

接着絶縁レールの継目板ボルト折損対策について

鉄道総合技術研究所 正会員 ○山根 寛史
 鉄道総合技術研究所 篠原 利昭
 鉄道総合技術研究所 正会員 片岡 宏夫
 鉄道総合技術研究所 若月 修

1. はじめに

本稿は、新幹線に敷設された接着絶縁レール（以下、「IJ レール」という。）で、発生している継目板ボルトの折損について、その原因および対策を検討した結果について報告するものである。

2. 継目板ボルト折損の概要

継目板ボルトの折損は、主に新幹線に敷設された IJ レールで発生している。図 1 に新幹線で発生した継目板ボルト折損の発生割合を平面線形別に示す。図 1 から折損の大半は、曲線の外軌に敷設された IJ レールで発生していることから、列車通過時に発生する横圧の影響を受けていることが想定される。

継目板ボルトに生じたき裂の破面観察の結果、破面は疲労によるき裂の進展の様相を示しており、IJ ボルト折損は、疲労破壊であると考えられる。

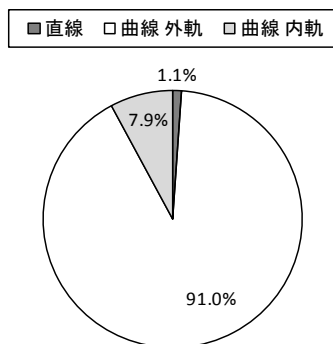


図 1 平面線形別の継目板ボルト折損の発生割合

3. 継目板ボルトの疲労限度の推定

(1) 継目板ボルトの疲労試験

継目板ボルトの折損が疲労破壊であることから、継目板ボルトの疲労限度を確認するために疲労試験を行った。継目板ボルトの疲労試験は、継目板ボルトをトルク 500N・m で緊締した場合に発生する引張応力 (531N/mm²) を平均応力として設定し、部分片振りの 1 軸引張により実施した。試験で用いた供試体は、未使用および経年品（営業線敷設期間 7 年～

15 年）の継目板ボルト各 10 本である。

図 2 に疲労試験の結果を示す。試験の結果、未使用品と経年品で明確な差異は見られなかった。そこで、未使用品の試験結果に基づく破壊確率 95% の S-N 曲線から、疲労限度は 35N/mm² と推定した。

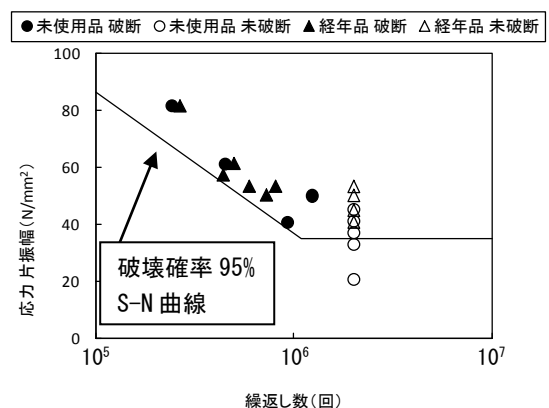


図 2 疲労試験結果と S-N 曲線

(2) 継目板ボルトの疲労限度線の推定

平滑材と同様に、熱処理後にねじ転造したボルトの疲労限度線は、平均応力の増加に伴い疲労限度が減少する傾向にあることが知られている¹⁾。したがって、前項で推定した平均応力 531N/mm² における疲労限度 35N/mm² と継目板ボルトの材料である SCr440 の機械的特性（焼戻し温度 550℃、引張強度 σ_B 1054N/mm²、疲労強度 σ_{wk} 554 N/mm²）²⁾ から疲労限度線を推定した。図 3 に推定した疲労限度線図を示す。

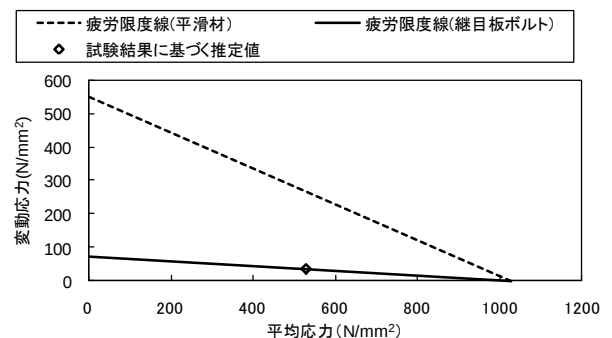


図 3 推定した継目板ボルトの疲労限度線図

キーワード 接着絶縁レール、継目板ボルト、疲労破壊、疲労限度

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部(軌道構造) TEL 042-573-7275

図 3 より, 継目板ボルトの緊締トルクを 350N・m(平均応力 367 N/mm²)に低減した場合, 疲労限度を 3 割程度向上することが期待できる. そこで, 継目板ボルト折損対策として, 緊締トルクの低減に着目し, 検討を行うこととした.

4. 緊締トルクを低減した IJ レールの性能確認

(1) 性能確認試験

継目板ボルトの緊締トルク低減による IJ レールの性能に対する影響を確認するため, IJ レールの曲げ疲労試験を行った. また, 接着材のはく離状態を把握するため, 曲げ疲労試験終了直前の供試体の接着界面に人工海水を滴下した. その後, 引張破壊試験を行い, 引張荷重に対する強度および接着材のはく離状態を確認した. 試験は, 乾式 60kg IJ レールの継目板ボルトを緊締トルク 250N・m, 350N・m および 500N・m の 3 種類で緊締した供試体(n=2)を用いた.

曲げ疲労試験の条件については, 従来の IJ レールの評価方法³⁾と同様に, 軸方向に一定の引張荷重 400kN を加えた状態で, 片振りの鉛直荷重(最大荷重 150kN, 最小荷重 38kN)を載荷し, 載荷目標回数を 2×10⁶ 回とした. 曲げ疲労試験では, 継目板ボルトの緩みに対する確認として, ボルト軸力の推移を測定した.

(2) 試験結果

図 4 に曲げ疲労試験における継目板ボルトの軸力推移について, 試験開始前を 100%とした比率の平均値で示す. 図 4 から, いずれの緊締トルクでも軸力に大きな変化は認められず, 初期の緊締状態を維持している.

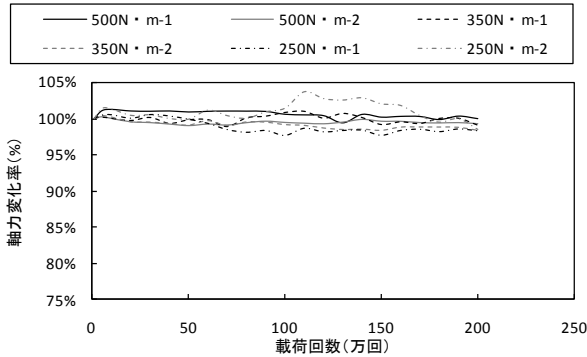


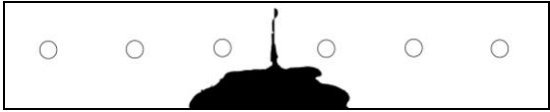
図 4 継目板ボルトの軸力推移 (平均値)

表 1 に曲げ疲労試験後の引張強度および接着材のはく離面積率を, 図 5 に接着材のはく離状態の例を示す. 表 1 から, いずれの供試体も JIS E 1125 で規定される最低引張強度 2. 25MN を上回った. はく離面

積率から, 緊締トルク 500N・m および 350N・m は同程度のはく離状態であるのに対して, 緊締トルク 250N・m の場合は, はく離が進行している. この傾向は図 5 から確認することが可能であり, 継目板中央上部ではく離状態に差異があることが分かる.

表 1 引張強度および接着材のはく離面積率

No.	緊締トルク (N・m)	引張強度 (MN)	はく離面積率 (%)
1	500	3. 93	9. 1
2	500	3. 85	10. 4
3	350	3. 77	9. 0
4	350	3. 71	9. 6
5	250	3. 54	12. 0
6	250	3. 35	16. 3



(a) 緊締トルク 350N・m(供試体No.4)



(b) 緊締トルク 250N・m(供試体No.6)

図 5 接着材のはく離状態の例

5. 考 察

試験の結果, IJ レールの継目板ボルト折損対策として緊締トルクを低減させる場合には, 緊締トルクを 350N・m 程度に設定することが望ましいと考えられる.

6. おわりに

IJ レールの継目板ボルト折損対策として, 継目板ボルトの緊締トルク低減の検討を行った. 対策の適用にあたっては, 営業線における試験敷設により経過観察を行う必要がある. また, 接着材のはく離による継目板表面の腐食対策として, 鉄道総研が提案する改良形接着絶縁レール³⁾と併せて適用することにより, 接着材のはく離進展のリスクを低減できると考えられる.

参考文献

1) 山本晃: ねじ 締結の理論と計算, 養賢堂, 1979. 03
2) 金材研疲労データシート資料 5(JIS 機械構造用鋼の基準的疲労特性), 科学技術庁金属材料研究所, 1989. 03
3) 若月他: 改良形接着絶縁レールの開発, 鉄道総研報告第 21 巻第 6 号, 2007. 06