の相関について検証した。その結果、摩擦調整材の効果と内軌 Q/P の分布の間には相関があり、最頻値だけでなく標準偏差にも差が現れることが確認された。

5. 参考文献

- [1] Tomeoka, M., et.al. : Friction Control between Wheel and Rail by means of on-board lubrication, *Wear* 253 (2002) pp. 124-129
- [2] Suda, Y., et. al. : Experiment and analysis for improvement of curving performance with friction control between wheel and rail, *the 18th IAVSD Symposium*, Atsugi, Kanagawa, Japan, August 2003.
- [3] Matsumoto, K., et. al : A Method to Applying Friction Modifier in Railway System, *JSME International Journal Series C*, Vol.47, No.2, 2004. pp.482-487