

# 鉄道車両の急曲線通過性能向上のための車輪／レール間摩擦制御技術の開発

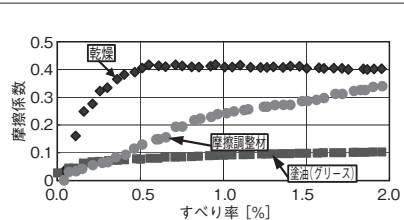


図1 摩擦調整材(KELTRACK™)の特性

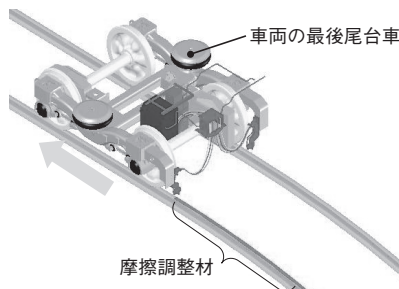


図2 摩擦調整材噴射システム

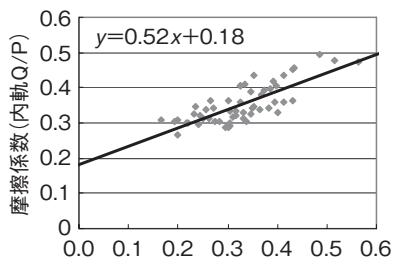


図3 モノリンク荷重と摩擦係数の相関性

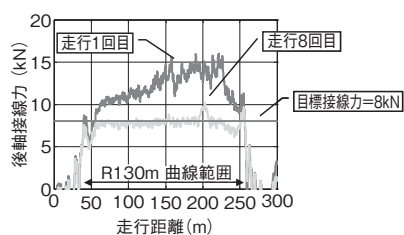


図4 摩擦係数フィードバック制御

## 1. はじめに

レール上を転走する鉄道車両の走行性能は、車輪／レール間の摩擦特性によって大きく変化する。すなわち、駆動および制動時には車両の前後運動を制御するために摩擦係数が高くなるのが望ましく、一方で曲線を通過する際には抵抗力(横圧)を極力小さくするために摩擦係数が低くすることが望ましい。これらの対策として古くから

各種の対策が講じられており、摩擦係数を増加させるための砂まきや、摩擦係数を低下させるための塗油および散水が鉄道において一般的に行われている。それぞれ一長一短があるため、鉄道にとって摩擦状態は管理困難なものである。都市内を走行する地下鉄では、極力道路下に路線を設置する制約から急曲線が多数設けられるが、一方で大量・高頻度の車両運行を実現するための高加速・減速性能が必要となる。すなわち、地下鉄では急曲線における走行抵抗低減と、駆動・制動性能を両立させる技術が必要である。本稿では、車輪／レール間の摩擦係数を適切に管理することが可能な摩擦調整材を紹介し、東京大学、東京地下鉄(株)、住友金属テクノロジー(株)および住友金属工業(株)の4社共同で開発した、摩擦調整材噴射による摩擦制御技術を紹介する。

## 2. 摩擦調整材

近年、海外では固体摩擦調整材を車輪踏面(レールとの接触部)に押し付けることで、車輪・レール間の摩擦係数を管理する手法が開発されている。大量輸送を行う国内の地下鉄では、車両数が多いため固体摩擦調整材を適用した場合、その交換作業がネックとなる。そこで著者らは、摩擦調整材(KELTRACK™)を水ベースとして車両(台車)からレール上に噴射することで、車輪・レール間の摩擦係数を制御する方法を開発した。

噴射した水ベースの摩擦調整材は、水分が乾燥後には固体摩擦調整材と同様の特性を有し、曲線などの微小なすべり状態では摩擦係数を低く保ち、すべり率が増加するに伴ってその摩擦特性がポジティブな特性を発揮し、駆動・制動時に必要な粘着力を、乾燥状態と同様に確保する(図1)。

## 3. 摩擦係数のフィードバック制御

摩擦調整材を車両(台車)からレール上に適用するには、工夫が必要である。走行中の台車から摩擦調整材を噴

射し、そのままレール上を台車(車輪)が通過すると、湿潤状態の摩擦調整材が車輪・レール間に入り込み、図1に示したような乾燥した摩擦調整材の本来の特性を得られない。そこで、車両最後部の台車端部(排障器)にノズルを取り付け、車両が曲線を通過する際にレール上に摩擦調整材を噴射するようにした(図2)。これであれば、レール上の摩擦調整材を車輪は通過せず、次列車通過までの時間に摩擦調整材は乾燥する。次列車は、摩擦調整材の乾燥したレール上を通過することでそのメリットを享受する。本システムは現在、東京メトロの一部路線にて営業車両に搭載されており、曲線抵抗(横圧)、振動(レール小返り)、騒音(きしり音)が大幅に低減されることが確認されている。

特定の車両に噴射装置を搭載して曲線を通過する際に、摩擦調整材を一定量噴射することで、摩擦係数を低くすることが可能であるが、通過頻度は列車ダイヤ等により決まるため、常に最適な摩擦状態が維持されるとは限らない。そこで、著者らは台車に荷重センサを取り付け、車輪・レール間の摩擦係数をリアルタイムで検知することに取り組んだ。台車枠と輪軸(車輪および車軸)間を結合する部品(モノリンク)に荷重センサを取り付け、荷重と摩擦係数に強い相関性があることを確認した(図3)。荷重信号を制御装置にフィードバックすることで、摩擦状態に応じた噴射制御が可能になる。これにより曲線全体を通じて摩擦係数が安定した状態になる(図4)。

## 4. 今後の展望

現在は東京メトロの一部路線のみで適用している摩擦調整材による車輪・レール間の摩擦制御技術であるが、今後は多くの地下鉄路線で摩擦状態を適切に管理することが可能になるように、さらに制御装置の完成度を高めていく必要がある。

(原稿受付 2008年1月18日)

[中居拓自 住友金属工業(株)]