

タイプレート式レール締結装置への樹脂材料の適用性の検討

(公財) 鉄道総研 正会員 ○ 柘田 吉弘
 (公財) 鉄道総研 正会員 鈴木 実
 (公財) 鉄道総研 正会員 弟子丸 将
 (公財) 鉄道総研 正会員 山本 智之

1. はじめに

レール締結装置（以下、締結装置）では、飛来物や塵埃等の影響による地絡の発生や、湿潤環境での腐食・電食の発生など、周辺の環境による絶縁性能の低減に起因して、輸送障害を招くことがある。それに対して、締結装置の絶縁性能を向上させることでこれらのリスクを低減させることが可能であると考えられ、鉄道総研ではその方策の1つとして締結装置への非金属材料の適用を検討している。本稿では、非金属材料として樹脂材料を締結装置の素材に使用する場合の適用性について、載荷試験や構造解析を用いて検討した結果を述べる。

2. 概要

樹脂材料の適用性を検討する締結装置は、締結装置を構成する締結部材の金属を樹脂材料に置き換えた際の絶縁性能への効果が大きいと考えられるタイプレート式とし、その中でも代表的な種別であり、多くの敷設実績がある直結8形レール締結装置を検討対象とした。図1に直結8形レール締結装置を示す。

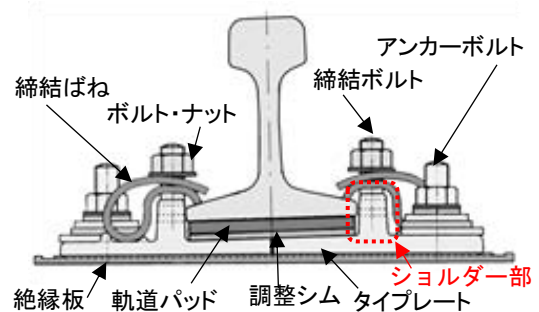


図1 直結8形レール締結装置

締結装置の金属製部材を置き換える材料には、現行素材と同等程度の機械的特性（引張強さ 400～510MPa など）が求められる。このような機械的特性を満足する可能性がある樹脂材料としては、繊維強化樹脂が挙げられる。そこで、本検討では締結部材に適用する樹脂材料の候補として、ガラス繊維強化プラスチック（以下、GFRP）、ガラス短繊維強化熱可塑性プラスチック（以下、FRTP）、炭素繊維強化プラスチック（以下、CFRP）を検討した。表1に各材料の主な物性を示す。GFRPはガラス繊維による電気絶縁性の向上が期待できることから選定し、FRTPは短繊維なのでGFRPより機械的特性が低いが、射出成形による量産性の高さを考慮して候補材料に選定した。また、CFRPは炭素繊維なので絶縁性は低いが、機械的特性に優れることから選定した。このような材料の特徴を踏まえ、GFRPとFRTPは電気絶縁性向上の観点からタイプレート（以下、GFRP製タイプレートおよびFRTP製タイプレート）への適用を検討し、CFRPは機械的特性を考慮して締結ばね（以下、CFRP製締結ばね）への適用を検討した。

表1 材料の構成と主な物性

材料	GFRP	FRTP	CFRP
材料構成 (樹脂/繊維)	ビニルエステル樹脂 /ガラス繊維(織布)	ポリアミド610 /ガラス短繊維	エポキシ樹脂 /炭素繊維
密度	1.20g/cm ³	1.65g/cm ³	1.56g/cm ³
引張強さ	420MPa	231MPa	920MPa
引張弾性率	22GPa	20GPa	58GPa
曲げ強さ	410MPa	376MPa	730MPa
圧縮強さ	320MPa	252MPa	560MPa
絶縁破壊強度	24.3kV/mm	16.2kV/mm	0.5kV/mm

3. 検討の概要

締結部材への樹脂材料の適用性の検討にあたり、材料の耐荷重性能を評価した。樹脂材料を適用する締結装置の条件は、在来線・曲線半径600m以下における直結8形レール締結装置（軌道パッド60MN/m、締結間隔625mm）を想定し、同装置におけるタイプレートへの作用力である鉛直方向：60.4kN、水平方向：54.3kN

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 防振材料研究室 TEL 042-573-7339

キーワード レール締結装置, 樹脂材料, 材料物性, FRP

を設定荷重として耐荷重性能を評価した。

GFRP 製タイプレートは繊維構成の影響が大きいため、先行試作品を作製した後に、ショルダー部を幅 15mm で切削した試験片を作製して載荷試験を実施した。一方、FRTP 製タイプレートおよび CFRP 製締結ばねは構造モデルを作製して FEM 解析により検証した。なお、FRTP 製タイプレートは材料の制約から肉厚を概ね 4.5mm 以下にする必要があり、強度不足が予想されたため、ショルダー部の外側や下面に補強板(リブ)を設置した形状(図2)とした。また、CFRP 製締結ばねは、材料の特性を考慮して、断面形状を現行の二重ばね構造とは異なるアーチ状の形状(図3)とした。

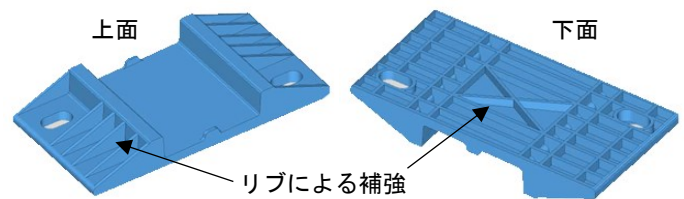


図2 FRTP 製タイプレートの構造モデル

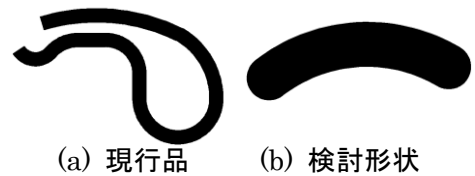
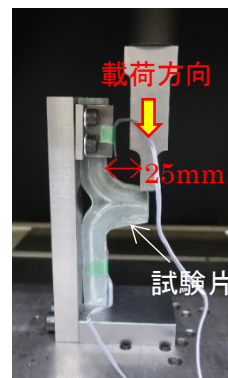


図3 CFRP 製締結ばねの断面形状

4. 検討結果

GFRP 製タイプレートの載荷試験は、ショルダー部(座面から 25mm の位置)にレールから水平方向の負荷が作用すると想定して実施した。図4に試験状況および試験結果を示す。試験結果における耐荷重の項は試験片の幅 15mm における破断荷重をショルダー部の幅 180mm に換算した値である。試験結果より、試験片4体に対して測定した破断荷重を換算した耐荷重の最低値は 122.4kN で、横圧の設定荷重 54.3kN の約 2.3 倍であり、耐荷重性能が確保できることが分かった。



載荷試験状況

載荷試験結果		
試番	破断荷重 (試験片) [kN]	耐荷重 (換算値) [kN]
1	11.6	139.2
2	12.8	153.6
3	12.4	148.8
4	10.2	122.4
平均	11.8	141.6

図4 GFRP 製タイプレートの載荷試験結果

FRTP 製タイプレートの解析では、ショルダー部に設定荷重の 54.3kN の横圧を負荷した。図5に示す解析結果より、最大主応力は 157.8MPa であった。この値は材料の引張破断強度 (195MPa) の約 1.2 倍であるため、FRTP 製タイプレートは耐荷重性能が確保できると考えられる。

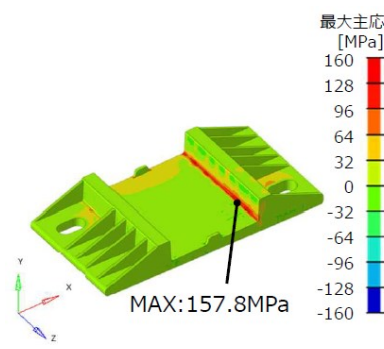


図5 FRTP 製タイプレートの構造解析結果

CFRP 製締結ばねの解析では、発生応力が最大となる締結ボルト軸力 (5kN) で締結ばねを締結した。図6に示す解析結果より、最大主応力は 77MPa であった。この値は、材料の圧縮破壊強度 (560MPa) の約 7.3 倍であるため、CFRP 製締結ばねは耐荷重性能が確保できると考えられる。

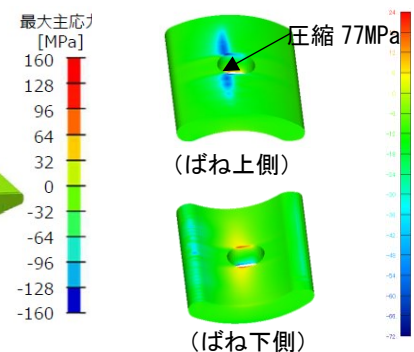


図6 CFRP 製締結ばねの構造解析結果

5. まとめ

非金属材料である樹脂材料のレール締結装置への適用性を検討するため、GFRP および FRTP をタイプレートに、CFRP を締結ばねに適用することを想定した際の耐荷重性能を評価した。その結果、それぞれの耐荷重性能は、適用した際に負荷されると想定される設計荷重を超えており、これらの材料を締結装置の材料として適用できる可能性があることがわかった。

謝辞

本研究は、東レ株式会社、東レ・カーボンマジック株式会社および株式会社日本コンポジット工業との共同研究による成果が含まれています。関係者の皆様に深く感謝いたします。