

ハイブリッド FRP 部材の継手に関する研究

埼玉大学 学生会員 ○新井 朋也
 埼玉大学 フェロー会員 睦好 宏史
 埼玉大学 学生会員 石濱 達也
 埼玉大学 Nguyen Duc Hai

1. はじめに

炭素繊維とガラス繊維から構成されるハイブリッド FRP (Fiber Reinforced Polymer : HFRP) は軽量, 高強度, 高耐食性といった特徴を有し, 腐食環境や架設の制約条件の厳しい建設現場などへの適用が期待されている. しかし HFRP を橋梁に適用する場合には, 多くの場合その接合部に鋼材が用いられており, FRP を適用する最大の利点である高耐食性を活かす事が出来ていないのが現状である. そこで, 本研究では接合部にも腐食の生じない FRP を用いた橋梁の開発を目指したものである. すなわち, FRP 接合板を用いた場合の接合部の力学特性を把握するため, ボルト接合による継手引張試験および接合部を有する HFRP 桁の 4 点曲げ載荷試験を行った.

2. 継手引張試験

2. 1 実験概要

本実験では力学的に最適な FRP 接合板を開発するために, ボルトと樹脂接着を用いた継手引張試験を行った. 実験要因は接合板の積層構造 (GA, GB, HA, HB の 4 種類) とボルト種類 (FRP ボルト : F, 樹脂被覆ステンレス製の高耐食ボルト : S) とした. 表-1 に接合板の積層構成と厚さを示す. 例えば, HA の場合には CFRP (炭素繊維) の体積率が 25%, GFRP (ガラス繊維) の体積比が軸方向 (0°) に 37.5%, $\pm 45^\circ$ 方向に 37.5%である. 本実験で用いた HFRP は引抜き成形にて作製されたものである. 部材の接合はボルト接合と樹脂による接着接合を併用して行った. また, FRP ボルトを使用した供試体には 10kN, 高耐食ボルトを使用した供試体には 20kN のトルクを導入した. 供試体寸法を図-1 に示す. 実験では荷重, HFRP 母材と FRP 接合板の相対変位 (すべり量) 等を測定した.

2. 2 実験結果

図-2 に荷重-ずれ変位関係を示す. まず, ボルト種類で比較すると FRP ボルト供試体は高耐食ボルト供試体

表-1 接合板および HFRP の積層構造

接合板	CFRP	GFRP		厚さ t
	0°	$0^\circ / 90^\circ$	$\pm 45^\circ$	
GA	—	50%	50%	20mm
GB	—	50% (0° のみ)	50%	20mm
HA	25%	37.5%	37.5%	15mm
HB	33.3%	33.3%	33.3%	10mm
HFRP 母材	33%	29%	13%	14mm

注) GB 以外では 0° と 90° 合わせて上記の割合

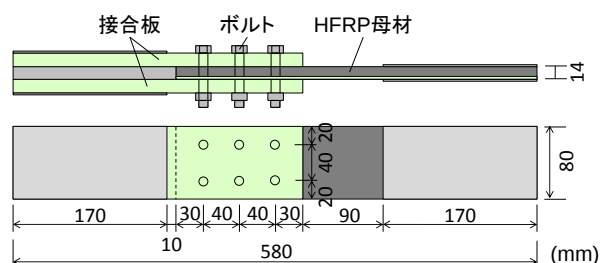


図-1 供試体寸法

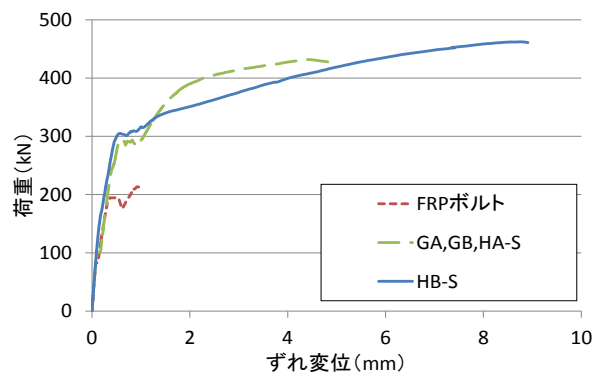


図-2 荷重-ずれ変位関係

に比べ約 1/2 の荷重で FRP 接合板と HFRP 母材間の樹脂接着が剥離し, ボルトのせん断破壊で終局に至った. 一方, 高耐食ボルト供試体は接着剥離後剛性が急激に低下し HFRP 母材の支圧破壊に至った. 接合板 HB 以外の供試体は同様の挙動を示したが HB 供試体のみ接合板とボルトが塑性変形を起こしていたため, 他の供試体に比べ終局荷重と変位が大きくなった. 以上の結果から, 高耐食ボルトと HB 接合板の組み合わせが最も良好な継手挙動を示した. 図-3 に荷重-ひずみ関係を示す.

キーワード FRP, 接合方法, ハイブリッド, 高耐食ボルト, FRP ボルト

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 TEL 048-858-3427

ひずみは図-3に示すように、接合板と母材の側面を計測したものである。これにより各断面で接着が剥離する荷重が異なることがわかった。すなわち、荷重が150kN程度で断面Ⅱでの初期剥離を生じ、剥離領域が断面Ⅰまで進行した後に荷重300kNで完全剥離を起こした。このような挙動を示す継手を実構造物に適用する場合、図-3の断面Ⅱにおいて接着接合の初期剥離後に図-2に示す荷重-ずれ変位関係において剛性の変化が見られないことから、図-3に示すように完全に接着接合が剥離する荷重を使用限界荷重と考え、安全率を1/2~1/3とするのが望ましい。

3. HFRP 桁の4点曲げ载荷試験

3. 1 実験概要

本実験では、上記の実験結果から接合板としてHBを、ボルトには高耐食ボルトを用いてHFRP桁を接合し、4点曲げ载荷試験を行った。図-4に供試体の詳細を示す。図に示すように接合部は曲げスパンの中央部に配置し、3通りに変化させた。桁長は3500mmで载荷スパン、せん断スパンともに1000mmとした。ウェブの座屈防止のため、幅80mmのFRP製のスティフナを1000mm間隔でエポキシ樹脂によって接着した。接合部のボルト本数が多い供試体から順にFS-1、FS-2、FS-3とし、接合部のないHFRP桁をFS-0としている。

3. 2 実験結果

実験結果を図-5に示す。ボルト数の多いFS-1は载荷点での応力集中によるHFRPの圧縮破壊、ボルト数を減らしたFS-2は接合部上フランジでの圧縮破壊、ボルト数が最も少ないFS-3は100kNで剛性が低下し下フランジにおけるボルトのせん断破壊を起こした。FS-2は140kNで、FS-3は100kNで剛性が低下しているが、これはボルトの塑性変形が発生したためである。また、FS-2とFS-3の接合部接着面積はほぼ同じであるにもかかわらず、エポキシ樹脂の完全剥離荷重が異なっている。このことから、接合部のボルト本数も完全剥離荷重に影響を及ぼすことがわかった。

4. 結論

本研究から得られた知見を以下に述べる。

- 1) ボルト接合と接着接合を併用する場合、HB接合板と高耐食ボルトを桁に適用することが効果的である。
- 2) 接合部を有する桁は接着剥離が生じても十分な剛性を有している。

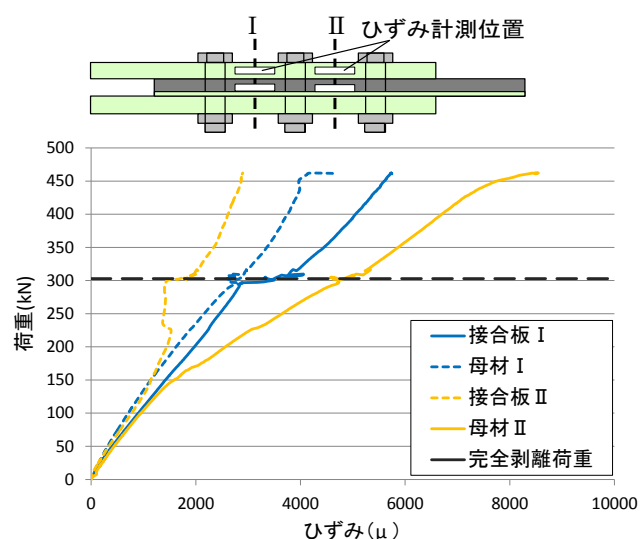


図-3 各断面による荷重-ひずみ関係の相違

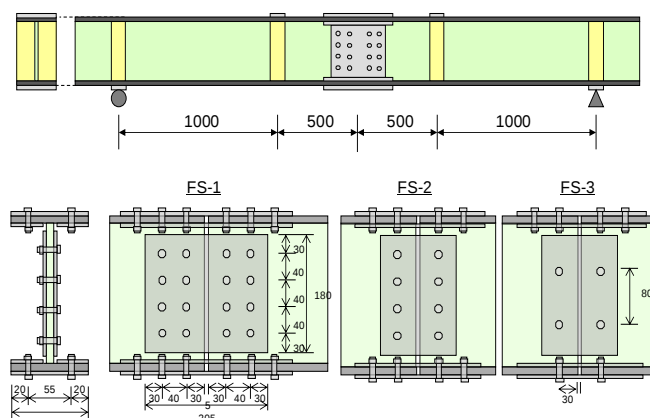


図-4 HFRP 桁4点曲げ試験の供試体寸法

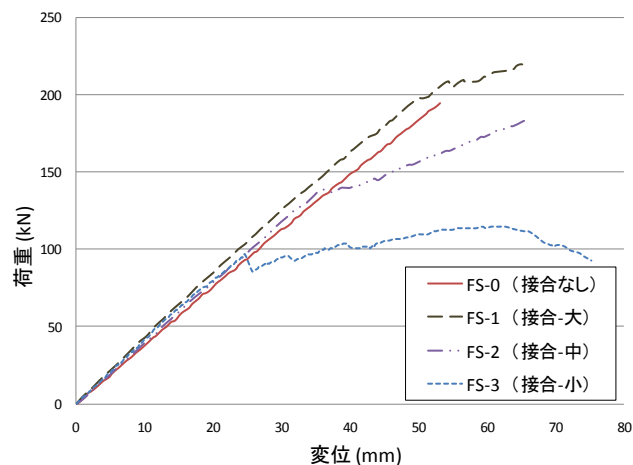


図-5 HFRP 桁4点曲げ試験の荷重-変位関係

- 3) 完全接着剥離荷重は接着面積と結合部のボルト本数に影響を受ける。

あとがき。

本研究は経済産業省の「戦略的基礎技術高度化支援事業」の一環として行われたものである
関係者各位に厚く御礼申し上げます