

## 継目板ボルト折損原因の検討と管理方法に関する考察

東日本旅客鉄道（株）	正会員	○柳森	和真
東日本旅客鉄道（株）		古川	侑里
東日本旅客鉄道（株）		後神	拓也
東日本旅客鉄道（株）		小松	伸也
東日本旅客鉄道（株）	正会員	小松	佳弘

### 1. はじめに

継目板ボルトは軌道を構成する材料の一つであり折損・脱落すると輸送障害につながり、最悪の場合運転事故に至る恐れがある。これまで継目板ボルトは徒歩による巡視で状態を確認し必要に応じて交換を行ってきた。東京 100km 圏を保守管理する蕨保線技術センター管内においてはロングレール化が進み継目は少ないものの、一部の継目において繰り返しボルト折損が発生している。特に埼京線の弾性直結軌道区間において、継目板ボルトの折損が繰り返し発生しており管理に苦慮している。

近年、JR 東日本では線路設備モニタリング装置の導入に伴い、自動的にボルトの折損・脱落を検出することができるようになってきているものの、依然として折損発生後の事後保全的な対応である。今後さらなるリスク低減を図るためには予防保全を行うことが必要であり、そのためにはボルト折損の予兆を捉えたり、ボルト折損の要因を特定してあらかじめ解消することが必要である。

そこで本稿ではボルト折損の原因を分析するとともに対策について検討したので報告をする。

### 2. 材料状態の調査結果

まず総合巡視等で発見した折損ボルトを回収し、外観調査(N=16)を実施した。調査項目はボルト折損位置、ボルト径、ボルト曲がりの有無、破面状態である。材料状態の調査結果は以下の通りとなった。

- ① ボルト折損箇所は、図1の通りとなった。
- ② 破面観察の結果、16 サンプル中 14 サンプルは片振り曲げ疲労破壊の特徴が確認された。
- ③ 本研究で収集したサンプルでは 1 サンプルを除いてボルトの曲がりは確認できなかった。

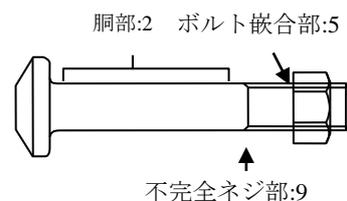


図1 ボルト折損位置

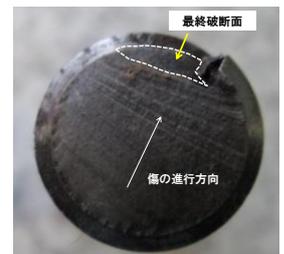


図2 破面状態

以上の結果より2サンプル（腐食（胴部）、曲げせん断破壊（胴部））を除いて、応力集中しやすい不完全ネジ部やボルト嵌合部を起点とした曲げ疲労破壊により折損したと考えられる。また、いずれも片振りであることから、レールの伸縮ではなく列車通過時の振動が原因であると考えた。

### 3. 継目板ボルト折損の要因検討

疲労破壊に至るか否かを決定する要因として繰り返し回数、応力振幅、疲労強度が挙げられる。さらに疲労強度を左右する要因としてボルト材質・形状、平均応力が挙げられる。ここで繰り返し回数（延べ列車通過軸数）とボルト材質・形状は同一線区内ではほぼ一定のため、検討から除外し、応力振幅（作用輪重）と平均応力に着目して原因を検討することとした。

#### (1) 応力振幅の比較

同一線区内でボルト折損継目と未折損継目の軌道変位量（高低変位）を比較したが明確な違いは見られなかった。また、参考値とはなるが軌道検測車（East-i）で測定した輪重を同様に比較したが明確な差は確認できなかった。

#### (2) 平均応力の比較

ボルトに定常的に作用する力として温度伸縮によるレールの引張力と継目板の傾きに起因するボルト

キーワード： 継目板ボルト、軌道材料、線路設備モニタリング

連絡先： 〒335-0004 埼玉県蕨市中央1-17-5 Tel 048-431-5996 Fax 048-445-0457

の締結時の曲げ応力（図3）が考えられる。

そこでまず規程遊間量と測定遊間量の差を同一線区内のボルト折損継目とその他の継目で比較した。結果を図4に示す。図5に示すようにボルト折損継目とその他の継目で遊間量の分布に統計的に有意な差は認められなかった。

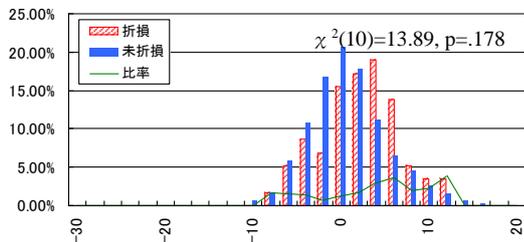


図4 遊間量（修正遊間－規定遊間）の確率分布

次に継目板の図5に示す位置を水準計で測定し、ボルト折損継目と未折損継目の継目板の傾きを調査した。埼京線の弾性マクラギ直結軌道区間において2年以内にボルト折損が認められた継目（N=6）とその他の継目（N=2）で比較を行った結果を図6に示す。サンプル数は少ないものの、ボルト折損が認められた継目の方が継目板の傾きが大きい結果が見られた。

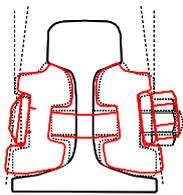


図3 継目板の傾きによる  
曲げ応力のイメージ

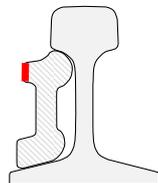


図5 継目板角度の測定位置

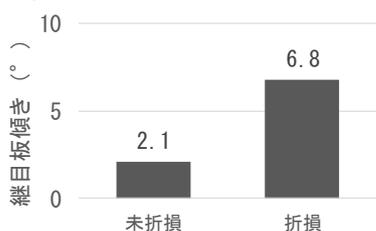


図6 継目板傾き（※タイプレート敷設角度（1.7°）補正済）

#### 4. 距離画像を用いた継目板の傾きの測定

3. で示したように継目板の傾きがボルトの折損に寄与していると考えられる。そのため、継目板の傾きを把握し解消する必要がある。継目板の傾きを現場で実測するには労力を要する。また測定者による誤差を生じる恐れもある。そこで、営業列車に搭載した線路設備モニタリング装置で撮影した距離画像から継目板の傾きを測定できないか検討を行った。

軌間内側の継目板を対象にタイプレートの敷設勾配、カント、レーザーの設置角度の傾き（マクラギ方向）を補正するために、レール底部（設計勾配 1:4）と継目板下縁部（設計勾配 1:4）の差を算出し継目板の傾きとした。図8に示すように誤差はあるものの、距離画像においてもボルト折損箇所の継目板の傾きが大きい傾向を確認できた。

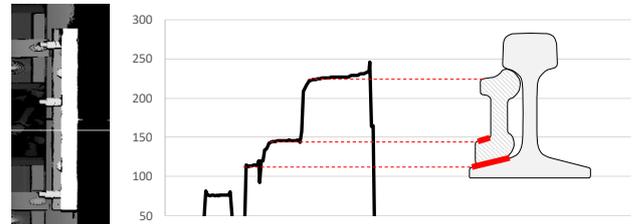


図7 距離画像と継目部の高さ

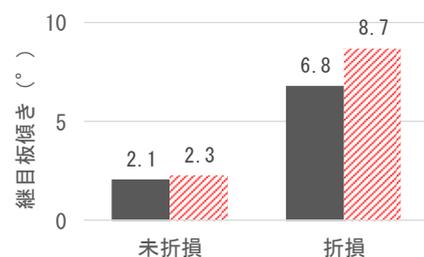


図8 モニタリング（斜線）と実測（黒）の比較

#### 5. 弾性マクラギ直結軌道とバラスト軌道の比較

最後に弾性マクラギ直結軌道特有の問題か検証するために、バラスト区間でモニタリング画像を用いて同様の検証を行った。その結果、弾性マクラギ直結軌道区間ほど顕著ではないがボルトが折損した継目の継目板の方が傾きが大きい傾向を確認した。

#### 6. まとめ

本稿ではボルト折損箇所で継目板の傾きが大きい傾向を確認した。ただし継目板の傾きが大きくなる要因や弾性マクラギ直結軌道区間で折損率が高い原因については明らかにならなかった。今後は傾きの大きい継目板を把握して、順次交換を進めるとともに画像処理のフローの自動化に取り組んでいきたい。

#### 参考文献

- 1) 鉄道技術研究所: 改良型接着絶縁レールの性能評価, 鉄道総研報告, No.24-12, 平成 22 年 12 月
- 2) 鉄道技術研究所: レール絶縁の長寿命化（第7報）－継目板の平行度とボルト応力の関係－, 鉄道技術研究所速報 No.81-36, 昭和 56 年 3 月