

⑰ レール/車輪境界条件による摩耗への影響に関する実験 —モデル試験機による車輪摩耗実験—

交通システム研究領域
上智大学理工学部

※森 裕貴
森本 祐也

佐藤 安弘 大野 寛之 陸 康思
三苫 雅史 曄道 佳明

1. はじめに

鉄道のレールや車輪の摩耗は、メンテナンスや走行安全性に関わる問題であり、特に曲線の多い都市内路線にとっては、曲線通過時における騒音や横圧の増加といった課題への効果的な対策が求められている。近年、レール/車輪境界を改善するため、潤滑によりクリープ力を減少させる摩擦調整剤 (Friction Modifier, 以下 FM と略記) が導入され始めている。しかし、曲線走行性についての実験や営業線での試験において使用された例が報告されているが、車輪摩耗量の低減効果について、定量的な評価は行われていなかった。

摩耗による車輪寿命を推定する検証の方法としては、実車両による実験、模型試験機による実験、摩耗則に基づく数値シミュレーションなどが考えられる。実車両による実験については、実験路線の環境に結果が影響されやすく、特定条件下での実験となるため、定量的な評価が得られにくい。反対に、シミュレーションによる推定については、古くから研究が行われているものの、車輪の摩耗に影響する因子が多岐にわたるため、推定が難しいテーマである。そこで、摩耗影響因子を制御しやすく、様々なパラメータを系統的に変更できる模型試験機を用いて、車輪摩耗特性を検証する実験を行った。

本研究では、レール/車輪境界条件が乾燥 (DRY) 条件である場合と、FM を塗布した条件において、通過トン数と摩耗量の関係について評価を行ったので報告する。

2. 実験装置概要

2. 1. 1/5 スケール模型試験装置

実験は当研究所に設置されている、1/5 スケールの模型試験機を用いて行った (図1)。レールに相当する軌条輪軸には、左右独立してモータが設置さ

れており、曲線における内外軌走行経路差は、左右のモータで異なる回転数を発生させることで模擬する。また、軌条輪側ユニットの駆動装置が、台車側ユニットとは独立しているため、基準位置を中心に、軌条輪側ユニットを回転させることで、アタック角を付与することができる。

2. 2. 計測項目

車輪摩耗量は、車輪形状をライン変位センサにより1車輪につき3点を測定、断面形状の平均値より摩耗量を求める。そのほか、輪重・横圧を軌条輪に貼付された歪みゲージにより測定。前後方向接線力は軌条輪駆動軸に介在するトルクメータ及び軌条輪半径から算出される。車輪アタック角及び車輪/レール間左右方向相対変位は、非接触変位計によって計測・算出される。また、マイクロスコップで車輪接触面の撮影を行う。

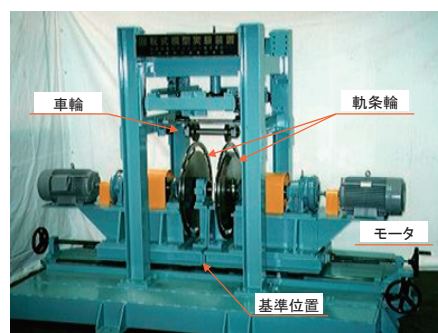


図1 1/5 スケール模型試験装置外観



図2 ライン変位センサ設置状況

3. 実験

3. 1. 実験条件

輪軸は標準円錐車輪踏面の一体輪軸を使用。輪重は実輪重 6~7 トン相当 (最大ヘルツ圧合わせ)、速度は 150km/h 相当となるように設定した。また、FM の供給方法としては、固形の FM を軌条輪に治具を用いて押し当てることで供給した。

曲線条件としては、(1) 直線、(2) 緩曲線 (R = 300m)、(3) 急曲線 (R = 100m) の 3 パターンを設定し、DRY 条件、FM 塗布条件それぞれの条件で車輪摩耗実験を行った。

3. 2. 実験結果

通過トン数と摩耗量の関係をまとめたものを図 3 に示す。実験の結果より、車輪の摩耗量と通過トン数の間には、一定の線形関係があり、同じ曲線半径であれば DRY 条件に比べて、FM 塗布条件では摩耗量が少なくなることが確認された。

DRY 条件の R=100m と直線、FM 条件の R=300m と直線については、一定の傾きを持つ比例関係にあると考えられる。また、DRY 条件の R=300m と FM 条件の R=100m については、接触面積が小さい初期形状付近で接触面圧が増大し、摩耗が顕著に進んだ後、通過トン数が 4mega-ton を超えたあたりから、傾きを減じている。FM 条件の R=100m については、直線条件と同程度まで傾きが減少しているが、11-12 mega-ton 間で摩耗量が急増している。これは実験中に FM の固定治具が外れ FM の供給が停止、その後再装着したことが原因と考えられる。

このように実験初期において、実験条件の違いにより車輪摩耗量に大きな違いがでた原因として、レール/車輪の摩耗状況の違いが考えられる。摩耗量の変化に大きく違いの出た、R=300m での車輪摩耗の進展状況を図 4 に示す。DRY 条件の初期形状 (0mega-ton) から軌条輪の形状に合わせて大きく摩耗が進展していることがわかる。これは、実験開始後の車輪接触面において、表面組織がはがれ落ちる凝着摩耗が発生したと考えられ、マイクロ스코プによる接触面の画像より確認した。一方 FM 塗布条件では、一貫して圧延摩耗により摩耗が進行しており、摩耗量は直線の場合とほぼ変わらない結果となった。FM を塗布した場合は、車輪断面形状に大きな変化が見られず、レール/車輪境界条件が改善されたことを確認した。

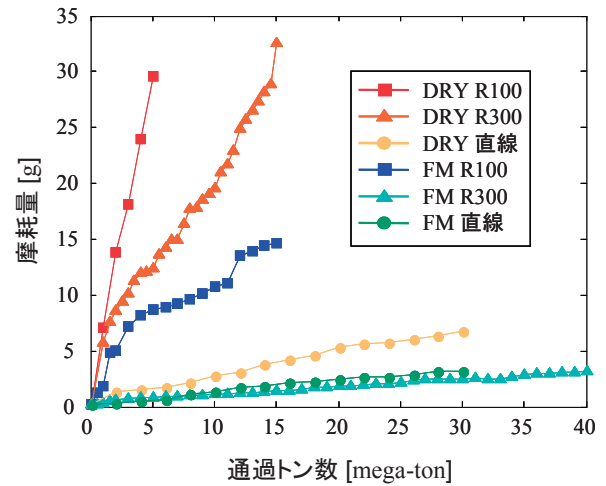
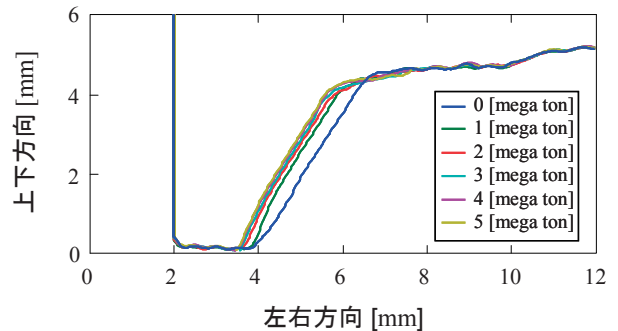
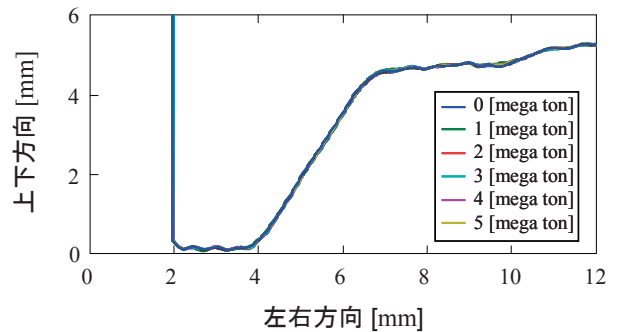


図 3 摩耗量-通過トン数相関



(a) 車輪断面形状 (DRY 条件)



(b) 車輪断面形状 (FM 塗布条件)

図 4 車輪摩耗進展状況 (R=300m)

4. まとめ

本研究において、レール/車輪境界条件が車輪摩耗に与える影響について模型試験機を用いて評価を行った結果、曲線の外軌レールに摩擦調整剤を塗布することによって、車輪摩耗量が DRY 条件と比較すると、大きく低減することが明らかとなった。

今後の課題として、FM の固定治具が外れた R=100m の再実験を含め、さらに多くの曲線半径での実験データを収集し、車輪摩耗量と通過トン数間の線形関係を体系化できれば、車輪寿命を適切に管理することが可能となり、メンテナンス性や走行安全性の向上に貢献できると考えられる。