

レールフレーキングの管理方法に関する一考察

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○小松 佳弘 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 熊倉 孝雄
東日本旅客鉄道株式会社 塚田 佑士 東日本旅客鉄道株式会社 仁藤 雄基
東日本旅客鉄道株式会社 秋山 雄二 東日本旅客鉄道株式会社 山口 善弘

1. 背景と方法

レール頭部におけるゲージコーナ部¹⁾の損傷(きしみ傷, ゲージコーナシェリング, ピッチング傷)は乗り心地の悪化や列車騒音の原因となり, さらには傷が大きい場合にはレール折損に至る恐れもある. そのため, ゲージコーナ部の損傷の管理方法ならびに抑制方法が国内外で検討されている所である¹⁾.

特に JR 東日本の新宿エリアは我が国でも有数の稠密線区であり, はく離した鉄片に起因する軌道短絡のリスクも看過できない問題である. 現状では検査等でレールフレーキングを確認した箇所について計画的にレール交換やレール削正を行うという事後保全的な対応となっているが, 上述のリスクを一層低減するためにはフレーキング発生を抑制することやフレーキング発生に対して予防保全的な対応を行うことが求められる.

そこで, 本研究では既往の研究¹⁾で摩耗の促進がはく離の抑制に有効とされていることに着目し, これまで熱処理レール(HH340)を敷設していた箇所に普通レールを試験敷設し, その有効性について検討を行った. また, フレーキングの発生を予測する方法の構築を目的として現場既設レールから得られる実データに基づきレールフレーキングの発生の要因について探索的に検討を行った.

2. 普通レールの試験敷設

2. 1 対象

JR 東日本では摩耗抑制の目的のもと, 曲線半径 800m 以下の曲線外軌では硬度を高くした熱処理レールを敷設している. 本研究では半径 800m 未満の箇所に普通レールを敷設し, 外観(フレーキング, きしみの有無等)・摩耗量などについて調査を行った. なお, 対象箇所は曲線半径 500m 以上 800m 未満のフレーキング発生箇所とした. 対象区間の諸元を表 1 に示す.

2. 2 試験敷設

試験敷設後のフレーキングの発生状況と摩耗量を追跡調査するため現場調査を実施した(表 2). その結果, 敷設から 1 年未満であるにも関わらずフレーキングの発生を確認した(写真 1).

次にレール頭部の硬さを計測した. 計測方法は各側点をショア硬度計で各 5 回ずつ計測し平均値を用いた. そ

表 1 試験敷設箇所諸元

項目	対象箇所 A	対象箇所 B	対象箇所 C
曲線半径	740m	680m	800m
カント量	15mm	45mm	45mm
レール種別	60kg	60kg	60kg
年間通トン	3,920 万 t	3,810 万 t	2,870 万 t
車両条件	E231 (修正円弧踏面)	E231 (修正円弧踏面)	E231 (修正円弧踏面)
環境条件	車上塗油有り	車上塗油有り	車上塗油有り
軌道構造	砕石(一部 TC 型 省力化軌道)	TC 型省力化軌道	砕石
施工日	2014 年 4 月	2014 年 12 月	2015 年 2 月

表 2 現場調査結果

箇所	現場調査日 (レール交換からの日 数通トン)	外観	摩耗量
対象箇所 A	204 日 (2,170 万 t)	連続的なのはく離	0mm
対象箇所 B	49 日 (510 万 t)	部分的なのはく離	0mm
対象箇所 C	27 日 (210 万 t)	はく離なし (きしみ 12mm)	0mm



写真 1 対象箇所 A (累積通トン 2,170 万 t)

の結果すべての箇所でゲージコーナ部に近づくほど硬さが大きくなり, ゲージコーナから 15mm の位置では熱処理レールとはほぼ同等の硬さ(Hs=45 程度)であった.

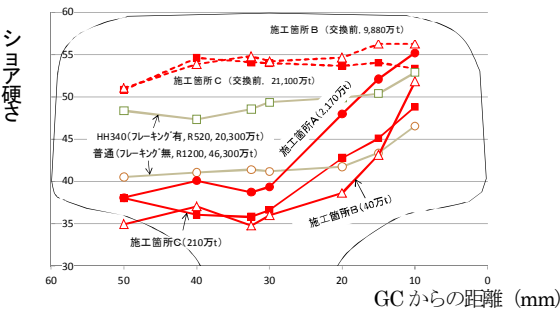


図 1 レール頭部の硬さ分布

キーワード レールフレーキング, ロジスティック回帰分析

連絡先 〒160-0021 東京都新宿区歌舞伎町 1 丁目 30 番 3 号 新宿保線技術センター 03-3367-8410

3. レールフレーキング発生要因と予測方法の検討

3. 1 方法

レールフレーキングの発生要因を検討するため、レール状態を調査した(N=115). 調査項目はレール摩耗量(頭部45度位置)、レール硬さ(頭部中央及びGCから15mm)、フレーキングの有無である。なお、レール硬さは各箇所5回測定し、平均値を用いることとした。

3. 2 結果

(1) レールフレーキングの要因分析

フレーキングの発生に寄与する要因を検討するため、目的変数をフレーキングの有無、説明変数を累積通トン、塗油の有無、曲線半径(1/R)、貨物の有無(1=有, 0=無)、軌道構造(道床種別(1=バラスト, 0=直結系軌道)、締結装置種別(1=線ばね, 0=その他)、レール材質(1=熱処理, 0=普通)), カント不足量(mm)、摩耗進み(mm/1億t)としたロジスティック回帰分析を実施した。なお分析にはフリー統計ソフトRを使用した。

分析結果を表3に示す。分析の結果、摩耗進みが大きい箇所ほどフレーキングが発生しにくい傾向がみられた($p<0.1$)。また、熱処理レールに比べて普通レールの方が、フレーキングが発生しやすい傾向が統計的に有意に示された($p<0.05$, オッズ比: 0.16)。その他の変数については統計的に有意な傾向は見られなかった。

回帰係数を比較すると、摩耗進み 2mm/1 億 t ($=1.800/-0.878$) 程度で熱処理レール敷設と同等のフレーキング抑制効果が得られる可能性が示唆された。

普通レールの方がフレーキングを生じやすい傾向を示した理由は本研究からは明らかではないが降伏強度が熱処理レールに比べて低いことが原因である可能性が考えられる。

以上の結果より、普通レールの試験敷設がフレーキング対策として良好な結果を得られなかった原因の一つとして塗油区間で摩耗が十分に進まなかったためであると考えられる。少なくとも本分析の結果からは適度に摩耗しなければ普通レールの敷設はフレーキングに対して負の影響を及ぼす可能性が示唆された。

(2) フレーキング予測方法の検討

既往の研究で車輪とレールの接触による塑性流動がゲージコーナ一部分の損傷の原因の一つであると推定されていること²⁾や試験敷設の結果、頭頂部の硬さが著しく増加していたことからフレーキング発生の予測方法の検討を行うにあたってレール頭部硬さに着目した。そこで、まずフレーキングの有無によるショア硬さの比較を行ったところ、フレーキング発生箇所の方がゲージコーナ一部分の硬さが大きい傾向が見られた(図2)

そこで、次にショア硬さ(頭頂部、ゲージコーナ一部分)を説明変数に加えてロジスティック回帰分析を行った。

その結果、摩耗進みが大きく、頭頂部のショア硬さが大きいほどフレーキングが発生しにくく、ゲージコーナ一部分のショア硬さが大きいほどフレーキングが発生しやすい傾向が統計的に有意に示された(表4)。ショア硬度や摩耗量は現場で簡便に測定できるというメリットがあることから、精度に課題は残るもののフレーキング管理に用いる指標として一定の有効性があると考えられる。

4. おわりに

今回の研究は特定の条件下における限られたサンプルに基づくものであり、結果の一般性及び精度については課題が残されている。今後も引き続き検討・対策を重ねるとともにレールフレーキングに起因する輸送障害の予防に取り組んでいきたい。

表3 ロジスティック回帰分析結果-1

	回帰係数	標準誤差	P値
定数項	-1.923	1.085	0.08
累積通トン(100万t)	0.000	0.002	0.86
道床ダミー	0.568	0.752	0.45
締結装置ダミー	-0.864	0.952	0.36
塗油ダミー	1.025	0.937	0.27
貨物ダミー	2.578	1.772	0.15
カント不足量	0.016	0.019	0.41
レール材質ダミー	-1.800	0.820	0.03
摩耗進み(mm/1億t)	-0.878	0.458	0.06
1/曲線半径(1/m)	942.222	903.120	0.30
自由度	96		
AIC	107.34		

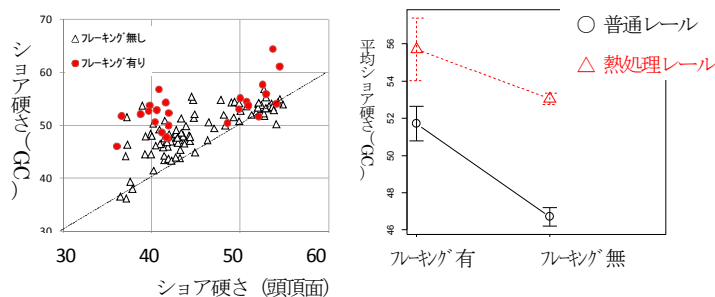


図2 フレーキング有無によるショア硬さの比較

表4 ロジスティック回帰分析結果-2

	回帰係数	標準誤差	P値
定数項	-19.030	5.522	<0.01
摩耗進み(mm/1億t)	-1.486	0.583	0.01
ショア硬さ(頭頂部)	-0.282	0.078	<0.01
ショア硬さ(ゲージコーナ)	0.618	0.145	<0.01
自由度	105		
AIC	74.901		

※ 表3の9項目+ショア硬さ2項目を説明変数としたロジスティック回帰分析を実施後(AIC=81.461)有意となった3項目のみ再度ロジスティック回帰分析を実施

【参考文献】

- 1) 例えば 石田誠: レールの疲労, RRR, 2008.4, p.18-21
- 2) 松田博之他: 外軌レールの摩耗、疲労損傷に及ぼす油潤滑の影響, 日本鉄道施設協会誌, 2010-2, p.147-150.