

## 継目板ボルト折損の実態把握と防止策の検討

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○本野 貴志  
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 立野 晃基

### 1. はじめに

継目板ボルトの折損は、連続して発生すると列車脱線に至る可能性があることから、発見時には列車抑止等の措置を行う必要がありお客様へ多大なご迷惑をおかけすることとなる。そこで、継目板ボルト折損に起因した輸送障害の発生抑制を目的とし、継目板ボルトの折損に影響する各種実態把握およびそれに基づく構造的検討を行ったので、その結果について報告する。

### 2. 継目板ボルトの折損原因

継目板ボルトの折損はその破壊形態から、著大荷重による脆性的な破壊ではなく、疲労破壊がほとんどであり、締結時の初期応力と列車荷重による変動応力の組み合わせが疲労限度を上回ることによって発生していると考えられる。既往の研究<sup>1), 2)</sup>によると、初期応力に大きく影響を与える因子として、締結トルクと継目板の平行度であることが各種実験により示されている。継目板の平行度と継目板ボルトの関係は図-1に示すとおり、継目板ボルトの頭部やナットが継目板と面で接触するため、相対する継目板が平行でない場合には継目板ボルト自体に大きな曲がりが生じ、初期応力が大きくなる。また、変動応力は継目部におけるレール端部の落ち込みやレール頭頂面傷などによる衝撃荷重の増大が要因と考えられる。

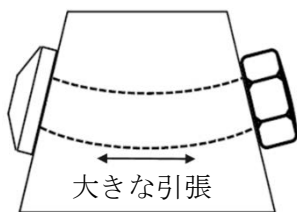


図-1 継目板平行度と継目板ボルト

### 3. 継目板平行度が継目板ボルトへ与える影響

継目板平行度の影響を検証するため、営業線で敷設されている継目板平行度の実態把握および継目板ボルトに発生する応力測定を以下のとおり実施した。

#### (1) 継目板平行度測定

当保線区管内の継目板平行度をデジタル角度計を用いて測定した。測定結果を図-2に示す。継目板平行度は $0.5^\circ \sim 2.5^\circ$ が多く、 $3^\circ$ 以上となるものもあった。

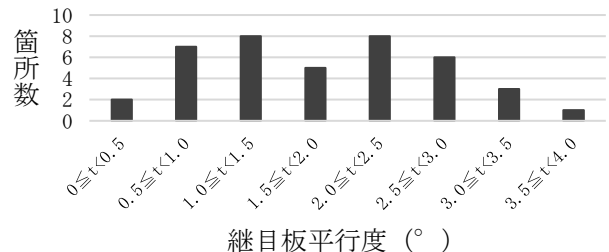


図-2 継目板平行度測定結果

#### (2) 継目板ボルト初期応力測定

継目板ボルトの初期応力測定結果を図-3に示す。継目板平行度が大きくなるにつれ、継目板ボルト下側の引張応力が増大し、上側は圧縮側に転じていることがわかる。これにより、継目板平行度が継目板ボルトの初期応力へ影響を及ぼすことが確認できた。

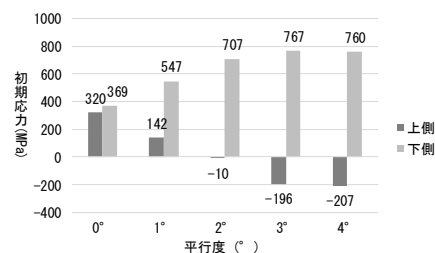


図-3 継目板ボルト応力測定結果

#### (3) 継目板ボルト変動応力測定

継目板ボルトの変動応力を営業線で測定した。測定では、第3ボルトに測定用ボルトを挿入して行った。なお、本継目板の平行度は $2^\circ$ であった。第3ボルトの変動応力測定結果を表-1に示す。ここでは、各列車の最大値の片振幅を変動応力とした。若干のばらつきはあるものの、30MPa程度の変動応力が発生していることが分かる。

表-1 変動応力測定結果 (MPa)

	上	下	左	右
①	42	26	29	37
②	34	45	45	32
③	29	49	46	26
④	33	33	16	27
⑤	29	30	27	24

#### (4) 疲労限度線図による照査

2項および3項で得られた継目板ボルトに発生する応力をSCr440材の疲労限度線図<sup>2)</sup>により照査を行ったところ、いずれも疲労限度を超過しているため、疲労破壊により継目板ボルト折損

キーワード 継目板ボルト 継目板平行度 球面座金

連絡先 〒620-8504 京都府福知山市駅南町415番地 西日本旅客鉄道(株) 福知山支社 福知山保線区 TEL: 0773-23-3502

に至る可能性を確認した (図-4)。

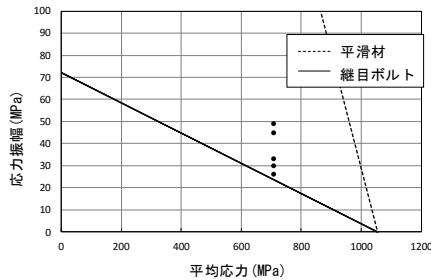


図-4 疲労限度線図

#### 4. 継目板ボルト応力低減策の検討

##### (1) 変動応力の低減

変動応力は、継目部の状態により発生傾向が異なる。このことから、変動応力の低減には、適切な材料管理や軌道管理により、著大な変動輪重を発生させないことが重要と考えられる。

##### (2) 初期応力の低減

###### ① たたき締めによる継目板平行度の確認

既往の知見<sup>1)</sup>によると、継目板を組み立てる際こたたき締めを行うことで、一定の継目板平行度が確保できることが示されている。そこで、たたき締めを行って組み立てた継目板平行度を測定し、継目板ボルトの初期応力への影響の有無を確認した。なお、たたき締めについては、参考文献に記載されている手順を踏襲し、継目板ボルトを 100N・m で仮組み立てしたのち、たたき締めを行い、その後 300N・m まで締結することとした。たたき締めした後の継目板平行度は 0.1° ~1.4° とばらつきがあり、効果はあるものの限界があることがわかった。

###### ② 構造対策の検討

継目板ボルトの初期応力を低減させるためには、継目板平行度をできる限り 0° に近づけることが必要であるが、前述したように現在の施工方法ではばらつきが発生し、困難であることがわかった。そこで、継目板が平行でない場合において、継目板ボルトの姿勢が自随し継目板に対して直角に敷設可能となる構造として球面座金 (図-5) の使用を検討した。



図-5 球面座金

###### (3) 初期応力試験結果 (図-6)

球面座金なしの構造では継目板平行度が大きくなるにつれ、継目板ボルト下側の引張応力が増大し、上側が圧縮側に転じていることがわかる。一方、球面座金ありの構造では、球面座金なしの構造と比較してボルト下部に発生する最大応力を軽減させることがわかった。また、継目板の平行度が大きくなるにつれボルト

上下に発生する応力差を緩和でき、ボルトへの曲げ抑制効果も得られた。

##### (4) 疲労限度線図による照査

変動応力測定結果 (継目板平行度 2°) と球面座金ありとなしの構造における初期応力試験の結果を用いて疲労限度線図による照査を行った (図-7)。球面座金なしでは疲労限度を超過し疲労破壊に至る可能性が認められるが、球面座金ありでは概ね疲労限度以下となっており、継目板ボルト折損の可能性を低減させることが見いだされた。

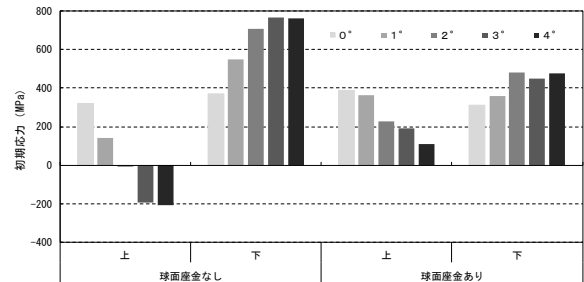


図-6 初期応力試験結果

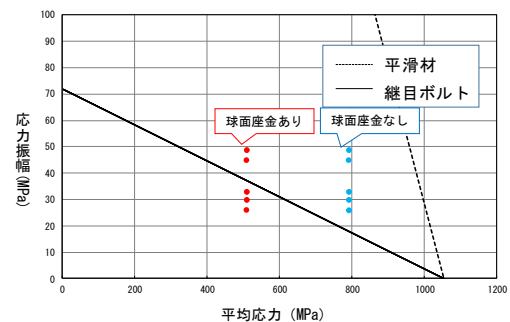


図-7 疲労限度線図

#### 6. まとめと今後の課題

本稿の検討および試験結果から明らかになった点を以下に示す。

- ・現地での確認の結果、継目板平行度は 0° ~4° までのばらつきがある。
- ・継目板平行度が大きくなると初期応力が増大する。
- ・継目板敷設時、継目板平行度を 0° にすることは困難である。
- ・球面座金を使用することで、継目板ボルト締結時の初期応力を緩和することができる。

今後は、球面座金使用時の継目板ボルトの緩みなどの確認をおこなうとともに、継目板ボルト折損箇所のデータ分析を進めていきたい。

##### <参考文献>

- 1) レール絶縁長寿命化研究グループ: レール絶縁長寿命化 (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, 1981年
- 2) 山根寛史他: 接着絶縁継目板ボルトの折損に関する考察, 鉄道力学シンポジウム, 2010年