ハイブリッド FRP 部材のボルト接合における支圧強度とガルバニック腐食に関する検討

		首都大学東京大学院 学生員				飯田達也	
		首都オ	大学東京	ī 710-	前田研−	-・正会員	中村一史
埼玉大学	71 0-	睦好宏史	東レ	正会員	松井孝洋	羊・正会員	鈴川研二
		東日本放	依客鉄道	正会員	員 吉田−	- ・正会員	柳沼謙一

1. はじめに

繊維強化プラスチック(FRP)の歩道橋への適用が検討される中,実構造へ適用する上で,合理的な接合構造を開発することが重要である開発したハイブリッドFRP桁を斜張橋の主桁に適用¹⁾するにあたっては、その接合部に摩擦接合を用いる場合,

ボルト締付け時の FRP 部材のクリープ変形に伴うボルト軸力の低下などが 懸念されることから,打込み式高力ボルトによる支圧接合の適用を検討して いる.本研究では,支圧接合において支配的な縁端距離に着目して,ハイブ リッド FRP 部材の支圧強度を実験的に明らかにした.また,ハイブリッド FRP 部材中の炭素繊維と打込み式高力ボルトの軸部との異種金属接触によ る腐食(ガルバニック腐食)が懸念されるため,部材間の電位差の検討および, 暴露試験を行った.また,腐食対策として亜鉛メッキ処理した打込み式高力 ボルトについて検討した.

2. 縁端距離が支圧強度に及ぼす影響の検討

2.1 実験方法

支圧接合用ボルトを適用する上で,ハイブリッド FRP 部材の支圧強度を 検討するために,ボルトと同等の径を持つ鋼棒(材質 SK3,以下ピンと表記) をハイブリッド FRP 部材に打込んで試験片を作製し,引張試験を行った. 検討した支圧接合用ボルトの種類は M16,M20,M22 であり,ピン構造と してモデル化した.以下,ピンの呼び径を D16,D20,D22 とする.それぞ れの軸径,下孔寸法および使用したハイブリッド FRP 部材の物性値を表-1 に,試験片図を図-1 に示す.縁端距離は各ボルトについて e/d=1.5,2.0,3.0, 4.0,5.0 (e:縁端距離,d:ボルトの呼び径)の5通りについて検討した.引 張試験は万能試験機を用いて行い,載荷速度を 2.5 mm/min.として破壊まで 変位制御で行った.

2.2 実験結果と考察

まず,八イブリッド FRP 部材における D16 試験片の荷重と突合わせ部の 相対変位の関係を図-2 に示す.荷重-変位曲線は線形関係を逸脱した後, 荷重が増減を繰返しながら増加し,破断に至る複雑な挙動を示した.以下, 線形関係を逸脱する点を弾性限界点,荷重の最大点を終局点と表記する.特 に,縁端距離が4.0d 以上のハイブリッド FRP 部材においては,終局点を過 ぎた後も明確な荷重の低下がみられず,変位のみが増加する傾向がみられた. 呼び径 D20,D22 の試験片についてもほぼ同様の挙動であった.

次に,弾性限界点および終局点を縁端距離別にまとめたものを図-3 およ び図-4 に示す.まず,これらの図から,ボルトの軸径が大きい方が,弾性 限界点および終局点の値も大きくなることがわかる.また,弾性限界点およ び終局点は,縁端距離の増加に伴って上昇することが確かめられる.さらに 図-3から,弾性限界点は縁端距離3.0d以上で,表-1のハイブリッド FRP部 材の圧縮強度から算出した支圧強度に収束することがわかる.図-4 から, 終局点は e/d = 4.0 と 5.0 においてほぼ一定の値となり,支圧強度の1.2 倍程 度の値に収束することがわかる.したがって,縁端距離を3.0d確保すれば, 部材の圧縮強度から支圧強度を算定でき,かつ,支圧強度以上の終局荷重が 得られるので,十分に安全側の設計が可能であるといえる.また,ハイブリ ッド FRP 部材の破壊形態については,炭素繊維(以下 CF)側はせん断破壊, ガラス繊維(以下 GF)側は支圧破壊および引張破壊であった.

Key Words: ハイブリッド FRP,打込み式高力ボルト,支圧接合,ガルバニック腐食 連絡先^{*}:〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1 TEL.0426-77-1111 FAX.0426-77-2772





図-1 支圧強度試験に用いた試験片





3. ガルバニック腐食に関する実験的検討

ガルバニック腐食による錆の発生および進展の度合いを確認するために, 接合部をモデル化した試験片の屋外暴露実験および,ボルト軸部と炭素繊維 間に生じる電位差の検討を行った.

3.1 屋外暴露実験による検討

打込み式高力ボルト(M22)による接合部を考え、ハイブリッド FRP 部材を 添接板で挟み込み、打込み式高力ボルトを打込んで締め付けた試験片を作製 し、室内と屋外に設置した.なお、導入軸力は225kN とし、プリセット形ト ルクレンチを用いて締め付けた.また、腐食対策として亜鉛メッキ処理した 打込み式高力ボルトを考え、メッキ処理していないボルトを用いた試験片と 同様に設置した.今回は屋外暴露した試験片のみ分解し、ボルトおよび母材、 添接板の錆の状況を確認した.表-2 に試験片のシリーズを、図-5 に試験片 図を示す.

1ヶ月間屋外に暴露した試験片の実験時および分解後の各部材の様子を記 す.まず,亜鉛メッキ処理をしていない打込み式高力ボルトを用いた試験片 に関して,ボルト,座金および添接板の表面は完全に赤錆に覆われていた. また,ボルトと添接板,母材との間隙に雨水が浸入しており,分解すると, 軸部の炭素繊維に接触していた部分にわずかに赤錆がみられた.

一方, 亜鉛メッキ処理した打込み式高力ボルトを用いた試験片に関して, 添接板は一面赤錆で覆われていたが,ボルト周囲およびボルト自体に赤錆は みられなかった.分解すると,ボルト軸部の亜鉛メッキが多少はがれてはいたものの,赤錆はみられなかった.実験後のボルトの様子を写真-1に示す.

また,実験前後で試験片全体と各部材の質量を計測したが,打込み式高力 ボルトおよびハイブリッド FRP 部材には明確な質量の増減はみられなかっ た.錆の進展,質量の変化については,今後,長期的に検討する予定である. 3.2 打込み式高力ボルトの軸部と母材との電位差の検討

屋外暴露実験に加えて,打込み式高力ボルトの軸部とハイブリッド FRP 部材間の電位差を確認するため,3%食塩水を満たした水槽に,接触面積を 等しくした打込み式高力ボルトとハイブリッド FRP 部材を浸水させ,両部 材間に生じる開放電圧(以下,電位差と表記)を計測した.打込み式高力ボル トは亜鉛メッキ処理したものと処理していないものを考え,また,比較のた めに,打込み式高力ボルトと鋼板との電位差についても計測を行った.電位 差の計測は約40時間行った.実験シリーズを表-3に示す.

計測した開放電圧と経過時間の関係を図-6 に示す.この結果から,ボルトのメッキ処理の有無に関わらず,ハイブリッド FRP 部材を用いた場合の方が生じた電位差が大きいので,異種金属接触による腐食の促進が確認できる.また,亜鉛メッキ処理したボルトを用いた場合の方が生じた電位差が大きいことから,防食効果が確認できる.

外観からは,約40時間後では,メッキ処理していないボルトと鋼板の表

面にはかなりの赤錆が生じていた.一方,メッキ処理したボルトの方は赤錆はみられなかった.さらに実験を継続したところ,約72時間経過した時点でボルト軸部の亜鉛メッキが溶解し,被覆されていた鋼部分が露出していることが確認された. 4. まとめ

以上の結果からハイブリッド FRP 部材の支圧接合について ,縁端距離はボルトの呼び径の3倍以上を確保すれば十分に安全 であることが確かめられ,別途に実構造の試設計から支圧接合が可能であることを確認している.また,ガルバニック腐食の 問題に関しては,ハイブリッド FRP 部材に打込み式高力ボルトを用いた場合にガルバニック腐食が生じることを確認した.さ らに,亜鉛メッキボルトを用いれば防食できることが確かめられた.今後,より効果的な防食の方法を検討する予定である. なお,打込み式高力ボルトの検討については別項²⁾を参照されたい. 参考文献

- 1) 中村一史,前田研一,睦好宏史,吉田一,松井孝洋:ハイブリッド FRP 桁斜張橋の誌時計と線路上空自由通路への適用可能性,鋼構造年次論文 報告集,日本鋼構造協会,Vol.16,pp.167-174,2008.11
- 2) 片野洋輔,中村一史,前田研一,睦好宏史,吉田一,松井孝洋,鈴川研二,柳沼謙一:ハイブリッド FRP 部材と鋼部材の高力ボルト接合に関す る実験的研究,第65回年次学術講演会講演概要集,投稿中

表-2 屋外暴露試験片の概要



写真-1 屋外暴露試験に用いた打込み式高力ボルト (左:メッキ処理なし,メッキ処理あり)

表-3 電位差計測における実験パラメータ

シリーズ名	母材	打込み式高力ボルト 亜鉛メッキ処理
HFRP - BN	HFRP	なし
HFRP - BZ	HFRP	あり
Steel - BN	steel	なし
Steel - BZ	steel	あり

