

在来線摩耗レール上を新幹線車両が高速走行した場合の走行特性に関する検討

鉄道総合技術研究所 正会員 ○清水 惇
 鉄道総合技術研究所 正会員 水野 真敏
 鉄道総合技術研究所 飯田 忠史

1. はじめに

現在、新幹線においては 60kg レールが使用されており、これまでの研究¹⁾において、レールや車輪の摩耗により走行安定性が変化することが報告されている。60kg レールは在来線でも使用されているが、これまでに在来線で摩耗したレール上を新幹線が走行した場合における検討はなされていない。そこで、在来線で使用されて摩耗した 60kg レール上を新幹線車両が高速走行した場合の走行特性について検討を行った。本稿はその結果をまとめたものである。

2. レール断面の実態調査

旅客列車および貨物列車が走行する在来線 (JIS 60kg レール敷設) において、累積通過トン数の異なる未削正区間で、レール断面形状計測器 (Miniprof) を用いてレール頭部形状を測定した。各区間での測定位置は、直線および曲線 (R=6500m) における左右レールで、50m レールの中心とその前後 10m 間隔の 3 断面とした。そして、測定データを平均化したレール頭部形状とその曲率半径を算出した。

図 2.1, 2.2 に直線区間における累積通過トン数別のレール断面形状と頭部曲率半径の一例を示す。

まず、断面形状を見ると、累積通過トン数 9,000 万 t では、ゲージコーナ (以下、「GC」という) が頭頂面 (レール上下方向位置 0mm) から -5mm 付近で 60kg レールの初期形状よりも凸になっているが、これはレール頭頂面が摩耗しているためで、車輪のフランジによる GC 部の摩耗はほぼ見られない。一方、累積通過トン数 26,000 万 t についても主にレール頭頂面の摩耗が進んでいるものと考えられ、GC 部の摩耗は小さい。

次に、レール頭部の曲率半径を見ると、累積通過トン数に関わらず GC 部で設計値よりも小さく、累積通過トン数 26,000 万 t のレール左右位置 35~45mm で曲率半径が異なるものの、概ね 50kgN レールの初期形状に近いことがわかる。また、26,000 万 t の GC 部は 50kgN レールに更に近い曲率の分布であることがわかる。なお、断面形状と曲率半径については、他の累積通過トン数および曲線部のレールにお

いても同様の傾向が確認された。

以上より、測定を行ったレールは、頭頂面の摩耗が認められ、GC 部の摩耗が小さいことを確認した。また、断面は 50kgN レールの初期形状に近い傾向にあるといえる。

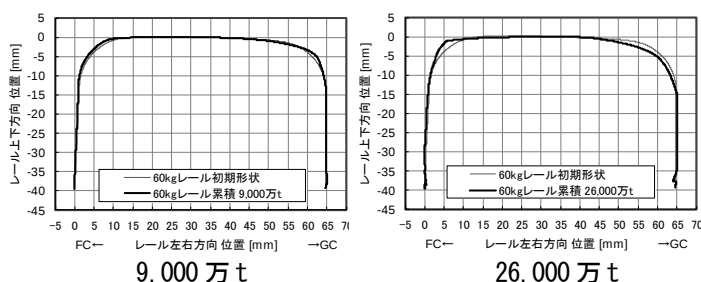


図 2.1 累積通過トン数別のレール頭部断面形状

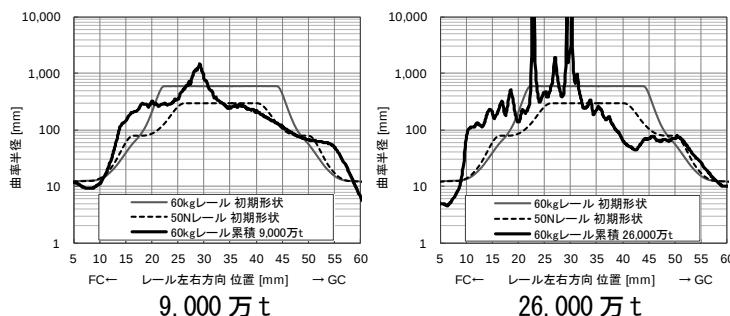


図 2.2 累積通過トン数別のレール頭部曲率半径

3. 車両運動シミュレーション

左右のレール断面形状が異なる際の走行安定性、走行安全性について、片側が在来線車両によって摩耗した 60kg レール、もう片側が設計形状の 60kg レールの軌道上を新幹線車両が走行する場合と、両側レールが設計形状の 60 kg レールの軌道上を新幹線車両が走行する場合を比較することによって検討した。ここで、走行安定性は輪軸単体の蛇行動波長から求めた等価踏面勾配によって検討し、走行安全性は 1 両の新幹線車両をモデルとした時刻歴シミュレーション²⁾を実施した。レール形状は、前節で実測した摩耗断面形状より推定した累積通過トン数 30,000t の摩耗断面形状を用い、車輪は設計形状の新幹線円弧踏面のほか、実測した摩耗車輪踏面形状から推定した 30 万 km 走行時の摩耗車輪形状を用いた。

キーワード 等価踏面勾配, 走行安定性, 走行安全性, レール頭部断面形状, 60kg レール

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総合技術研究所 軌道管理 TEL:042-573-7278

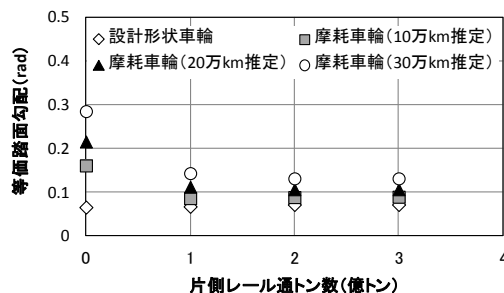


図 3.1 摩耗と等価踏面勾配の関係

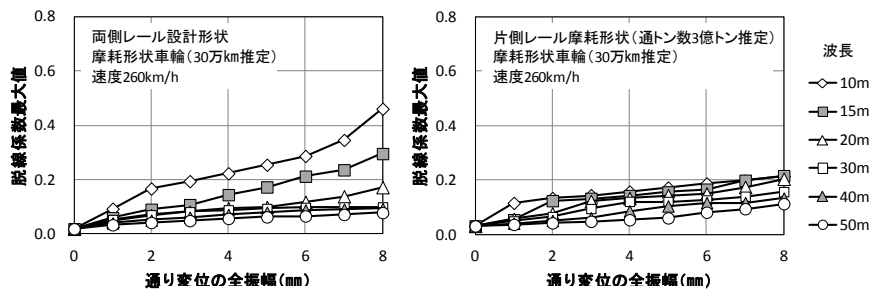


図 3.2 通り変位と脱線係数最大値の関係

3. 1 走行安定性の検討

図 3.1 に、各条件での等価踏面勾配の計算結果を示す。設計形状車輪では、両側レールが設計形状の場合（片側レール通トン数 0）と片側レールのみが摩耗した形状の場合に顕著な違いは認められない。一方、摩耗車輪では、車輪走行距離の増加に伴う等価踏面勾配の増大が小さくなる傾向が認められる。これは摩耗レールの頭頂面の曲率が設計形状と比べ大きくなっているためと考えられる。

この結果より、新幹線車両の高速走行については、車輪摩耗の有無に関わらず、片側のみが摩耗したレールを用いても、両側レールが設計形状の場合と比べて走行安定性が低下することは無いと考えられる。

3. 2 走行安全性の検討

時刻歴シミュレーションは、直線、曲線（ $R=6500\text{m}$ 、 $C=60\text{mm}$ ）双方で行い、軌道変位については正弦波状のデータと在来線の検測車で収録した動的軌道変位データを用いた。

(a) 脱線係数最大値

正弦波状の通り変位と脱線係数の最大値の関係を図 3.2 に示す。片側レールが摩耗した場合の脱線係数が、両側レールが設計形状の場合と比較して顕著に大きくなることは無かった。

(b) 曲線での定常横圧と脱線係数

表 3.1 に軌道変位が無い場合の横圧および脱線係数を示す。内外軌のどちらかが摩耗した場合と両側が設計形状の場合を比較してほとんど差が認められなかった。このことから、片側のレールが摩耗していても曲線通過性能の顕著な低下は無いと考えられる。

表 3.1 定常横圧および脱線係数の比較

内軌形状	外軌形状	車輪形状	260km/h	
			横圧(kN)	脱線係数
設計	設計	設計	5.6	0.08
設計	摩耗	設計	5.3	0.08
摩耗	設計	設計	6.1	0.09
設計	摩耗	摩耗	5.2	0.08
摩耗	設計	摩耗	5.6	0.08

(c) 乗り心地レベル

検測車で収録された動的な通り変位を用いて直線区間と曲線区間のシミュレーションを実施し、乗り心地レベルを算出した。その結果を図 3.3 に示す。片側レールが摩耗することによって両側レールが設計形状のとき（図の通トン 0 に該当）よりも乗り心地レベルが悪化する傾向にあるのは、「曲線、外軌摩耗、摩耗車輪、速度 260km/h」の条件のみであり、他の条件では良化または同等の傾向となった。

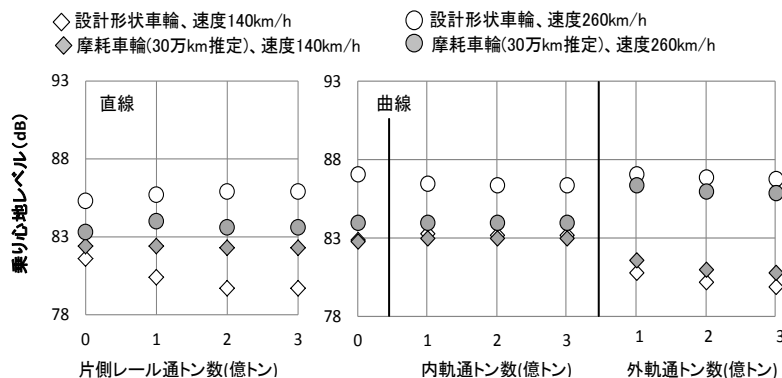


図 3.3 レール摩耗と乗り心地レベルの関係

4. まとめ

本稿では、在来線で摩耗した 60kg レール上を新幹線車両が高速走行した場合の走行特性を検討するため、摩耗形状の測定、車両運動シミュレーションを実施した。その結果、在来線で摩耗した 60kg レールの頭頂面の曲率半径は、設計形状よりも小さく、ゲージコーナー部分は概ね 50kgN レールの初期形状に近いことを確認した。また、測定したレール断面と、新幹線車輪を組み合わせる走行シミュレーションを行ったところ、片側レールのみが摩耗している場合でも、両側レールが設計形状の場合と比較して走行安定性が低下することは無いこと、走行安全性に著しい低下は認められないことを確認した。

参考文献

- 1) 小木曾他：60kg レール踏面形状の適正化に向けた断面測定と評価，土木学会第 67 回年次講演会講演概要集，2012，IV-490
- 2) 佐藤栄作：鉄道車両用操舵機構付き独立車輪台車の運動力学に関する研究，鉄道総研報告，2000