

破端した継目部における軸箱上下加速度の分析および現地調査

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○田村 裕太
(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 細田 充
(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 山本 隆一

1. はじめに

継目部では、継目板をボルトで締結する際に発生するボルト軸力によって継目板がレールに押し付けられレールに応力が作用し、かつ列車通過時の衝撃荷重でレールに大きな変動応力が発生するため、レール上首部、下首部および、継目ボルト穴周辺からき裂が発生し破端に至る場合がある^{1,2)}。

本報告では、近年発生した破端事象を紹介するとともに、事象発生前に軌道検測車で得られた継目部における軸箱上下加速度を分析し、破端の兆候を事前に検知できるか考察した。

2. 近年発生したレール破端事象

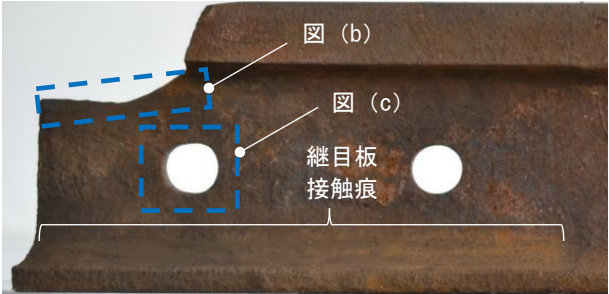
表 1 に破端事象の概略、図 1 に事象 1 のレールの外観を示す。事象 1 は、直線区間のトンネル内に敷設された 50kgN レールで、異形（段違い）継目板が設置された継目部であり、敷設からの累積通過トン数約 3980 万トンで破端に至った。図 1(b) に示すように、レール上首部近傍の端部に発生した疲労き裂が進展し、そこから頭部方向へき裂が急速に進展した形態を呈している。また、図 1(c) に示す継目ボルト穴の縁辺部には複数のき裂も発生していた。

事象 2 は、曲線半径 600m の明かり区間に敷設された 40kgN レールで、異形（中高）継目板が設置された継目部であり、敷設からの累積通過トン数約 5420 万トンで破端に至った。なお、事象 1 と同様にレール上首部近傍に発生した疲労き裂を起点とした破端形態であった。

敷設されたレール種別に違いはあるが、両事象ともに異形継目板を設置していることならびに、定尺区間における通過トン数による交換基準（50kgN レール：4 億トン）未満の短命であったことが共通して言える。異形継目板は摩耗した既設レールと新レールの段差軽減や継目部の落込み矯正などを理由に広く使用されているが、異形継目板の構造上、レール底面に隙間が生じるため列車通過時の衝撃荷重が大きくなり、損傷発生要因の一つになることが考えられる。また、継目部ではレール端部落込みやバッテリー、トンネル内の漏水によって生じる頭頂面の腐食や凹凸などのため、適切な超音波探傷検査が実施されず、破端に至るまでの間にき裂の発生を検知できない場合があると考えられる。

表 1 レール破端事象例

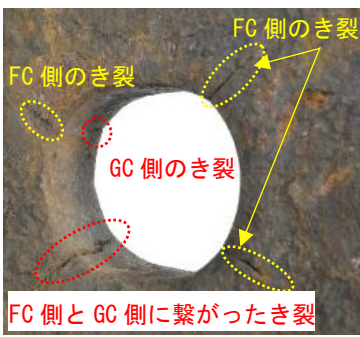
	事象 1	事象 2
線 形	直線区間	曲線区間 (R=600m)
構造物等	トンネル内	明かり区間
軌道構造	定尺区間、バラスト軌道	定尺区間、バラスト軌道
種 別	50kgN 普通レール	40kgN 普通レール
経 年	約 9 年	約 49 年
年間通過トン数	約 450 万トン	約 50 万トン
累積通過トン数	約 3980 万トン	約 5420 万トン
継 目 板	異形（段違い）継目板	異形（中高）継目板
まくらぎ	並まくらぎ（継目用）	並まくらぎ（継目用）
締結装置	H 型タイブレート	B 型タイブレート



(a) 破端したレールの側面 (FC 側)



(b) 端部



(c) 継目ボルト穴

図 1 破端したレール (事象 1)

3. 軸箱上下加速度の分析および継目部の実態調査

破端箇所近傍の軌道状態を把握するため、破端発生直近の軌道検測データを基に軸箱上下加速度の分析を実施した結果を図2に示す。ここで、軸箱上下加速度データについて2つの視点で分析を行った。具体的には、短波長のレール凹凸状態に起因した軸箱上下加速度を抽出するため、波長 0.05～1.2m（空間周波数 20～0.833 [1/m]）でバンドパスフィルター（BPF）処理を行い（図2(a)）、また、波長 1.2m 以上のレール凹凸および軌道の支持状態に起因した軸箱上下加速度を抽出するため、波長 1.2m（空間周波数 0.833 [1/m]）でローパスフィルター（LPF）処理を行った（図2(b)）^{3,4)}。なお、破端した継目部を図中の赤枠部に示す。破端した継目部は軌道変位検査において整備目標値以下であったものの、い

ずれのフィルターで処理した軸箱上下加速度も、隣接する継目部よりも大きな変動が確認された。また、図3に事象1において破端した継目部を含む約 2.5km の範囲で前述したフィルター処理を行った結果を示す。この結果を見ても破端した継目部は周囲の継目部よりも軸箱上下加速度の値が大きいことを確認した。なお、破端した継目部よりは小さいが、他の継目部と比べて比較的大きな軸箱上下加速度の値を示した継目部（図中丸棒）を対象に現地調査した結果、異形（段違い）継目板が設置されていたもしくは、軌道部材の不良が確認された（表2）。破端が発生する軸箱上下加速度の閾値等については、さらに検証する必要があるが、この値が継目部の部材損傷等の保守管理の優先順位を設定するために利用できると思われる。

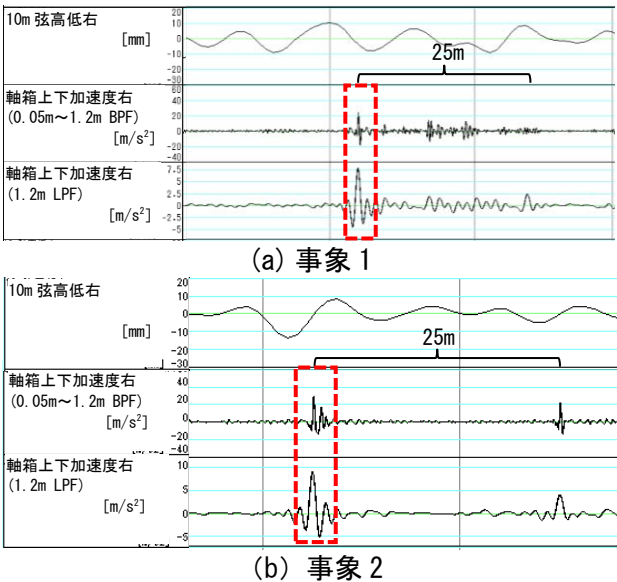


図2 軸箱上下加速度の解析結果

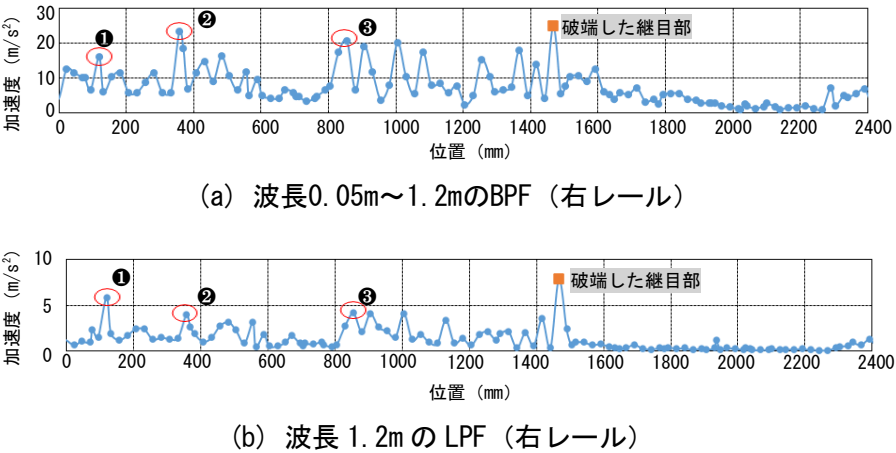


図3 各フィルター処理後の軸箱上下加速度の値（事象1）

4. まとめ

以上に述べたように、今回言及したレール破端箇所では、軸箱上下加速度すなわち輪重変動が周囲の継目部に比べて大きかったことで破端に至ったと推定された。また、同程度の軸箱上下加速度である継目部においては異形（段違い）継目板設置箇所もしくは、軌道部材に不良が確認された。なお、現段階ではレールおよび軌道部材の不良が発生する可能性のある軸箱上下加速度レベルは明らかとなっていないが、軸箱上下加速度の分析結果は、軌道整備や部材交換に際する優先順位付けに適用できると考えられる。

参考文献

1) 栗原利喜雄：レール損傷に関する研究，鉄道技術研究報告，pp.13-14，1981。
2) 栗原利喜雄：レール損傷に関する研究，鉄道技術研究報告，p.36，1981。
3) 須永陽一，井手寅三郎，金尾稔：軸箱加速度を活用した短波長軌道狂いの管理手法，鉄道総研報告，Vol.9，No.2，pp.35-40，1995。
4) 須永陽一，佐野功，井手寅三郎：高速新幹線における短波長軌道狂いの検出法，鉄道総研報告，Vol.13，No.5，pp.11-16，1999。