

レール破端の走行安全性に関する一考察

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○田中 俊史
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 楠田 将之

1. はじめに

レールの損傷のひとつに継目部のレール破端がある。レール破端は軌道変位やレール段違いの顕著な箇所および道床バラストの劣化状況等により列車通過時の衝撃荷重が大きくなる箇所に多く発生し、50kgN レールと比べて 50PS レールの発生割合が大きいことが知られている¹⁾。日々の軌道管理やレール探傷検査によって未然に防ぐ取り組みを実施しているものの、破端の大きさや曲線半径によっては脱線の危険性もあり得る損傷形態である。そこで、50kgN レール化の優先順位を決定するために曲線半径と列車走行時の発生横圧に着目し走行安全性の評価を検討した。

2. レールの敷設状況および過去のレール破端状況

表 1 に本線における 50PS レールおよび 50kgN レールの継目箇所の総数、把握している過去約 30 年分のレール破端の件数および各レールの継目箇所の総数で除したレール破端の発生確率（継目 1,000 箇所あたりのレール破端件数）を示す。また、図 1 に 50PS レールの曲線半径別の継目箇所数を示す。過去の文献²⁾にも示されているとおり、50kgN レールに比べてレールの継目ボルト穴の径が大きくレールに負荷がかかりやすい 50PS レールのレール破端発生確率は高いこと、依然として曲線半径の小さい箇所においても 50PS レールが残存していることがわかる。

表 1 継目箇所数およびレール破端の発生確率

レール種別	継目箇所総数	レール破端の件数	発生確率 (件/1,000 箇所)
50PS レール	6,500	10	1.545 (50kgN の 28 倍)
50kgN レール	210,000	12	0.056

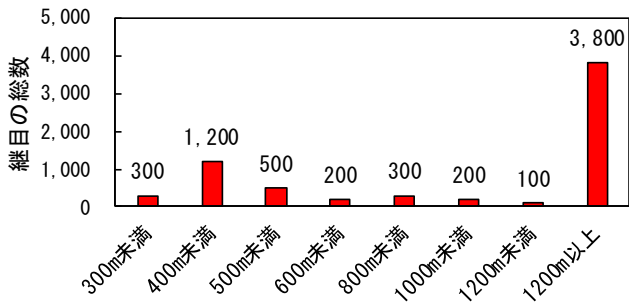


図 1 50PS レールの曲線半径別の継目箇所数

3. レール破端の走行安全性の検討

3.1 検討方法

レール破端の走行安全性の検討方法としては、① 曲線半径と開口量による幾何学的な目違い量と② 軌道条件別に発生する横圧による目違い量の合計値が開口部で車輪がレールに乗り移る際のフランジのあたりを考慮して決定された許容限度値 4mm²⁾を超過するかどうかをひとつの目安値とした。なお図 2 に示すとおり、安全側の検討として継目位置より手前側のレールが破端により開口しておりその端部に横圧が作用すること、開口量は 50PS レール用継目板の第 1 ボルト穴中心からレール端部までの距離である 190.5mm とすることとした。

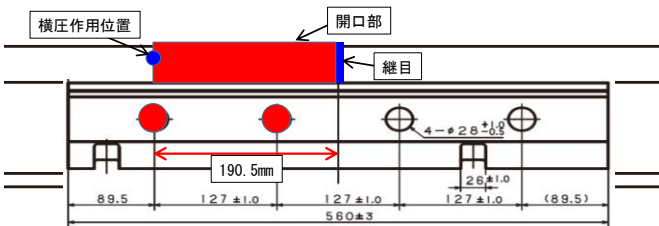


図 2 検討する際の前提条件

3.2 幾何学的な目違い量の検討

図 3 に曲線半径と開口量による幾何学的な目違い



図 3 幾何学的な目違い量の結果

キーワード 継目部, レール破端, 曲線半径, 横圧, 走行安全性

連絡先 〒530-8341 大阪府大阪市北区芝田 2-4-24 西日本旅客鉄道(株) 施設部 施設技術室 TEL 070-8690-8488

量の算出方法と結果を示す．ここで a : 目違い量, $b \div x$: 開口量, r : 曲線半径とし, 算出する際の曲線半径には3級線の通り狂いの整備目標値 16mm (静的値) を考慮した．結果より, 幾何学的な目違い量は無視できるほど小さいことを確認した．

3.3 横圧による目違い量の検討

まず, 横圧推定式³⁾を用いて曲線半径ごとの車輪横圧, カント遠心横圧, 通り狂い横圧および継目衝撃横圧を求めた．ここで列車速度は曲線における基本の速度を参考に設定し, 車両形式は 50PS レール敷設区間を走行する列車 A (軸重 107kN) および列車 B (軸重 117kN), カント不足量は 40mm, 通り狂い横圧を求める際の通り狂い標準偏差は 4.5mm とした．図 4 に列車 A における推定した横圧を示す．

次に, 得られた横圧が作用した場合の目違い量を算出するために有限要素法による線形静解析を実施した．図 5 に示す解析モデルのとおり 50PS レールを梁要素, レール締結装置をばね要素とした．レール締結装置間隔は, 破端の開口量を考慮した支え継目部の所定の間隔とし, 締結装置の横方向のばね定数は線ばね形レール締結装置の 72.5MN/m を採用した．なお, 安全側の検討として横圧による継目板の抵抗力は考慮していない．

4. 結果および考察

図 6 に 3 章で得られた曲線半径ごとの目違い量の合計値を示す．いずれの列車においても曲線半径 600m 未満の条件において許容限度値である 4mm を超過する結果となった．

今回の結果を受けて, 50PS レールの 50kgN レール化は曲線半径の小さい箇所から優先順位をつけて曲線半径 600m 未満まで実施することが望ましいと考える．なお, これらは万が一レール破端が発生した際の脱線リスクを低減するためのハード対策である．これと並行してそもそものレール破端発生のリスクを低減するソフト対策を実施することが重要である．レール破端はレールの継目ボルト穴からのき裂が起点となることが多いためレール探傷車や架台式探傷器の測定結果を注意深く確認するとともに, レール端部の形状が塑性変形している箇所, レール段違いとなっている箇所, 異形継目板を設置している箇所など変動輪重が大きく軸箱加速度が大きい箇所は特に管理強化を実施する必要がある．

参考文献

- 1) 杉山享他：50PS, 50N レールの破端の統計的特徴, 鉄道技術研究所速報, No. 77-135, 1977
- 2) 佐藤吉彦他：レール開口部走行試験, 鉄道技術研究所速報, No. A85-60, 1985
- 3) 国土交通省監修：鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造, (公財) 鉄道総合研究所編, 2012

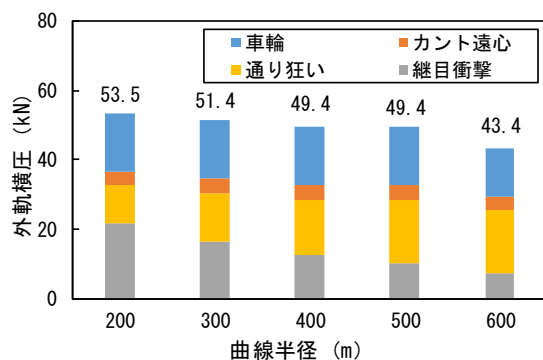
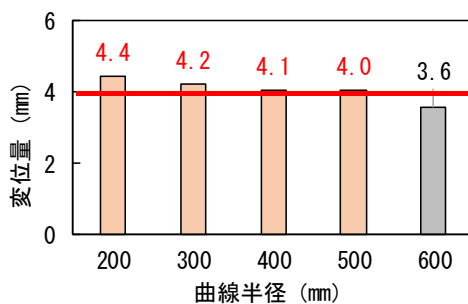


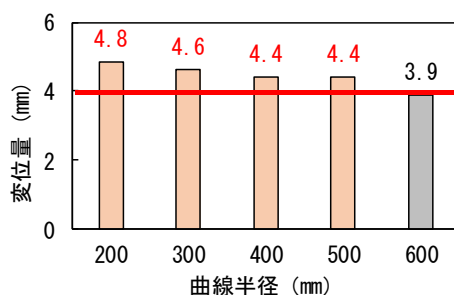
図 4 列車 A における推定した横圧



図 5 解析モデル



(a) 列車 A (軸重 107kN)



(b) 列車 B (軸重 117kN)

図 6 曲線半径ごとの目違い量の合計値