

経年劣化によるレール締結ばねの強度等に関する評価

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○伊東 謙悟
 同上 正会員 熊倉 孝雄
 同上 正会員 小西 俊之

1. はじめに

レール締結装置の設計において、締結ばねに発生する応力は、ばね鋼の耐久限度線図により、破壊・へたり限度内にとどめることが条件である¹⁾。これは、新品のばね鋼に対して新規で導入する際に照査する項目である。一方、敷設してからの経年劣化によるレール締結装置の強度低下等については、あまり解明されていない。

そこで本稿では、新幹線で主に使用されている直結8形レール締結装置（以下、直8締結装置という。）において、現場から収集した累積通過トン数（以下、通トンという。）別による締結ばねの強度試験等を行い、直8締結装置の経年劣化による強度等の評価を行った。

2. 試験概要

新品の直8締結ばね、および現場から収集した通トン別の直8締結ばね（通トン2億・4億・6億程度）の4体に対して、性能確認試験等を実施した。

なお、試験体で使用した各部材においては、締結ばねの経年劣化による強度等の評価を目的としたため、締結ばね以外の部材は全て新品の材料を用いて試験を実施した。

3. 性能確認試験の結果

3.1 締結ばねの形状・重量測定

4体の締結ばねについて、形状寸法および重量を測定した。形状寸法の測定位置は図-1のとおりである。なお、新品以外の締結ばねについては、各測定前に錆等を除去して測定を実施した。各測定結果を表-1に示す。

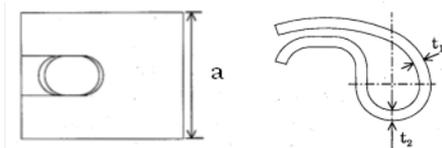


図-1 形状寸法測定位置

表-1 形状寸法および重量の測定結果

締結ばね種別	形状寸法			重量(g)
	a(mm)	t ₁ (mm)	t ₂ (mm)	
新品	70.0	6.1	6.1	647
通トン 2億程度	69.7	6.2	6.2	647
通トン 4億程度	69.8	6.3	6.3	643
通トン 6億程度	69.7	6.1	6.4	612

表-1より、形状寸法について、経年使用している締結ばねは表面に発錆が見られたものの、発錆を取り除いた後でも、測定箇所においては著しい肉厚の減少は確認されなかった。しかし、重量においては、通トン6億程度の締結ばねについて約30g程度の重量減少が確認された。これは、他の締結ばねに比べ全体的な発錆が多かったこと、また、レールと締結ばね接触部について経年使用による摩耗等が原因と考えられる。

3.2 組立試験

4体の締結ばねについて、直8締結装置の組立時における締結ばね発生応力と締結ボルト軸力を測定した。なお、締結ボルトは図-2のように、締結ばねについては図-3の箇所にそれぞれひずみゲージを貼り、発生応力を測定した。各測定結果を図-4および図-5に示す。



図-2 締結ボルト

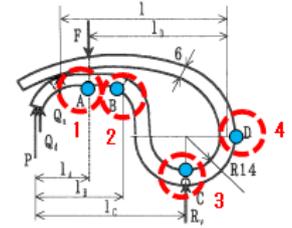


図-3 締結ばね測定位置

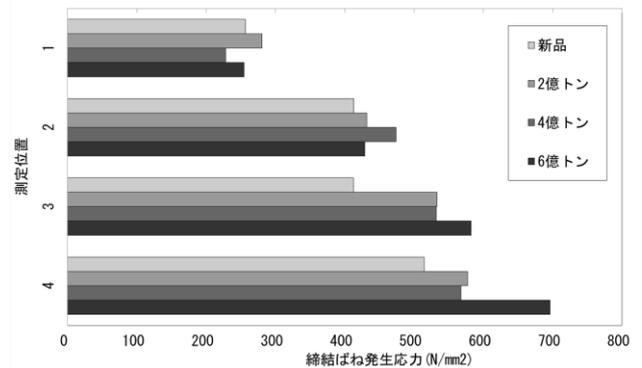


図-4 締結ばね発生応力

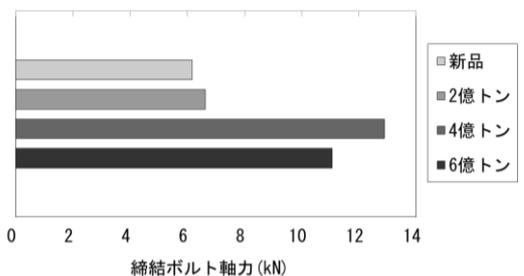


図-5 締結ボルト軸力

図-4より、新品の締結ばねと比較し、経年使用している締結ばねの方が、組立時にばねに発生する応力が増加傾向にある。特に、締結ばねの測定位置3および4において顕著である。

図-5は、締結ばねが2点タッチ(板ばねの上ばねと下ばねが接触)するまで締結した際の締結ボルト軸力を示す。通トン4億程度から2倍近く増加する傾向にあり、経年使用に従い2点タッチさせることで高いボルト軸力が発生することになる。

3.3 ふく進抵抗試験

直8締結装置の設計では、締結ボルトの標準トルクは60N・mであり、ふく進抵抗力は締結装置1組あたり3kNとされている。この値を標準として、4体の締結ばねを用いて、レール長手方向3mm移動時の荷重(ふく進抵抗力)測定を実施した²⁾。試験結果を表-2に示す。

表-2 ふく進抵抗試験結果

締結ばね種別	ふく進抵抗力 (kN)
新品	3.0
通トン 2億程度	3.4
通トン 4億程度	3.1
通トン 6億程度	3.1

表-2より、締結ばねの経年に関わらず全ての締結ばねにおいて、ふく進抵抗力は3.0kN程度であり、締結ばねが2点タッチするまで締結した場合は、経年劣化によらず所定のレール押え力が確保できることが確認された。

3.4 静的載荷試験

締結ばね4体について、基礎試験(鉛直ばね定数・先端ばね定数・横ばね定数試験)を実施し、静的載荷試験での載荷荷重および載荷角度を算出した。算出した値を用いて、A荷重とB荷重が相互に作用した場合の締結ばねに発生する平均応力と変動応力を測定した。図-6にばね鋼の耐久限度線図を示す。

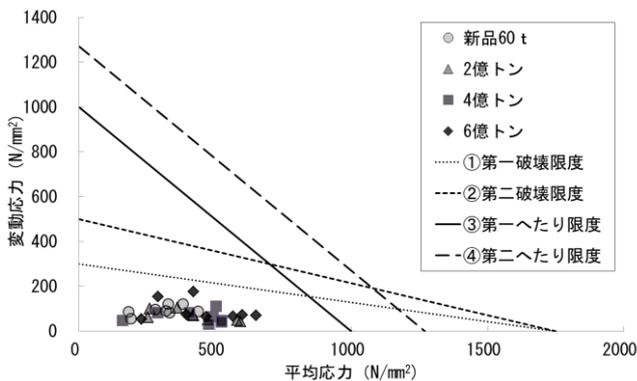


図-6 ばね鋼の耐久限度線図(SUP9)

図6より、締結ばね4体についての平均応力および変動応力は、全て第1破壊限度および第1へたり限度内であり、通トン6億程度の経年使用後も締結ばねとしての性能を有していることを確認した。また、全ての締結ばねにおいてレール変位も規定値(5.2mm)以内であった。新品と比較すると経年使用した締結ばねで多少の差はあるが、全ての締結ばねを使用した締結装置は性能上問題ないことを確認した。

しかし、新品の締結ばねと経年使用した締結ばねを比較すると、平均応力が増加傾向にある。これは、締結時の初期応力に影響され、初期応力が大きければ平均応力も大きくなるため、図-4の組立試験結果とも傾向が一致する。また、変動応力に関して新品と経年使用した締結ばねを比較すると、通トン4億程度までは新品と同程度であるが、通トン6億程度では増加傾向にあり、第1破壊限度に近づいている。これより、締結ばねは経年劣化により疲労強度が新品と比較して低下していることが分かる³⁾。

3.5 動的載荷試験

静的載荷試験に用いた載荷条件で、100万回の動的繰返し載荷試験を実施した結果、レール締結装置の構成部材等に異常はなく、全ての締結ばねについても折損等は確認されなかった。

4. まとめ

経年劣化した締結ばねについて、通トン別に性能確認試験を実施した結果、以下の知見が得られた。

- (1) 通トン6億程度までの経年劣化した締結ばねにおいても、性能上問題ないことを確認した。
- (2) 経年劣化に伴い、締結時の初期応力および、作用荷重に対する平均応力が増加傾向にあることを確認した。
- (3) 新品と比較し、通トン6億程度使用した締結ばねは、作用荷重に対する変動応力が増加傾向にあることを確認した。

【参考文献】

- 1) 国土交通省監修：鉄道構造物等設計標準・同解説一軌道構造，丸善，2012
- 2) 玉川新悟，杉野満，片岡宏夫：レール締結装置のふく進抵抗試験法の適正化，鉄道工学シンポジウム論文集，2016
- 3) 玉川新悟，弟子丸将，片岡宏夫：レール締結装置の疲労寿命の推定と横圧限度の検討，RTRI REPORT Vol.30，2016