

防食レール用レール締結装置構造の検討

鉄道総研 正会員 ○庄野 真也
 鉄道総研 正会員 片岡 宏夫

1. はじめに

トンネル等の腐食環境下のレールには、レール折損等の対策として防食材料による対策が講じられることがあるが、レール締結部における防食塗膜の損傷が課題となっている¹⁾。そこで、レール締結部における防食塗膜損傷の軽減を目的として、防食レール用レール締結装置構造を検討し、性能確認試験を実施した。

2. 防食レール用レール締結装置の構造検討

レール締結部における防食塗膜の損傷に関しては、組み合わせるレール押え部材を有機材料にし、また軌道パッドの表面を平滑化することでこれを軽減できることが確認されている²⁾。また、レール底部上面における防食塗膜へのレール押え部材の食込みおよびレール底面の軌道パッドの変形に起因する防食塗膜の損傷等を軽減するためには、レール押え力を極力低減することが望ましいと考えられる。そこで、これらを考慮し板ばねによるレール締結装置構造を以下のとおり検討した。

2. 1 板ばねの設計

レール押え部の構造は、板ばねとレール間に樹脂材を介在させる構造とし、設計条件を以下のとおりとした。図1に板ばねの概要図を示す。

- ・ 5N形レール締結装置を基本形状とする。
- ・ 介在させる樹脂材の厚さは5mm以上確保し、厚さの異なる樹脂材を組合せることで軌間調整量を±3mm確保する。
- ・ レールに皮膜する防食塗膜の膜厚として1000 μ mを考慮する。
- ・ 板ばね1個あたりのレール押え力は5kNとする。ただし、必要最小限のふく進抵抗力の確保を前提とする。
- ・ 下ばねの形状は、5N形レール締結装置のボルト中心より先端にかけて形状を変更し、受栓との位置関係は変更しない。また、上ばねの形状は樹脂材の厚さを考慮し、板ばね後部の曲率を大きくして締結時に下ばねと接触させる形状とする。

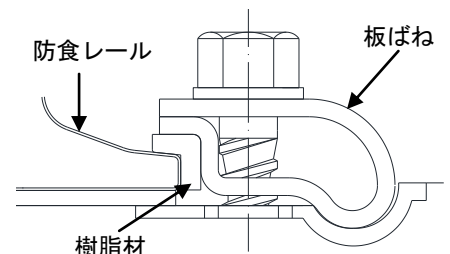


図1 板ばねの概要図
(50kgN レール用)

2. 2 板ばねの応力計算

2.1節で検討した板ばねについて、列車荷重が作用した際に発生する板ばねの応力計算を行った³⁾。図2に板ばね応力の観測点を示す。ここで、板ばねの先端ばね定数および横ばね定数については、板ばね形状を梁モデル化し、ひずみエネルギー法により算出した。また、レール締結装置に作用させる荷重は、在来線におけるレール締結装置の設計作用であるA荷重（極まれに発生する極大荷重）およびB荷重（しばしば発生する最大荷重）とし、各種ばね定数および軌道構造条件から構造解析モデルによりレール締結装置1組に作用するレール圧力およびレール横圧力を求めた。これらより、板ばねに発生する応力を計算し、ばね鋼(SUP9)の耐久限度線図により照査した結果を図3に示す。いずれの観測点の応力も第2破壊限度および第2へたり限度内となった。なお、60kgレール用についても同様に、応力は限度内となった。

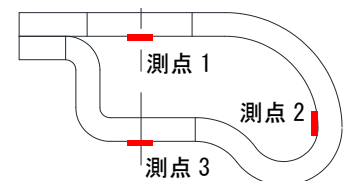


図2 板ばね応力の観測点

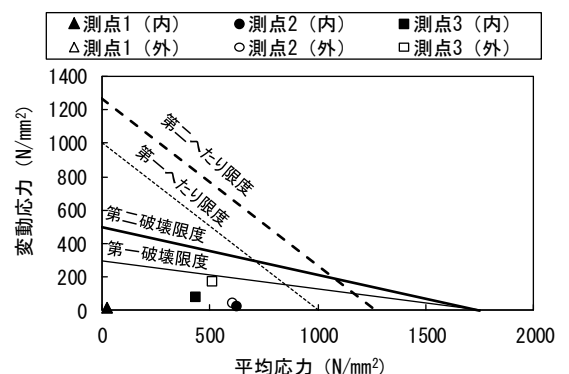


図3 板ばねの応力計算結果
(50kgN レール用)

キーワード 防食レール, レール締結装置, 性能確認試験

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 TEL 042-573-7275

3. レール締結装置の性能確認試験

2 章における検討結果を踏まえ、防食レール用レール締結装置を製作し、以下のとおり性能確認試験を実施した。図4に製作したレール締結装置の概要を示す。

3. 1 ふく進抵抗試験

レール締結装置の機能として必要なふく進抵抗試験を実施した。ふく進抵抗試験の結果、50kgN レール用で 9.1kN/組、60kg レール用で 7.8kN/組であった。レール締結装置のふく進抵抗力は、まくらぎの道床縦抵抗力 $6\text{kN/m} \sim 10\text{kN/m}^4$ より大きくする必要がある。試験から得られたふく進抵抗力を m あたりに換算すると、50kgN レール用で 12.4kN/m (34 本/25m)、60kg レール用で 12.2kN/m (39 本/25m) となり、必要なふく進抵抗力を有することを確認した。

3. 2 安全性の照査

レール締結装置 1 組から構成される供試体に対して静的載荷試験を行った。板ばねに発生する応力をばね鋼(SUP9)の耐久限度線図により照査した結果、50kgN レール用および 60kg レール用のいずれにおいても第2破壊限度および第2へたり限度内となり、疲労破壊に関する安全性の照査を満足した。また、レール頭部左右変位量は、在来線に適用される限界値 7.0mm^5 を下回った。図5に 50kgN レール用の板ばねの照査結果を示す。しかし、動的繰り返し載荷による確認試験の結果、一部の樹脂材に割れが生じ、樹脂材の長期耐久性に課題が認められた。

3. 3 防食レールの塗膜損傷軽減効果の確認試験

防食レール用レール締結装置をガラスフレーク塗料による防食レール²⁾と組合せ、過去に提案した防食塗膜の列車荷重に対する耐久性評価試験⁶⁾を実施した。図6に試験後のレール底部上面の状態を示す。防食塗膜に若干の摩耗が認められたが、塗膜の損傷や浮き等の変状は認められなかった。また、レール底面においても変状は認められなかった。

4. まとめ

防食レール用レール締結装置として、レールと板ばね間に樹脂材を介在させる構造を検討し、設計条件を満足するレール締結装置を考案した。また、製作したレール締結装置により性能確認試験を実施した結果、必要なふく進抵抗力を有していることを確認し、板ばねの発生応力およびレール頭部左右変位の照査を満足したが、樹脂材の長期耐久性に課題が認められた。防食塗膜に対しては、耐久性評価試験後の防食塗膜に変状は認められず損傷軽減に効果があることを確認した。なお、樹脂材の耐久性については、形状の変更により強度向上を図る予定である。



図4 レール締結装置の概要

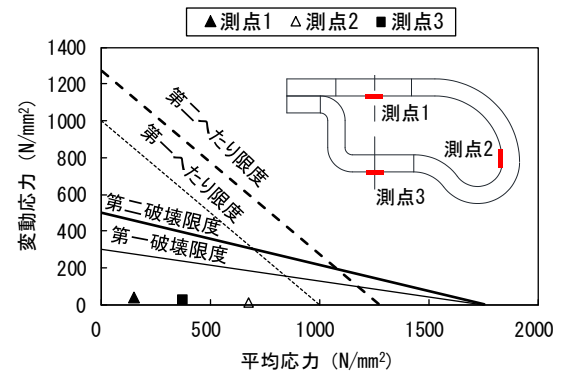


図5 板ばねの照査結果
(50kgN レール用軌間外側)

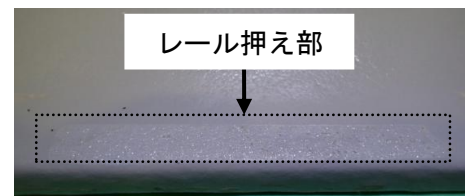


図6 防食塗膜の耐久性評価試験結果

参考文献

- 1) 堀克則他：「腐食環境下におけるレール防食工法の検討」，土木学会第64回年次学術講演会，2009年
- 2) 庄野他：レール防食工法の塗膜損傷軽減策の検討と室内評価試験，土木学会第69回年次学術講演会，2014年
- 3) 宮本俊光、渡辺啓年：「線路-軌道の設計・管理」，山海道，1980年
- 4) 「鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造」，国土交通省鉄道局 監修 (公財) 鉄道総合技術研究所 編，2012年1月
- 5) 長藤敬晴他：「防振形レール締結装置の開発」，(財) 鉄道総合技術研究所，鉄道総研報告，1995年
- 6) 庄野他：列車荷重によるレール防食処理の塗膜損傷の実態把握と室内再現試験，土木学会第68回年次学術講演会，2013年