

絶縁被覆部材を用いた直結系軌道用レール締結装置における電気絶縁性の検証

鉄道総合技術研究所 正会員 ○山本 智之
 鉄道総合技術研究所 正会員 弟子丸 将
 前鉄道総合技術研究所 正会員 中野 哲弥

1. はじめに

軌道上で信号保安装置の一部として軌道回路を使用する場合、レール締結装置では2本のレール間で必要な電気絶縁性を有していることが重要であるが、飛来物や塵埃の影響、また絶縁部材の劣化が原因で電気絶縁性が低下する可能性がある。このため、特に電気絶縁性低下の影響が大きい直結系軌道用のレール締結装置では、必要な電気絶縁性を実現するため絶縁板等の電気絶縁性に優れた非金属製の部材を適用している。しかし、非金属製の部材を使用することで構成部材点数が増え、保守管理が煩雑となるほかレール締結装置1組当たりの価格が増加する。そこで、レール締結装置に求められる電気絶縁性をタイププレートに付加し、構成部材点数を減じることを目的として、電気絶縁性に優れた非金属材料で被覆したタイププレートを製作し、試験により実現可能性を検証した。

2. 供試体

非金属材料で被覆するレール締結装置は、電気絶縁性の向上が求められている直結系軌道を対象とした。本研究では、中でも敷設実績の多い直結8形レール締結装置（以下、「直8締結装置」という）を対象とし、直8締結装置のタイププレートを非金属材料で被覆することとした。被覆方法は、成型時の欠陥や経年劣化による絶縁破壊が生じにくいこと、使用実績の有無等を考慮し、セラミックスによる溶射、合成ゴムによるカバー、絶縁塗料による塗装（以下、それぞれ「セラミック溶射TP」、「ゴムカバーTP」、「絶縁塗装TP」という）とした。セラミック溶射TPおよび絶縁塗装TPは母材形状に依存することなく被覆することが可能であり、セラミック溶射TPはタイププレート底面とアンカーボルト締結孔の内側を被覆し、絶縁塗装TPはタイププレート全面を被覆することにより、絶縁板をなくし、部材点数を減少させた。ゴムカバーTPはゴムカバーと軌道パッドを一体成型し、軌道パッドをなくすことで部材点数を減少させた。図1に非金属材料により被覆したタイププレートの外観を示す。

3. 被覆部材の耐久性

被覆を施した各供試体の被覆部材の耐久性を確認するため、疲労試験を実施した。疲労試験は鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造¹⁾（以下、「軌道標準」という）の「5.5レール締結装置」に準拠して、JIS 60kgレール、締結間隔625mm、軌道パッドばね定数60MN/m、在来線・曲線半径600m未満の条件のもと載荷条件を算定することとした。図2に載荷条件を示す。同図における P_A と P_B は位相差180°の正弦波とし、繰り返し載荷回数は100万回、繰り返し周波数は5.5Hzとした。

図3に疲労試験後の各供試体の外観をそれぞれ示す。セラミック溶射TPについては疲労試験後に被膜のはく離や損傷は認められず良好



(a) セラミック溶射TP
(タイププレート底面)



(b) ゴムカバーTP
(タイププレート上面)



(c) 絶縁塗装TP
(タイププレート上面)

図1 絶縁被覆を施したタイププレートの外観

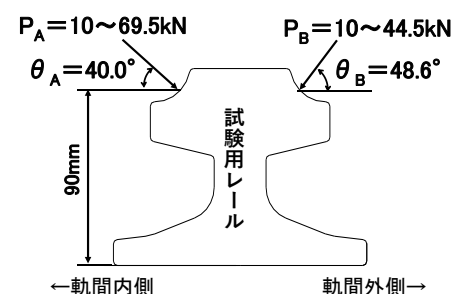


図2 疲労試験の載荷条件

キーワード レール締結装置, 非金属材料, 電気絶縁性

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

な状態であった。一方、ゴムカバーTPについては载荷試験開始直後からレールおよびタイプレートの水平方向変位が大きく、疲労試験終了後のゴムカバーは横圧受箇所において局部的に被覆が損傷していることを確認した。さらに、疲労試験で使用したアンカーボルトでタイプレートの再締結を試みたところ、アンカーボルトが折損することを確認した。また、絶縁塗料TPについては疲労試験中に変位が大きくなるといった挙動は認められなかったものの、試験後の横圧受箇所において被覆の損傷が確認された。

4. 被覆レール締結装置の電気絶縁性

被覆を施した各供試体の電気絶縁抵抗値を把握するため、電気絶縁抵抗試験を実施した。試験条件は軌道標準の「5.5 レール締結装置」に準拠して、レール締結装置1組に対して、乾燥状態、降雨状態（水道水散布）および汚損状態（0.1%塩水散布）の3条件とし、各条件下で0.52, 1.02, 2.02kHzの3種類の周波数で測定した。なお、本試験は疲労試験前後の2回実施し、電気絶縁抵抗値はレール・アース間とした。図4に電気絶縁抵抗試験の状況を示す。

図5に各供試体における疲労試験前後の電気絶縁抵抗値を示す。同図より、降雨状態および汚損状態では、いずれの供試体においても疲労試験後の方が電気絶縁抵抗値は小さく、被覆の損傷等により、電気絶縁抵抗値が低下することを確認した。また、本試験による最小値は汚損状態における絶縁塗料TPの1.6k Ω であり、本値を設計応答値 I_{Rd} として、電気絶縁性に関する使用性の照査を実施した。また、軌道標準より算定される設計限界値 I_{Ld} は1.6k Ω （締結間隔625mm）であり、さらに、軌道構造係数 γ_i を1.0として、以下照査式に代入したところ、照査式を満足することを確認した。

$$(\text{照査式}) \quad \gamma_i \cdot \frac{I_{Rd}}{I_{Ld}} = 1.0 \cdot \frac{1.6\text{k}\Omega}{1.6\text{k}\Omega} = 1.0 \geq 1.0$$

上式より、被覆を施した各供試体は軌道標準に準拠した条件において、電気絶縁性に関する使用性を満足することを確認した。

5. おわりに

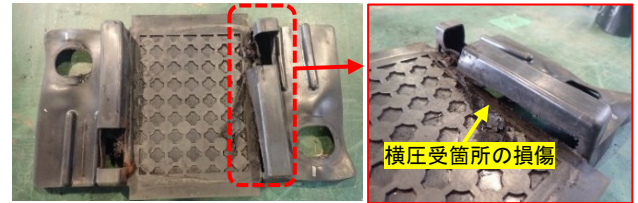
本稿では、レール締結装置に求められる電気絶縁性をタイプレートに付加し、構成部材点数を減じることを目的として、電気絶縁性に優れた非金属材料で被覆したタイプレートを製作し、試験により実現可能性を検証した。その結果、セラミック溶射、ゴムカバー、絶縁塗料の被覆を施した供試体は電気絶縁性に関する使用性を満足することを確認した。特に、被覆の耐久性の面からセラミック溶射については直ちに実用に供することができる疲労耐久性を有することを確認した。

参考文献

- 1) 国土交通省：鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造, 丸善出版, 2012.1



(a) セラミック溶射TP



(b) ゴムカバーTP



(c) 絶縁塗装TP

図3 各供試体の外観

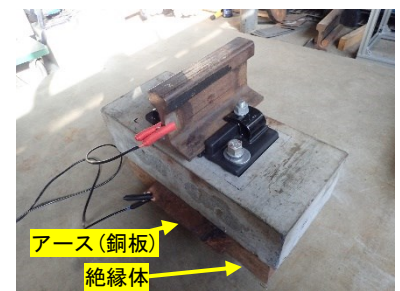


図4 電気絶縁抵抗試験 (ゴムカバーTP)

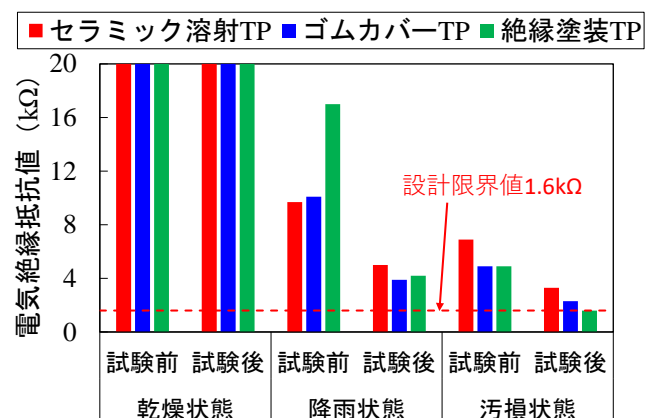


図5 疲労試験前後の絶縁抵抗値 (測定周波数2.02kHz)