

トンネル内の新たなレール管理手法の試行について

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○今井 啓貴
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 高尾 賢一
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 山根 寛史

1. はじめに

JR西日本(以下「当社」という)では安全考動計画2017の到達目標の一つである「部内原因による輸送障害5割減」の実現に向け、施設部門として各種設備故障の低減に取り組んでいるところである。とりわけレール折損については、安定輸送に及ぼす影響が極めて大きいことから、特に重点的に取り組む必要がある。当社では、これまでレール折損防止対策としてレール折損の原因をレール傷、レール材質、腐食の3項目を主として対策を講じてきた。本稿ではトンネル内のレール腐食管理に的を絞って、当社でこれまで実施してきた対策を振り返り、その取り組み過程で顕在化した課題に対して追加対策を検討し当面の取扱いを定めたので報告する。

2. 現状の課題

腐食によるレール折損は、ほとんどの場合においてレール底部に生じた僅かな腐食孔を起点として生じている。当社ではこれまで腐食に関しては、図-1に示すとおりレール探傷車では捉えきれない検出範囲外から傷が急進したため、特定条件下のトンネル内レールの周期交換を実施している。

周期交換を実施することにより、一定の成果を得られたものの、客観的指標に基づき優先順位をつけることが困難であること、また腐食形状により短期で折損に至るものが存在し、腐食を防ぐ手段が未整備なこと等の課題が挙げられた。そこでこれらの課題を踏まえ、今回新たに追加対策を検討した。

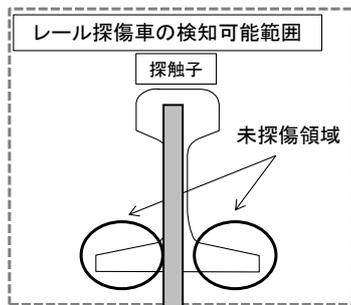


図-1. レール探傷車の検知可能範囲

3. 今回新たに実施した対策

(1) 車上測定(腐食検知機能と軸箱加速度)を活用した定量的管理基準の試行導入

トンネル内は定常的に高い湿潤状態にあり、厳しい腐食環境にある。このため、これらの箇所に敷設されたレールでは、腐食または電食によって折損に至る事例が散見される。腐食によるレールの折損は、ほとんどの場合においてレール底部に生じた僅かな腐食孔を起点として生じている。このため、図-2に示すとおりレールの敷設経年や敷設からの累積通過トン数によらず、レール底部底面に生じた腐食孔の大きさおよび形状に依存した応力集中によって、短期間に折損に至る事例が多い。

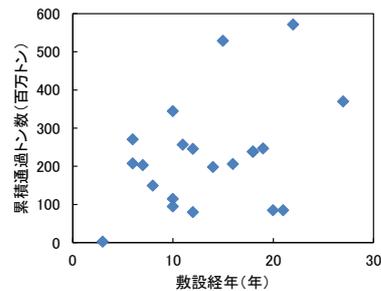


図-2. 折損に至った経年と累積通過トン数

① レール底部状態の把握手法の導入

レールの腐食状態を定量的に評価する手段としては、レール探傷車に搭載した腐食検知機能が利用可能である。しかしながら、図-1にも示したとおり、構造上の制約からレール腹部直下の限定された範囲(以下、「測定範囲」という)においてのみ、レール底部の腐食状態を評価可能であるという課題がある。このため、地点ごとの最大腐食量により管理を行う場合、測定範囲外のレール底部腐食状態を評価できない。一方で、図-3に示すとおり腐食を原因として交換されたレールの調査結果より、測定範囲内と測定範囲外では腐食の大きさや形状は異なるものの、腐食状態に大きな乖離が無いことが確認されている。つまり、レール探傷車が底部腐食を検知した場合は、周辺の未探傷領域にも腐食孔が存在している可能性が高いと考えられる。これまでは、腐食量の大きさのみで危険性を評価して

キーワード レール傷, 底部腐食, 軸箱加速度, レール探傷車

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田2-4-24 JR西日本鉄道本部施設部保線課(技術基準) TEL06-6375-8960

いたが、レール底部の殆どが未探傷領域であることから腐食量の大きさに関係なく検知した腐食発生数について評価することが有効であると考えた。そこで、レール底部状態の把握精度向上を目的として、レール底部腐食の区間評価指標として「腐食密度」の導入を試行することとした。ここで、「腐食密度」とは、レール探傷車に搭載された底部腐食検知機能によって、レール底部腐食量が2mm以上存在すると検知した1mロットあたりの箇所数をいう。この「腐食密度」を用いることにより、相対的な腐食状態を定量的に評価し、注意が必要となる箇所の抽出が可能となる。

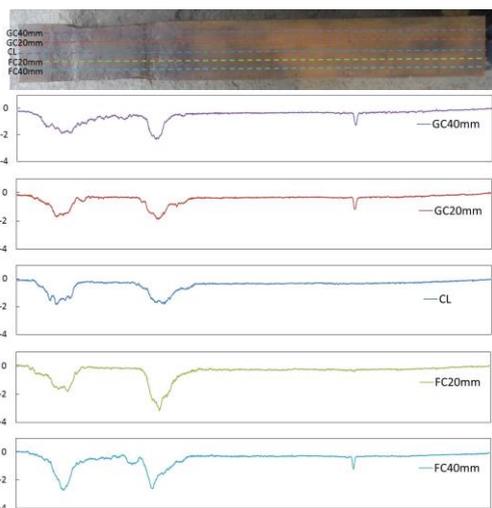


図-3. レール底部の腐食状態の測定結果の例

今回、「腐食密度」4以上の箇所を抽出し、現地の敷設環境（漏水や噴泥、塩害等の状況）およびレール腐食状態を確認し、「腐食要注意箇所」として選定した。

② 軸箱加速度を用いた管理

レール底部腐食に起因したレール折損箇所には、通常より大きな軸箱加速度が検知されることが多い。これは、トンネル内漏水によるレール頭頂面摩耗によるものであり、このような環境下ではレール底部も湿潤状態にあることから腐食孔も発生し易いといえる。底部腐食に起因したレール破断面の典型的な特徴として5mm程度のわずかな疲労亀裂を有し脆性的に破壊していることがあげられるが、これはレール底面の孔食による応力集中とレール頭頂面摩耗による著大輪重の発生によりレール底部に極めて大きな曲げ応力が発生することによるものと考えられる。したがって、腐食環境下のレール管理においては、著大輪重の発生にも着目すべきと考えた。過去に当社で発生したレール底部腐食による折損事例から、折損時のき裂深さと推定される軸箱加速度と走行車両から算出した作用輪重の関係は図-4のように推定される。図-4より、レール底部

に存在するき裂の深さと折損時推定作用輪重は指数比例の関係（大きな輪重が作用した場合に浅いき裂でも折損に至る可能性がある）にあることがわかる。過去の折損事例より折損時の疲労き裂深さの最小値が5mm程度であること、地点腐食量5mm以上はレール交換対象としていることから、深さ5mmのき裂が存在する場合の折損時推定輪重（215kN）を閾値とした。

上下方向の軸箱振動加速度は輪重と相関関係にあることが知られており、衝撃的な列車荷重の作用（輪重の変動）を判別することが可能な指標である。輪重の変動を捉えるためにはオールパスの上下軸箱振動加速度を用いることが望ましい。そこで、今回の試行では、600Hzのローパスフィルター処理を行ったキヤ車の上下軸箱振動加速度測定値を用い、上述の折損時推定輪重215kNに相当する上下軸箱振動加速度10.0gを超える箇所について、衝撃的な輪重を管理・抑制することで折損リスクの軽減を図ることとした。

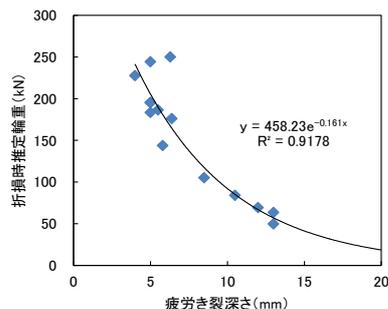


図-4 レール底部のき裂深さと折損時推定輪重の関係

(2) 局所的な底部腐食箇所のレール交換と防食加工による腐食発生防止

トンネル内は、前項で選定した腐食要注意箇所が局部的に広く点在している傾向にあることから、部分的なレール交換と防食による腐食の抑制が効果的な腐食対策となりえると考えられる。そこで、これらの箇所ではレールを交換する場合において防食加工を施すこととした。防食加工の施工範囲は、レールの中立位置より下部の腹部および底部表面とし、舗装版等によって表面を覆われる区間すべてを防護できる延長とした。なお、防食加工は、これまで当社管内で実績がある「防食テープ」を標準としているが、腐食環境に応じて適切な工法を選定可能としている。

4. まとめ

これまで底部腐食によるレール折損を防止する効果的かつ効果的な方策を見出せなかったが、本手法は万能とは言えないものの、有効な管理手法の一つになり得るものと考えられる。