

締結装置補修の周期延伸

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○渡邊允弘 溝端祐哉 辻田大揮

1. はじめに

当社新幹線軌道における締結装置補修は、軸力管理と、施工性や絶縁性の確保を目的として実施されているが、その保守周期は理論的あるいは実験的根拠に基づいて定められたものではない。表 1.1 に当社新幹線における保守周期を示す。スラブ軌道の締結装置補修については、過去の取組により周期延伸されている。本検討では、バラスト軌道における締結装置のボルト軸力推移を分析し、締結装置補修周期を適正なものに見直した。

2. ボルト軸力管理の重要性和軸力低下のメカニズム

レール締結装置（以下、締結装置）は、板ばね等の被締結物を介在させてボルトやナットで締め付け、ボルト軸方向に力を発生させることでレールを抑える機能を発揮する。したがって、締結装置の機能を発揮させるためには、軸力を適正に保つことが重要である。一般的に、軸力は2つの要因によって低下する。一つは外力の作用により力が加わることでボルトもしくはナットが回転し生じる軸力低下である。もう一つは部材の変化で、締結ボルトと被締結物間の製造時にできた凹凸の圧接による摩耗や被締結物自体の変形や摩耗によって、被締結物のボルト軸方向の寸法（締め付け長さ）が減少することで生じる軸力低下である。締結装置においても同様であると考え軸力低下の2つの要因について、外力の作用に対しては疲労試験機を用いた促進試験、部材の変化及び外力の作用に対しては実軌道締結装置の締結ボルト軸力を測定することで軸力推移を確認した。

3. 締結ボルト軸力の評価基準

締結ボルト軸力の評価基準は、設計上必要なボルト軸力とした。バラスト軌道のふく進抵抗力は片側レールあたり 15kN/m として設計されている^{2) 3)}ことからふく進抵抗 15kN/m を確保するために必要なボルト軸力を算出した。ボルト軸力を算出するには過去のスラブ軌道での検討時に実施した手法¹⁾を用いて、102 形で 12.3kN、高速形は 13.2kN とした。

4. 繰返し载荷による影響

疲労試験機を用いた促進試験では、鉄道総合技術研究所所有の二軸疲労試験機を用いて、締結装置に列車相当の荷重を繰返し与え、ひずみゲージで軸力推移を計測した。前述した設計上必要なボルト軸力を閾値と

し、繰返し回数とボルト軸力の関係を把握した。表 4.1 に促進試験に用いた各種パラメーター、図 4.1 に促進試験の概略図を示す。促進試験は 102 形締結装置及び高速形締結装置それぞれに対して行い、軌間内側から B 荷重、軌間外側から C 荷重を交互に繰返し载荷した。B 荷重とはしばしば発生する常時（最大）荷重、C 荷重とは常時荷重を指す。なお、荷重履歴の有無および経過時間によるボルト軸力の変化を把握するため比較用として载荷を実施しない同種の供試体を別途設け、ボルト軸力を測定した。設計輪重は締結装置設計時の耐久性照査で使用される 170kN⁴⁾によらず、より実条件に近い実車両（N700 系）の設計輪重である 110kN とした。

表 4.1 促進試験に用いた各種パラメーター

種別	締結 間隔	設計 輪重	試験荷重		载荷 回数
			内側	外側	
102 形	582 mm	110kN	23.4kN	17.6kN	600 万回
高速形			24.2kN	18.1kN	

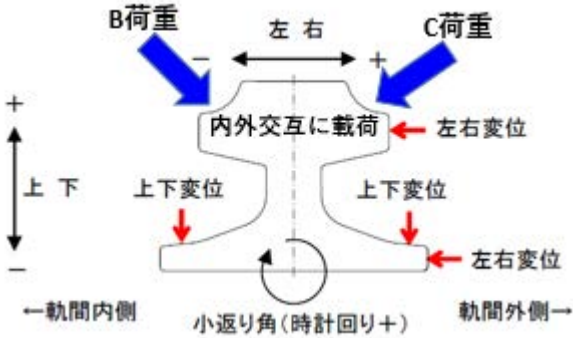


図 4.1 促進試験概略図

表 4.2 試験終了時の各軸力 (kN)

	試番 1 (102 形)	試番 2 (高速形)
外 (C 荷重)	21.8 (12.3※)	24.3 (13.2※)
内 (B 荷重)	19.5 (12.3※)	22.4 (13.2※)

(※ふく進抵抗 15kN/m に必要な軸力)

表 1.1 周期延伸前の締結装置補修周期

締結種別	トルク 調整	注油 トルク調整
スラブ軌道 () 内は直 4 形	4 年 (3 年)	8 年 (6 年)
PC まくらぎ	3 年	6 年

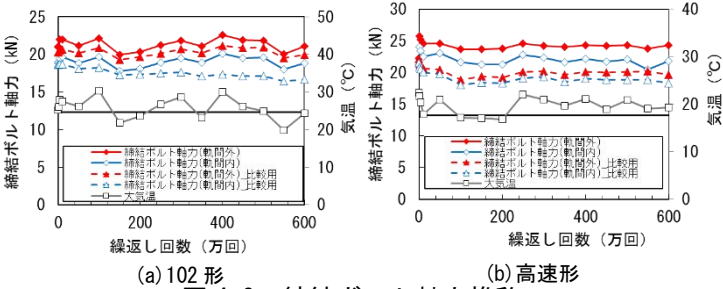


図 4.2 締結ボルト軸力推移

キーワード 軌道保守 締結装置補修 保守周期延伸

連絡先 〒920-0031 金沢市広岡 3 丁目 3 番 77 号 西日本旅客鉄道（株） 新幹線施設課 TEL076-254-3035

載荷回数は敷設 6 年相当の回数である 600 万回載荷した。また、外気温の影響を調べるため、気温測定も行った。その結果を図 4.2 及び表 4.2 に示す。ボルト軸力推移は各試番とも一定の軸力低下に落ち着き、試験終了後の締結ボルト軸力も所定の軸力を満たしていることが確認できた。比較用として用意した無載荷のものを含め各試番とも軸力変動がみられるが、外気温の変化に連動していることから、この軸力変動は温度変化によるものと考えられる。また、各試番とも締結装置の亀裂やへたりといった変状は認められなかった。

5. 実軌道での締結ボルト軸力推移

実軌道での締結ボルト軸力推移を確認するため超音波法によるボルト軸力測定を実施した。測定は前回締結装置補修からの経過年数ごとに実施した。超音波法による軸力測定数を表 5.1 に測定結果を図 5.1 に示す。実軌道での超音波法ボルト軸力測定結果は、促進試験同様に 102 形・高速形とも経年（1 年：繰返し回数 100 万回相当）により低下傾向が見られる。経過年数 10 年（繰返し回数：1000 万回相当）時点でも、第 3 節で述べた必要な締結ボルト軸力を満たしている。超音波法ボルト軸力測定結果は各経過年数でのばらつきが大きく、必要なボルト軸力を下回る値も検出されているが、経過年数ごとに現地の締結トルク測定を実施した結果、102 形及び高速形締結ボルト緊締時の最低トルク 120N・m は確保していたため、最低トルク 120N・m での締結ボルト軸力 19.2kN は満たしていると考えられる。このことからボルト長変化を超音波跳ね返りにより測定する超音波法測定による誤差であると考えられる。

6. 締結装置補修周期延伸及び注意点

疲労試験機による促進試験及び実軌道に対する超音波法ボルト軸力測定結果よりバラスト軌道の締結ボルト軸力は敷設 15 年後でも十分な軸力を有しており現状のバラスト軌道締結装置補修周期からの周期延伸は可能と考える。しかし、当社ではこれまで試行を含め 11 年を超える周期延伸の経験がなく後述するような影響が考えられる。他社及び当社のスラブ軌道での締結装置補修周期を踏まえて表 6.1 の通り 10 年まで延伸することとした。

周期延伸による懸念事項として、トンネル坑口前後等線路環境による特異箇所管理、軌道回路レベルの低下やレール交換時等の緩解作業に時間がかかることが考えられる。特異箇所については、内外の締結装置ボルトが同時に連続して緩むという知見はほとんど確認されておらず、線路巡回による定期確認および必要により個別周期管理することで対応する。軌道回路レベルについては、過去に試行として締結装置周期を 11 年に試行している箇所でのレベル低下予兆は確認されていないことから今後も軌道回路レベルの変化に注意することで対応する。レール交換時の緩解作業については、作業前にスプレー式潤滑油等を塗布することで対応する。

7. まとめ

- (1) 疲労試験機による促進試験の結果、バラスト軌道の締結装置ボルト軸力は載荷回数とともに一定の低下割合に落ち着くことが分かった。
- (2) 超音波法によるボルト軸力測定の結果、実バラスト軌道の締結ボルト軸力は測定方法の誤差による

ばらつきは確認されるものの一定の低下傾向であり現地の締結トルク測定結果より最低トルクは確保していることが分かった。

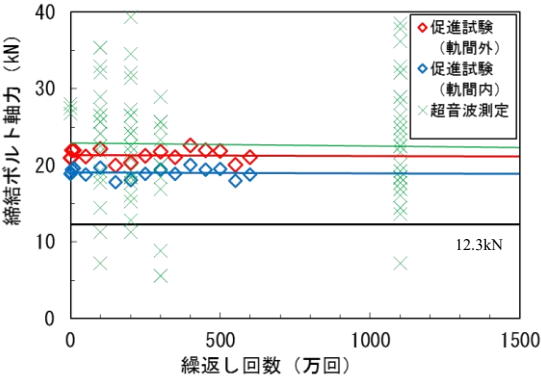
- (3) バラスト軌道締結装置補修の周期は 15 年程度まで延伸であるが、他社及びスラブ軌道の補修周期を踏まえて 10 年まで周期延伸することとした。

参考文献

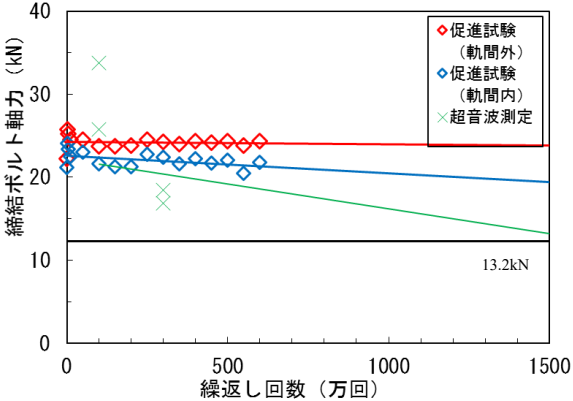
- 1) 辻田，スラブ区間におけるレール締結装置補修周期の延伸，新線路，2022 年 8 月，pp28-30
- 2) 阿部ら，直結系軌道用レール締結装置の開発，鉄道総合技術研究所，2003 年 3 月
- 3) 鉄道総合技術研究所，鉄道構造物等設計標準・同解説軌道構造，2011 年 12 月
- 4) 新版軌道材料編集委員会，新版軌道材料，2011 年 5 月，pp.283-284

表 5.1 軸力測定内訳（本）

	経過年数（年）					合計
	0	1	2	3	11	
102 形	4	22	25	16	36	102
高速形	0	2	0	2	0	4



(a) 102 形



(b) 高速形

図 5.1 超音波法による軸力測定結果

表 6.1 見直し後の締結装置補修周期

締結種別	トルク調整	注油トルク調整
スラブ軌道	—	1 回/10 年
PC まくらぎ	—	