

新幹線の急曲線における GC き裂の抑制手法および管理方法の検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○堀籠 健
 東日本旅客鉄道株式会社 柴田 満広
 東日本旅客鉄道株式会社 松下 昇平
 東日本旅客鉄道株式会社 土田 光

1. 目的

JR 東日本の新幹線本線におけるレール損傷検査は、レール探傷車 (N-RIC) を用いて年 2 回の頻度で行っており、北陸新幹線軽井沢-長野間 $R \leq 1500$ の曲線外軌レールにおいて、頭部水平裂が多発している (図-1)。各種調査の結果、多発した傷はレール頭頂面半径 R50-R600 の境界部を起点とする「GC き裂」が原因であることが分かった。本稿では、GC き裂の管理方法および抑制手法の確立を目的に、傷抑制効果のある新たな削正パターンの検討と、新型探傷器の開発について結果を報告する。

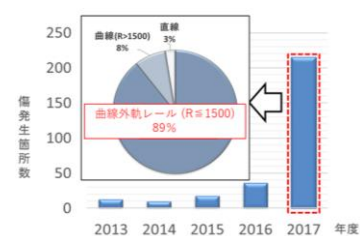


図-1 損傷発生箇所数と曲線

2. 現状の把握

管内で実際に交換した発生レールを供試体として、レール切断試験を実施し、磁粉探傷により内部傷の確認を行った。レール損傷はゲージコーナー (以下 GC) 側から水平裂が複雑に入っており、横裂方向に進展している損傷も見受けられた (図-2)。

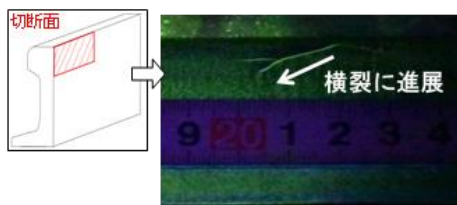


図-2 横裂に進展した GC き裂 (切断試験)

また、磁粉探傷および超音波探傷にて最も大きい損傷の位置を特定した後、その位置を中央として、3点载荷方式によるレール载荷破断試験を実施した。降伏点を超えて破断した際のレール破断面を確認した結果、レール頭頂面半径 R50-R600 境界部を発生起点として年輪状に傷が進展していたことから、管内の曲線区間に多発している頭部水平裂は「GC き裂」を起因としていることが分かった (図-3)。これまでの折損事例より、GC き裂は横裂方向に進展すると深さ 35mm 未満で折損に至ることから、適切な管理が求められる。

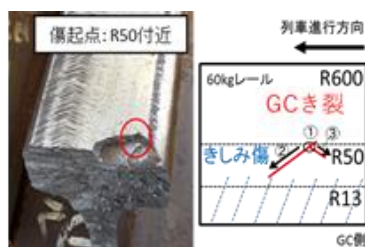


図-3 傷起点位置の確認 (破断試験)

3. レール削正による傷の抑制効果

(1) 新削正パターンの検討

傷の抑制方法として、一般的にレール削正が効果的であることが知られている。初期 GC き裂の除去および既存のレール損傷の進展抑制を目的として、GC き裂起点の削正量を増加させ、FC 側を削正せず、レール損傷の進展範囲上に車輪を接触させない断面形状に仕上げることを新削正パターンの方針とした。そこで、頭頂面削正に使用するノーマルユニットの角度を標準削正パターンから -4.5° 傾斜させ、FC 側に砥石を当てず、GC き裂起点に砥石を集中させるパターンを検討した (図-4)。

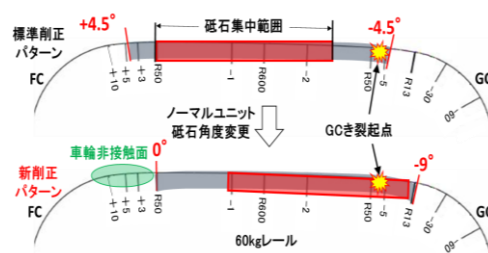


図-4 ノーマルユニット砥石角度の変更

パス数は、レール切断試験の微小き裂深さより最大削正量 0.37mm を算出し、対象区間の必要取付け倍率 3000 倍以上を考慮した結果、削正パス数算出表より 10 パスとした (表-1)。以上の削正砥石角度とパス数を考慮し、新削正パターンを決定した。なお、新削正パターンの GC き裂進展範囲の砥石接触回数は標準パターンの 2.4 倍である。

表-1 パス数算出表 (スペノ 16 頭式)

凹凸グループ (絶対値)	取付け倍率			
	4000 倍	6000 倍	8000 倍	10000 倍
$0.0 \leq d < 0.2$	6	8	10	12
$0.2 \leq d < 0.3$	8	10	12	14
$0.3 \leq d < 0.4$	10	12	14	16
$d \geq 0.4$	14	16	18	20

(2) 新削正パターン施工結果

本線施工に先立ち、保守基地での試験削正により新削正パターンの砥石接触位置に問題がないことを確認した。その後、本線で削正を実施した結果、レール材質 (生レール、熱処理レール) によらず、全箇所 FC 側を削正せずに GC き裂起点の削正量を増加させることができた (図-5)。

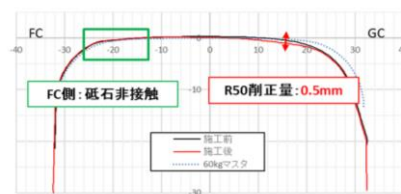


図-5 新削正パターンによる断面変化

キーワード レール損傷、レール削正、GC き裂、探傷
 連絡先 〒380-0935 長野県長野市中御所 1-8-13 長野新幹線保線技術センター TEL 026-224-5487

現場頭頂面の照り面から車輪接触面の変化を確認すると、中心から FC 側に 10mm 程度の照り面を形成し、傷の進展範囲である R50-R600 境界付近に車輪が接触していないことが分かった。以上のことから、新削正パターンにより初期き裂の除去および既存傷の進展抑制効果が期待できる(図-6)。

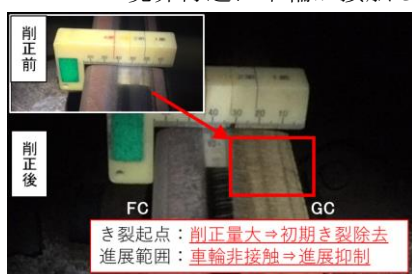


図-6 車輪接触面(削正前後)

(3) 削正効果の検証

本線施工で目的とするレール断面形状が得られたことから、列車通過による摩耗の影響を受けた際の変化について追跡調査を行った。レール照り面幅の測定を行った結果、削正直後から 1 年(累積通トン約 1038 万 t)経過した時点では、中心から FC 側に形成された 10mm 程度の照り面幅に変化はなく、GC き裂起点位置に車輪の接触は見られない。また、削正直後のレール断面形状と摩耗車輪の重ね合わせ結果より、頭面摩耗が 0.4mm 進行すると、GC き裂起点位置に車輪が再接触することが分かった(図-7)。

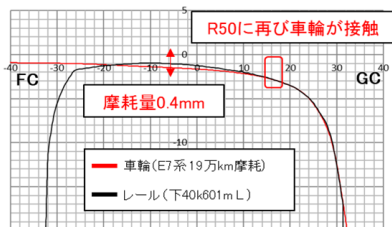


図-7 GC き裂起点位置と車輪の再接触

また、削正範囲の制限として、急曲線部では乗り上がり脱線リスクを考慮し、「曲線半径 $R \geq 400$ の曲線内はレール頭頂面から 8mm より下の位置を削正しないこと」として GC 部の削正範囲に制限が設けられている。これを砥石角度に換算すると -55° 以下となり、新削正パターンの最小砥石角度は -40° であることから、曲線半径 $R \geq 400$ の条件下において、新削正パターンは新幹線、在来線問わず水平展開が可能である。

(4) コストダウン効果

削正周期は GC き裂起点に再び車輪が接触する時期とし、累積通トンと摩耗量の関係から、普通レール:4 年、HH340 レール:8 年と推定され、これは前項で実際に測定した断面から得られた削正周期とおおよそ等しい。そこで、累積通トン 5000 万 t ごとに 0.1mm 削正し疲労層を除去するという弊社のルールに当てはめると、管内の削正周期が 4 年になること、および今後の管理面を鑑みて、レール材質によらず 4 年周期で新削正パターンによる削正を実施することとした(図-8)。

また、GC き裂発生箇所の削正は毎年削正としていたが、削正回数が 1/4 に減少し、社内の通トンレール交換基準である累積

表-2 コストダウン効果(累積通トン 8 億 t)

工事種別	標準削正パターン	新削正パターン	コストダウン額(千円/年)
レール削正	80回	20回	▲3,027
レール交換	普通:7回 HH340:12回	—	▲18,125
		合計	▲21,152

通トン 8 億 t 到達までレール交換が不要と考えれば、最大で年間 21,152 千円のコストダウンが期待できる(表-2)。

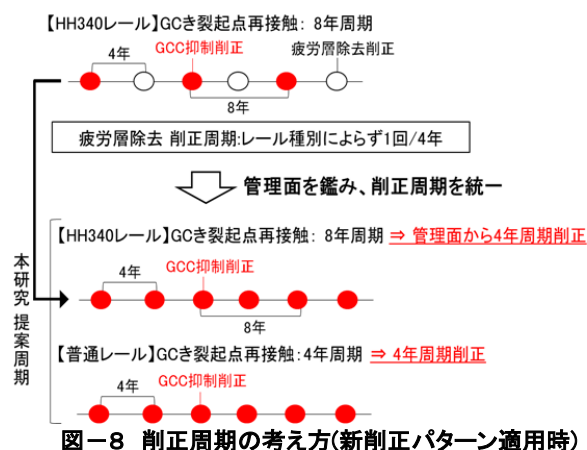


図-8 削正周期の考え方(新削正パターン適用時)

4. 新型探傷器の開発

現在、弊社で用いているレール探傷車(N-RIC)や、傷の大きさを確定する再探傷で用いる、手押し式の探傷器 PRD-300 では、探傷域がレール腹部幅となっているため、GC き裂の初期段階の把握は不可能であり、図-1の 2017 年度のように一斉に探傷域に入ってしまうことがある。一方、ソノチェッカーや厚さ計において点での探傷はできるが、連続測定ができず、レール損傷を見逃す可能性が高い。そこで、連続探傷可能な PRD-300 をベースに改良を施し、GC き裂を連続測定可能な新たな探傷器を開発した。0° 探触子を 4 個、レール断面方向にズラして設置することで、GC き裂の進展を把握することができる(図-9)。また、B スコープ画面の表示は、4 画面とも同じ位置に同じ傷が表示されるように補正を施している。

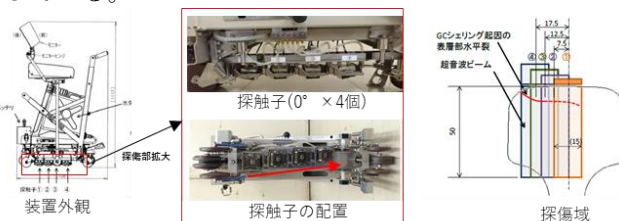


図-9 新型探傷器の概要

装置性能の確認として、ソノチェッカーと比較を行った。新型探傷器から推定した傷の進展範囲は、ソノチェッカーの結果と一致している(図-10)。実際に、GC き裂によるレール交換計画箇所を探傷すると、探傷車で発見した傷の他、探傷車では発見できなかった傷も検知することができた。

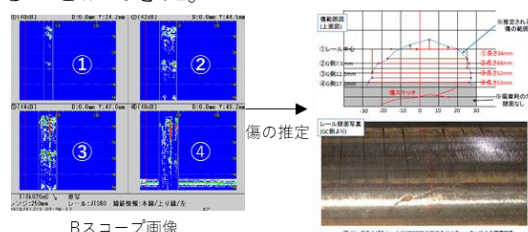


図-10 現場探傷画像(Bスコープ)

5. まとめ

検討した GC き裂の抑制・探傷方法について、効果の検証を実施しながらより効果的な方法を検討することで、緊急的なレール傷の発生をコントロールしていく。