

レール締結装置の動的繰返し载荷試験における構成部材の摩耗形態に関する一考察

鉄道総合技術研究所 正会員 ○本村 裕基
 鉄道総合技術研究所 正会員 弟子丸 将
 鉄道総合技術研究所 正会員 足立 博哉

1. はじめに

軌道構造標準¹⁾におけるレール締結装置の性能照査では、二軸载荷による100万回の動的载荷試験（以下「二軸疲労試験」という）により、締結ばねや構成部材に異状が認められないかの確認を実施しているが、線ばね形レール締結装置の試験時に、樹脂製のインシュレータに摩耗や損傷が見られる事例があった。そのため、構成部材の温度に着目したところ、図1に示すように、試験中に構成部材が高温になっていることが分かったほか、締結ばねの応力と部材の温度の変動に関係性が認められた²⁾。

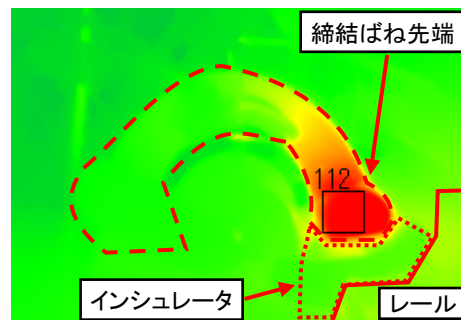


図1 温度上昇状況（単位：℃）

そこで、本研究では現行の空冷による冷却以外で、部材の摩耗を抑制し、より実軌道に近い試験環境とするための手法について検討した結果、試験中の部材の挙動とその摩耗形態が明らかとなったため報告する。

2. 試験方法

検証試験は、e2009形レール締結装置を対象として、過去の検討²⁾と同様の条件により二軸疲労試験を実施した。試験条件を表1に示す。試験項目は表2に示すとおり、試験方法を変えて計5試験を実施した。試験中は図2に示すとおり、ひずみゲージにより締結ばねの応力を、サーモカメラにより部材の表面温度を測定した。

表1 試験条件

レール種別	50kgN レール
設計軸重	150kN
線形	曲線（半径 600m 以下）
レール締結間隔 （まくらぎ間隔）	641mm （39 本/25m）

表2 試験試番

試番	試験方法	载荷周波数	载荷回数
1	標準	5.5Hz	40 万回
2	载荷周波数低減	4Hz	
3		3Hz	
4	グリス塗布	5.5Hz	8 万回
5	水噴霧	5.5Hz	

3. 試験結果と考察

図3に試験結果を、図4に締結ばねの押さえ部分近傍の外観を、図5に試番5終了後の部材の状態を示す。

(1) 载荷周波数の低減

図3(a)および(b)より、試番1と試番2については、部材温度および応力振幅に差が無かった。また、図3(b)および(c)より、試番3については载荷1万回程度での最高温度およびその後の载荷数十万回程度で温度が落ち着いた時点での温度それぞれについて10～20℃程度の温度低下が見られたが、試験後の部材の摩耗量は同程度であった。これは、载荷周波数が低い分、図4に示す締結ばねの押さえ部分とインシュレータ間での摺動速度が小さくなり温度が低下するものの、インシュレータの摩耗を防ぐほどの温度抑制効果は得られなかったためであり、部材の損耗抑制には冷却によりさらに温度を低下させる必要があると考えられる。

(2) 接触部の摩擦抵抗の低減

試番1～3におけるインシュレータの損傷は、締結ばねとインシュレータ間での滑りにより発生するものであると考えられたことから、試番4ではこの箇所にグリスを塗布し、摩擦抵抗を低減することで試験時の温度キーワード 線ばね形レール締結装置、インシュレータ、摩耗、二軸疲労試験、試験方法

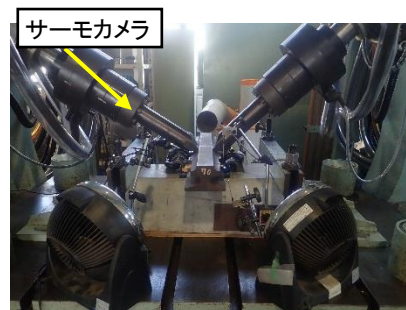


図2 試験実施状況

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

抑制および部材の損耗防止を図った。図 3(a)より、試験中の締結ばねの応力振幅が小さくなっていることが分かる。これは、グリスの塗布で締結ばねとインシュレータの間で滑りが生じる状態となったことにより、塗布しない場合よりも締結ばねに発生する応力の変動が小さくなったためであると考えられる。一方、図 3(b)から分かるように、部材温度は常に高温であり、塗油により摩擦力は減ったものの、発熱を防ぐまでには至らなかったと考えられ、かつインシュレータの摩擦による押え力低下が緩やかになった分、より長い間摩擦熱に起因する高温状態が維持されることになったと思われる。なお、部材の摩耗量は試験 1 と比較し若干少ない程度であった。さらに、締結ばねとインシュレータの間で滑りが生じる状態が実軌道の状態と合致しているかについては確認できていないため、本手法の採用にあたっては実軌道の状態の確認が必要である。

(3) 水噴霧による冷却

試験 5 は、タンクに用意した水を霧状にして締結ばねに向けて噴射することで、気化熱を利用した冷却を図るものである。試験の結果、温度の低減効果は認められたものの、試験 1~4 には生じなかった現象として、図 5 に示すように、インシュレータのレール底部側面と接触する箇所で潰れるように変形し、軌道パッドも熱による変形がみられた。軌道パッドについては、水噴霧では冷却が不十分であり、摩擦および圧縮による発熱により変形したものと考えられ、インシュレータについては、インシュレータとレール間で滑動したことにより変形したものと考えられる。

4. まとめ

線ばね形レール締結装置の二軸疲労試験において、冷却方法に着目し、複数の試験条件で締結ばね応力と部材温度を比較した結果、試験中の構成部材の挙動には、締結ばねとインシュレータ間で滑動する場合と、インシュレータとレール間で滑動する場合があることが分かり、前者の場合は締結ばねの押え点近傍でインシュレータが摩耗し、後者の場合はインシュレータ側面や軌道パッドが損傷するという現象が発生することが明らかになった。したがって、適正な試験方法の検討にあたっては、より実軌道に近い試験条件・環境とすることが肝要であると考えられる。

今後は新たな手法の検討や複数の手法の組み合わせ等により効果的な手法の検証を続けることに加え、実軌道におけるレール締結装置の挙動を把握することで実軌道に近い試験環境・条件を検討していく。

参考文献

- 1) 国土交通省，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），2012
- 2) 本村，弟子丸，片岡：レール締結装置の動的繰返し載荷試験における構成部材の摩耗に関する一考察，土木学会第 73 回年次学術講演会，VI-911，2018

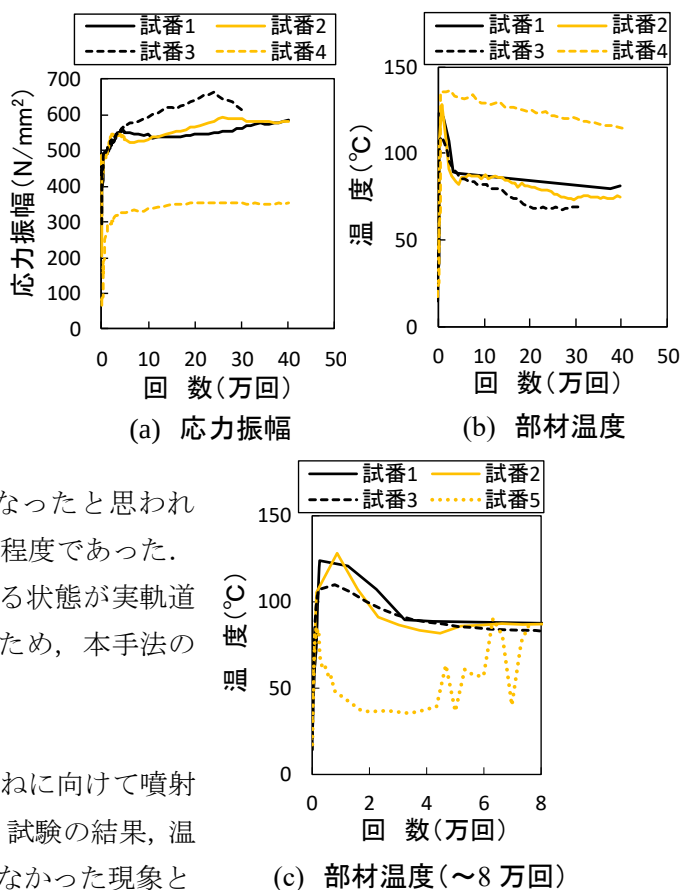


図 3 試験結果



図 4 締結ばねの押さえ部分近傍

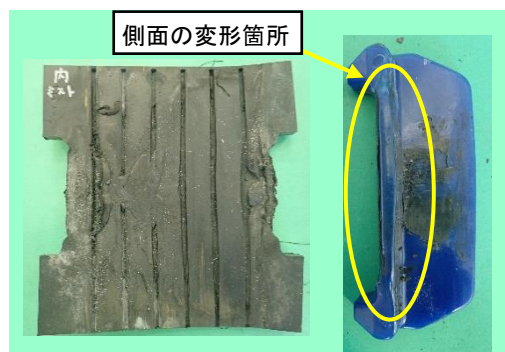


図 5 試験後の部材 (試験 5)