

タイププレート式締結装置用 CFRP 締結ばねの試作と適用性に関する性能評価

(公財) 鉄道総研 正会員 ○鈴木 実

(公財) 鉄道総研 正会員 柘田 吉弘

東レ・カーボンマジック (株)

片岡 篤史

1. はじめに

レール締結装置は、海岸線区や海底トンネルなどでの海水由来の塩分や降雪地域で散布される融雪剤などの影響によって腐食する他、腐食により折損した部材により短絡事故などの重大な事象に至る懸念がある。このため、耐食性や耐絶縁性などの機能向上の観点から締結装置の樹脂化を検討した。本報では、その一環としてタイププレート式締結装置に用いる締結ばねを炭素繊維強化プラスチック (CFRP) で試作し、適用性の評価に資する性能確認試験を行ったので、これらの結果について述べる。

2. 概要

締結ばねの樹脂化では、締結装置の機能維持のための必要強度や許容変形量などの観点から現行素材と同等程度の引張強さ (400～510MPa) や引張弾性率 (205GPa) などの特性が求められる。そこで、これらの要件を満たす CFRP を用いて締結ばねを試作した (CFRP 締結ばね)。CFRP 締結ばねの材料諸元を表 1、CFRP 締結ばねの外観を図 1 に示す。この形状は、高低調整パッキン等によりレール高さ変化が生じた場合でもレールに追従し、所定の抑え力が確保できるよう考案したもので、図 2 に示す専用形状のタイププレートとの併用を想定している。試作した CFRP 締結ばねでは、材料物性の他、先端ばね定数などの性能確認試験を行い、締結ばねとして適用性を評価した。

表 1 CFRP 締結ばねの材料諸元

材料構成	樹脂：エポキシ樹脂 繊維：PAN (ポリアクリロニトリル) 系カーボン繊維 (プリプレグ)
製法	プレス成形
密度 (g/cm ³)	1.56
引張強さ (MPa)	920
引張弾性率 (GPa)	58
曲げ強さ (MPa)	730
曲げ弾性率 (GPa)	46
圧縮強さ (MPa)	560

3. 性能確認試験

(1) 温度特性

CFRP のような樹脂系材料は高温時の軟化や低温時の脆化など環境温度に依存して機械的強度などの特性が変化する。その一方で、締結ばねの使用環境温度は、-20～60℃と想定されるため、この温度領域における機

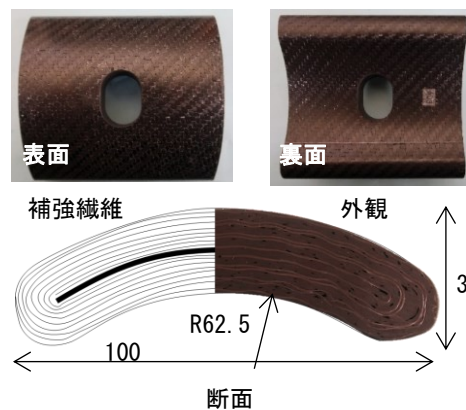


図 1 CFRP 締結ばね

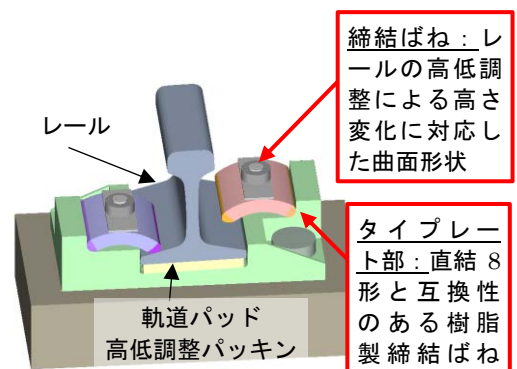


図 2 CFRP 締結ばねと専用形状タイププレートの締結構造の締結構造

械的強度の指標となる引張強さと引張弾性率および曲げ強さと曲げ弾性率に関する温度特性を取得した。

温度特性試験の結果を図 3 に示す。CFRP の引張強さは室温 23℃での 638MPa に対して低温側で低減傾向がみられ、最低値は-20℃での 527MPa (17%低減) であった。一方、曲げ強さは、これとは逆に室温 23℃での 462MPa に対して高温側で低減傾向がみられ、最低値は 60℃での 439MPa (5%低減) であった。このように、CFRP の機械的強度は、温度依存性の影響が比較的少ないが、締結ばねとしての耐荷重性の評価では使用環境温度による機械的強度への影響を考慮する必要がある。

キーワード 締結ばね, 樹脂, CFRP, 材料物性, 温度特性, ばね特性

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 防振材料研究室 TEL 042-573-7339

(2) ばね特性

CFRP 締結ばねの先端ばね特性試験は、図4に示すタイプレートの座面形状を模した治具と CFRP 締結ばねでレールを締結し、試験速度 1mm/min でレールに

載荷した。レール位置は、敷設時のレール高低調整時に想定される締結ばねの姿勢変化が先端ばね特性に及ぼす影響を評価するため、底面が治具の締結ばね座面から各 8mm, 18mm, 24mm 低い位置とした。また、ボルトは、軸力が負荷されない程度に手締め締結した。この試験では、荷重範囲 4kN~12kN の載荷を繰り返し、3 回目の荷重区間 4~12kN の変位と荷重から先端ばね定数を求めた。試験時の荷重と変位の関係を図5、先端ばね定数の測定結果を表2に示す。締結ばねの荷重変位曲線は、荷重区間 0kN~12kN の範囲でヒステリシス性がみられた。ただし、従来の鋼製締結装置（直結 8 形）と同じ締結軸力 10kN（5kN/ボルト）を基準とした場合、先端ばね定数の算出区間と同じ 4kN~12kN 間のヒステリシス性は少なく、非線形性もほとんどないことが明らかとなった。

【鋼製締結ばねとの比較】

CFRP 締結ばねの先端ばね定数は 7.7MN/m（算出区間 4-8kN, レール位置 18mm）であった。これは、従来の締結ばね（直結 8 形；約 0.6MN/m）の約 13 倍に相当し、低剛性が課題といえる。

【レール位置の影響】

先端ばね定数（算出区間 4-8kN）は、レール位置 8 mm で 8.0MN/m, 24mm で 7.6 MN/m であった。このように、曲面形状の CFRP 締結ばねは、姿勢変化の影響が少なく、レール高さに依存しない安定した締結力が得られることが確認できた。

4. まとめ

CFRP 締結ばねを試作し、その適用性の評価に資する性能確認試験を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) CFRP は、機械的強度の温度依存性が比較的少ないが、耐荷重性評価では使用環境温度の影響を考慮する必要がある。
- (2) 先端ばね定数は、従来の締結ばね（直結 8 形；約 0.6MN/m）の約 13 倍に相当し、低剛性が課題である。
- (3) 曲面形状の CFRP 締結ばねは、先端ばね特性への姿勢変化の影響が少なく、レール高さに依存しない安定した締結力が得られる。

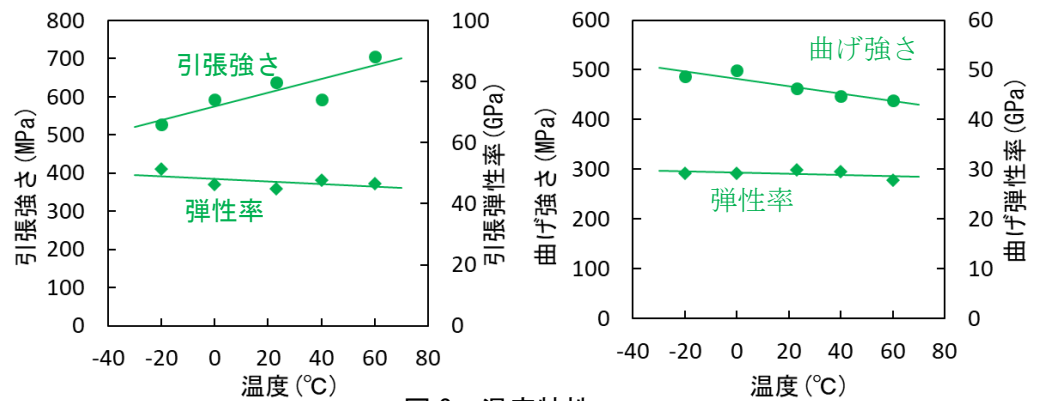


図3 温度特性

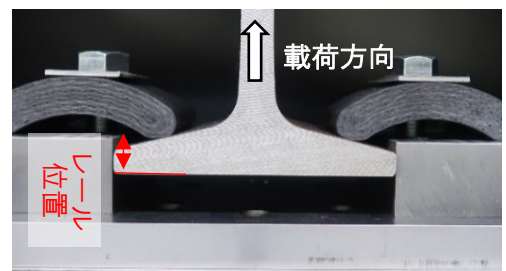


図4 先端ばね特性試験レール締結状況

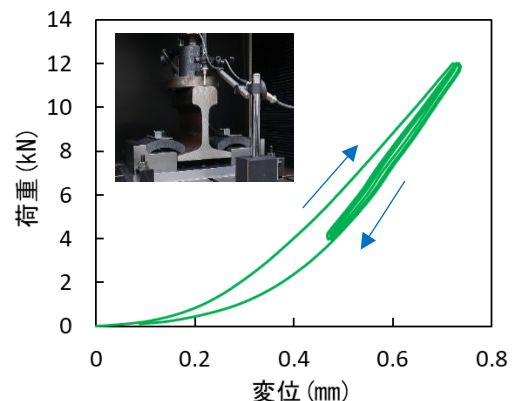


図5 CFRP 締結ばねの荷重変位曲線

表2 CFRP 締結ばねの先端ばね定数【MN/m】

レール位置 \ 算出区間	4-8kN	8-12kN	4-12kN
	8mm	8.0	9.7
18mm	7.7	8.9	8.5
24mm	7.6	8.7	8.3