

FRP 材料の鉄道構造物適用に関する基礎研究

東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 正会員 ○山本 達也
 構造技術センター 正会員 後藤 貴士
 宮地エンジニアリング(株) 技術本部 技術開発部 正会員 久保 圭吾

1. はじめに

鉄道構造物の工事では地形条件や作業時間の制約により膨大な仮設費や工程が必要となる場合がある。これに対し、軽量かつ耐久性に優れる繊維強化プラスチック(以下:FRP と記述)部材を鉄道構造物に適用する事で作業用重機械の使用を含む仮設費の抑制や工程短縮に期待が出来る。一方、土木構造物にFRP 部材を適用するためには現地にて部材同士を接合させる事が不可欠となるがFRP は接合部が耐力上の弱点となり易い。現状、FRP 部材同士を接合する際は鋼製の添接板、ボルトを用いた摩擦接合による場合が多く¹⁾、FRP 材料の高い耐久性が最大限に活かされていない。本件では、鋼製材料を用いた場合と同等の耐力が確保できる FRP 部材の接合手法について実験的な検討を行った。

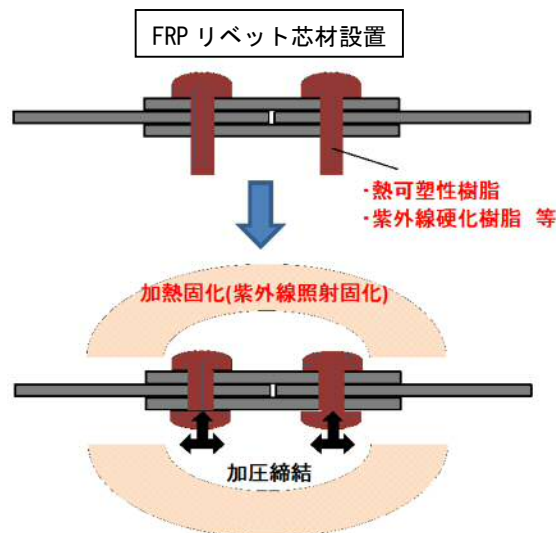


図-1 新接合方法 概念図

2. FRP 部材の新接合方法に関する概要

FRP 部材同士をFRP ボルトにより接合させる場合、ネジ山部の繊維不足によりせん断強度が小さくなる。そこで、新接合手法として、上記の改善を図るために、ネジ山の無いFRP リベットを用いて現地にて定着する手法を提案する(図-1 参照)。本件では、その基礎的な取り組みとして、FRP リベットの代替としてFRP ボルトを用い、かつボルト孔の隙間に樹脂を充填させた試験体を製作し、静的引張試験を行うによる挙動の確認を行った。

3. 実験概要

試験体の概要図を図-2 に示す。本検討では板厚 5mm のFRP 板を使用し、2 枚の母材を 2 枚の添接板で挟み、各々 M16 ボルトで繋いだ試験体を製作し静的引張試験を行った。新接合方法を模擬した試験体については、FRP ボルトとボルト孔の空隙に熱可塑性樹脂材を挿入した試験体(図-2. ③)と紫外線硬化樹脂を充填した試験体(図-2. ④)を製作し、ボルト単体により接合した試験体との比較を行った。また、本検討では載荷試験に伴い周辺温度、湿度を調整し、母材およびボルト孔充填材における耐荷性能の温度、湿度依存性を確認する事とした(表-1)。

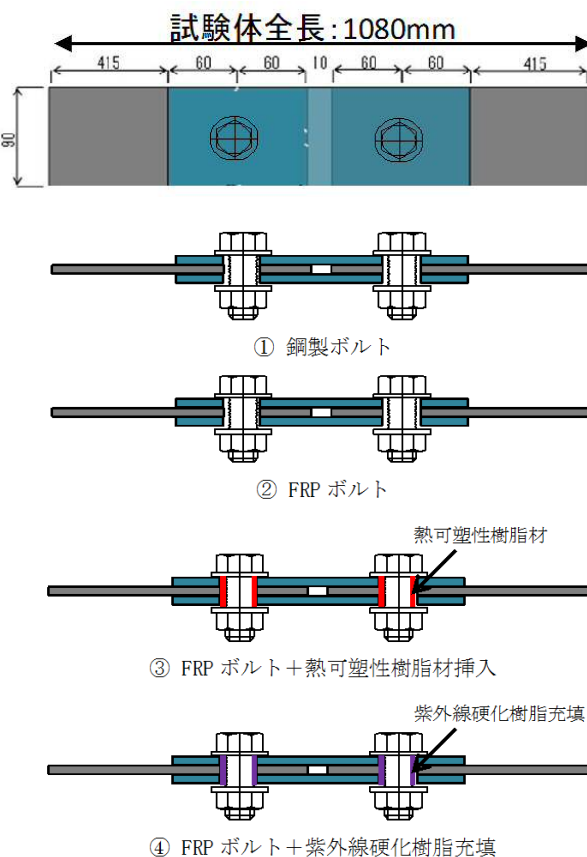


図-2 試験体概要図

キーワード FRP, 接合部

連絡先 〒980-8580 宮城県仙台市青葉区五橋一丁目1番1号 東日本旅客鉄道 東北工事事務所 TEL 022-266-3713

4. 実験結果

実験結果を図-3に示す。鋼製ボルト試験体、FRP ボルト試験体については、5kN 付近でボルトとボルト孔との空隙分が変位として付加され、急激に変位量が大きくなった（図-3. (a), (b) 参照）。これに対して、熱可塑性樹脂材挿入、紫外線硬化樹脂充填の試験体では、空隙による母材のずれが生じないため、鋼製ボルト、FRP ボルト単体の試験体のような急激な変位増加は確認されなかった（図-3. (c), (d) 参照）。熱可塑性樹脂材挿入試験体については破断時まで弾性に近い挙動を示した。なお、紫外線硬化樹脂充填試験体は熱可塑性樹脂材挿入試験体と比較して、変位に関する温度依存性が高く、高温で载荷試験を行うほど、変位量が大きくなる結果となった。また、図-4, 5 に载荷試験により破壊させた試験体の状況を示す。今回の検討においては、いずれの試験体も母材が支圧破壊した。ボルト孔に隙間の生じない樹脂充填試験体は、両者ともにボルト単体の試験体と比較して、ボルト孔の楕円化が抑制された状態で母材が破断に至ることを確認した。この影響により、図-3 に示す通り (c), (d) 試験体の破壊時変形量が (a), (b) と比較して抑制され、安定的な挙動を示したと考える。さらに、各試験体の最大荷重は、周辺温度が高くなるほど小さくなる傾向にあることから、FRP 部材の支圧に関する耐荷性能が一定の温度依存性を有していることを確認した。なお、本検討においては、湿度の変動に伴う耐荷性能の乖離は確認されなかった。

5. まとめ

本件では、鋼製部材を使用しない新たな FRP 部材の接合方法を提案し、その基礎的な取り組みとして、静的引張試験による耐荷力の検討を行った。結果、FRP ボルトを用い、かつボルト孔に樹脂材を充填した試験体において、最大荷重時まで安定的な挙動を示し、特に、充填材に熱可塑性樹脂材を用いた場合に最大荷重時まで概ね弾性挙動を示した。

参考文献

1) 久保圭吾, 清水達也: FRP材を用いた検査路の耐荷性状と適用実例, 平成 26 年度近畿地方整備局研究発表会論文集, No4, 2014

表-1 载荷試験時の環境条件パラメータ

温度	0℃	30℃	60℃	
湿度	—	40%	60%	80%
鋼製ボルト	1	1	1	1
FRP ボルト	1	1	1	1
FRP ボルト+熱可塑性樹脂材挿入	1	1	1	1
FRP ボルト+紫外線硬化樹脂充填	2	3	2	3

※表中の数値は試験実施回数

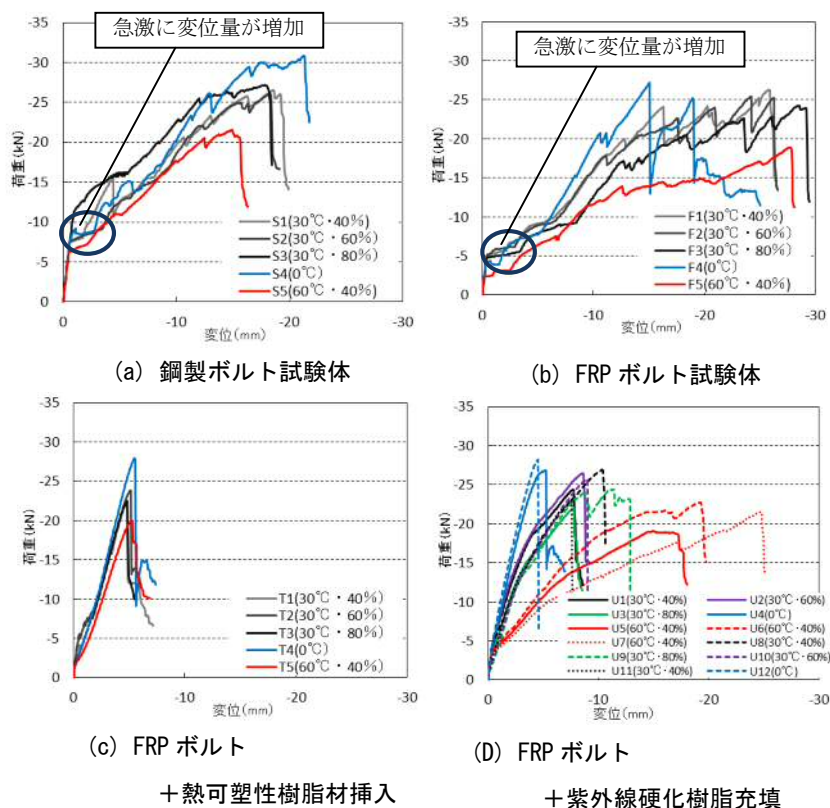


図-3 実験結果 (荷重－変位グラフ)

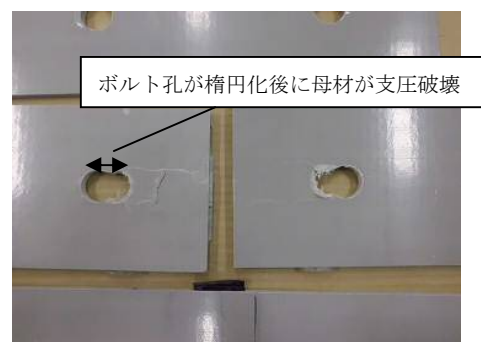


図-4 破壊状況写真 (FRP ボルト試験体)



図-5 破壊状況写真 (紫外線硬化樹脂充填)