

腐食レール締結装置の余寿命推定に関する一考察

鉄道総合技術研究所 正会員 ○太田 晋一
 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 三原 輝久

1. はじめに

レール締結装置はその敷設数が多く、また、取り替えが比較的容易であることから、基本的には永久構造物ではなく、取り替え部品として設計されている。一方、過去の研究^{1),2)}において、トンネル等の腐食環境下では、レール締結装置の腐食が進行することによる部材強度および寿命の低下が示されているため、レール締結装置の保守管理上、その敷設環境状況を考慮した耐用年数を検討しておくことが重要である。

本研究では、著しい腐食環境下に敷設されているレール締結装置について、主要部材である締結ばねを対象とし、疲労試験を実施することで腐食の程度を考慮した S-N 曲線を導出した。また、車両の走行条件を設定し、得られた S-N 曲線を用いて腐食の程度に応じた締結ばねの余寿命を推定した。

2. 対象とするレール締結装置

対象とするレール締結装置は、直結 8 形改（低）のうち腐食区間に適用される種別のもの（以下、「供試レール締結装置」という。）とした（図 1）。供試レール締結装置の締結ばねは板厚が 7mm であり、締結ばね表面をダクロダイズド処理することで防錆処置を施している。



図 1 対象レール締結装置

3. 腐食した締結ばねのランク分類

締結ばねの腐食状況を把握するため、営業線の腐食環境下に敷設されていた締結ばねを収集して腐食の程度に関する検討を行った。

(1) 腐食ランク分類の方法

収集した締結ばねは外観上腐食の程度はばらばらであった。これらの締結ばねについて、表 1 に示す外観上の判定基準から腐食の程度を I～Ⅲの 3 段階に分類した（以下、この分類を「腐食ランク」という。）。分類した腐食ランクごとの締結ばねの一例を図 2 に示す。

表 1 腐食ランク分類の判定基準

腐食ランク	腐食	減肉
I	軽微	ほぼ無し
II	顕著	ほぼ無し
III	顕著	顕著

(2) 腐食ランクの妥当性検証

外観上で分類した腐食ランクの妥当性を確認するため、腐食ランク別の板厚減少率および重量減少率を調査した。図 3 に腐食ランク別の板厚減少率および重量減少率を示す。いずれの指標についても腐食ランクと相関があることが確認できる。これより、外観上の分類による腐食ランクの判定は腐食の程度を分類するうえで妥当なものであることを確認した。



(a) ランク I (b) ランク II (c) ランク III

図 2 締結ばねの腐食ランクの分類例

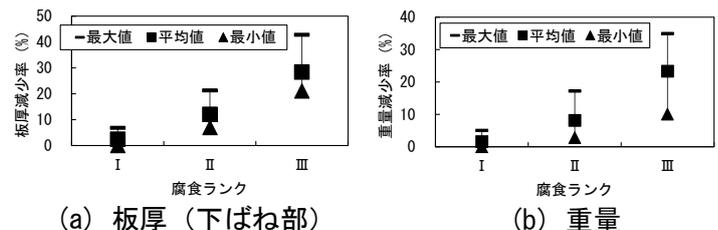


図 3 腐食ランク別の板厚減少率および重量減少率

4. 腐食した締結ばねの疲労試験

腐食ランク別に 2 軸疲労試験を実施し、折損するまでの载荷回数を確認した。なお、試験の実施に先立ち、ひずみゲージを貼付した新品の締結ばねを用

キーワード レール締結装置, 腐食, 二軸疲労試験

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 TEL042-573-7275

いて構成したレール締結装置に対し、新幹線軌道の設計 A 荷重相当の荷重³⁾で二方向載荷試験を実施して荷重と締結ばねの発生応力の関係を把握し(図4)、複数の応力段階を有する載荷条件を決定した。

ここで、腐食により板厚が減少すると、同じ荷重条件下においても締結ばねの変動応力は増加し、一方で、同じ締結状態においては締結時応力は低下すると考えられる。そこで、新品および腐食締結ばねの変動応力と締結時応力を測定し、新品ばねを基準とする補正係数を求めた(図5)。これらの補正係数を疲労試験結果の補正に用いた。

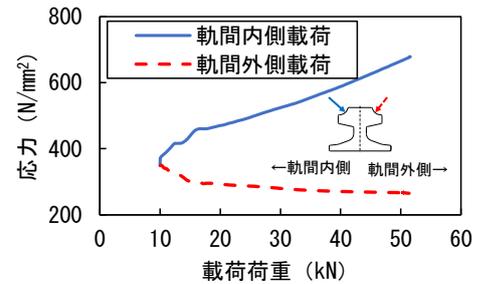


図4 荷重・応力の検定試験結果

5. 腐食締結ばねの S-N 曲線と余寿命推定

図6に補正後の疲労試験結果と S-N 曲線を腐食ランク別に示す。S-N 曲線は、新品時を表すばね鋼の S-N 曲線と傾きを同一とし、最小二乗法により得られる切片を補正したものとした。また、腐食の影響によりいずれの腐食ランクについても疲労限度が存在しないと仮定した。

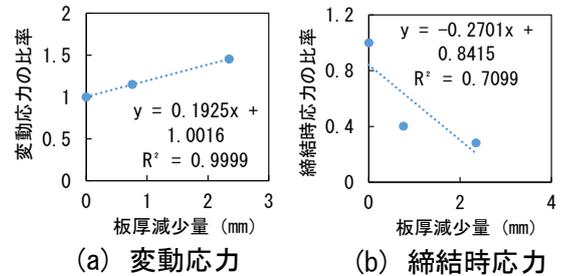


図5 板厚減少を考慮した補正

6. 腐食締結ばねの余寿命推定

前章で算出した S-N 曲線を用いて腐食ランク別の余寿命推定を実施した。寿命推定にあたり、レール締結装置一組に作用する分散荷重と締結ばね応力の関係を把握する必要がある。そこで、新品の締結ばねを用いて載荷角度 45~60 度での単軸の静的載荷試験を実施し、分散荷重(レール圧力および横圧力)を説明変数、発生応力を目的変数とする重回帰分析を実施した。表2に重回帰分析の結果を示す。なお、この回帰式で得られる変動応力についても、板厚減少量による変動応力および締結時応力の補正を実施した。

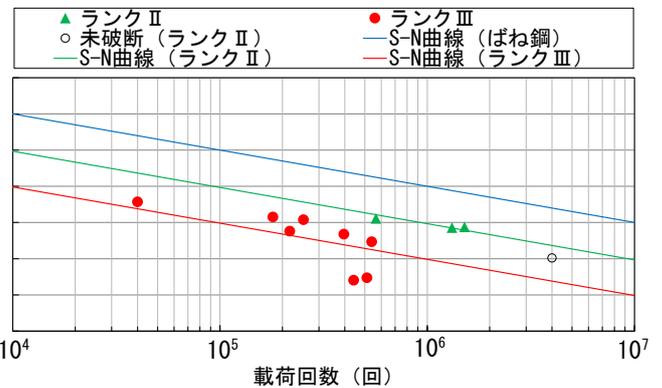


図6 補正後の試験結果と S-N 曲線

余寿命の推定にあたり、車両条件は複数の異なる軸重を有する車両が走行する条件とした。レール締結装置の設計 B 荷重³⁾がレールに対して一方向に繰り返し作用する条件とした。表3に余寿命の推定結果を示す。ランク II の場合、軌間内外のいずれの締結ばねについても余寿命が 100 年を超え、ランク III の場合、軌間外側の締結ばねにおいて余寿命が 11 年となった。

表2 重回帰分析の結果

締結ばね位置	回帰係数			相関係数
	レール圧力 a	レール横圧力 b	定数項 c	
軌間外側	-0.97	-2.37	-91.96	0.82
軌間内側	-11.07	25.96	49.02	0.98

表3 余寿命推定結果

締結ばねの締結位置	腐食ランク	
	II	III
軌間内側	100 年以上	27 年
軌間外側	100 年以上	11 年

7. まとめ

著しい腐食環境下に敷設されているレール締結装置の締結ばねを対象に、腐食の程度に応じた腐食ランク分類を実施し、腐食ランク別の余寿命を推定した。その結果、最も腐食が進行している腐食ランクにおける締結ばねの余寿命は最小 11 年であることが試算された。

参考文献

- 1) 長藤他：腐食によるレール締結装置の寿命低下，鉄道総研報告，Vol.8，No.11，1994.11.
- 2) 玉川他：レール締結装置のアンカーボルト腐食対策法の開発，土木学会第 70 回年次学術講演会，2015.
- 3) 国土交通省監修：鉄道構造物等設計標準・同解説、軌道構造、(公財) 鉄道総合技術研究所編、2012.1.