ハイブリッド FRP 桁のボルト接合に関する実験的検討

埼玉大学大学院　学生会員　○山本　育実
埼玉大学　フェロー　睦好　宏史
埼玉大学　正会員　浅本　晋吾
東レ(株)　正会員　松井　孝洋

１．はじめに

近年，高耐食性，軽量性という特徴を有する FRP（Fiber Reinforced Plastics）を橋梁などに適用する試みが行われている．本研究では，高い応力の作用する部位に炭素繊維を，それ以外の部位には比較的安価なガラス繊維を配置したハイブリッド FRP 部材を用いた橋梁の実用化を目指しており，そのためには必要不可欠である接合部に着目する事にした. FRP の接合方法としては接着接合やボルトやリベットなどを使用する機械接合が考えられ, ここでは一般的な構造材料である鋼材において多用されているボルト接合について検討を行った. 先ず，ボルト接合部を有する小型試験体の引張試験を行い，最適な接合方法について検討を行った．次に，ボルト接合によるハイブリッド FRP 桁の曲げ載荷実験を行い，その力学的性状を明らかにした.

２．ハイブリッド FRP 部材の継手試験

（１）実験概要

既往の研究[1]において開発されたハイブリッド FRP 桁はウェブ部に GFRP，フランジ部に GFRP と CFRP を融合させたハイブリッド FRP を配置した I 型断面である. 本実験では, この桁のフランジ部, ウェブ部と同様の積層構成を有する小型試験体にボルト接合を施して引張試験を行った. 実験パラメーターとして, ボルト本数 (2, 4, 8 本), ボルトの締め付けトルク量 (10, 15, 20, 25, 50, 80kN), エポキシ樹脂接着剤による接着接合との併用の有無とした. ボルト本数 8 本の場合の試験体図を**図-1** に示す．試験体は幅が 80mm で, 厚さがウェブの場合 9mm，フランジの場合 14mm で，ボルト間隔 40mm，縁端距離 30mm，縁側距離 20mm とした．また，ボルトの配置はすべての試験体において 2 列とした. **写真-1** にセットアップ図を示す．実験は万能試験機を用い，荷重，スチールプレートと FRP の変位等を測定した.

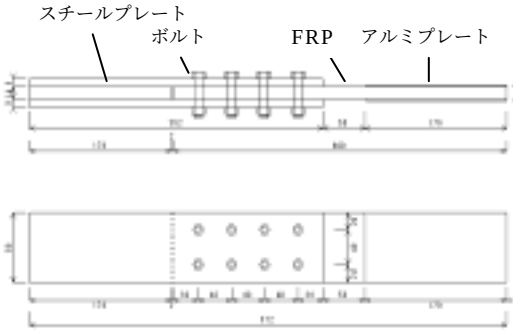

図-1　試験体図（ボルト 8 本）

写真-1　セットアップ図（ボルト 8 本）

（２）実験結果

写真-2 にフランジ試験体の破壊状況の一例を示す. すべての試験体において支圧破壊が見られ, 一部の供試体では CFRP 側のみでのせん断破壊, ハイブリッド FRP と GFRP 界面での剥離が見られた. また，ボルトは湾曲し，破断したものもあった．機械接合の破壊形式としては支圧破壊が最も適切であることから, 設計は概ね良好であったと言える．CFRP 側のみでせん断破壊が起こったのは，繊維の方向が大きく影響している．すなわち，GF は引張軸方向に対して 45° で配置されているが CF は軸方向に並行して配置されているためせん断に対する抵抗力が小さかったためである.

写真-2　フランジ試験体の破壊状況

写真-3　ウェブ試験体の破壊状況

キーワード　ハイブリッド FRP，ボルト接合，CFRP，GFRP
連絡先　〒338-8570　埼玉県さいたま市桜区下大久保 255　TEL048-858-3429

図-2 はトルク量を変化させた場合の荷重とすべり量を示したものである．すべり量はスチールプレートと FRP の変位の差を示したものである．本実験においては，トルク量によるすべり出し荷重の相違はほとんど見られなかった．また，フランジ試験体ではボルトの本数に比例して耐力が増加することが確かめられた．一方，すべて GFRP のウェブ試験体においては，ボルト本数による終局荷重の違いは見られず，約 70kN で引張破壊もしくは引き裂き破壊を起こした（**写真-3**）．また，エポキシ樹脂による接着接合を併用すると，すべり出し荷重の増加およびすべり量の抑制に効果があることが分かった（**図-3**）．このことより，エポキシ樹脂との併用が最も優れていることが確認できた．

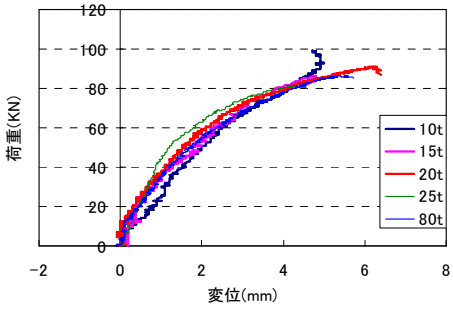

図-2　荷重―すべり関係

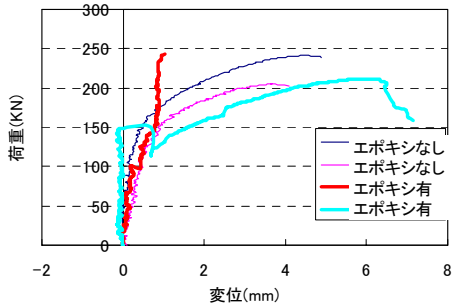

図-3　荷重―すべり量関係（ボルト 4 本の場合）

3．接合部を有するハイブリッド FRP 桁の 4 点曲げ試験

構造部材としての接合部の挙動を検討するために，接合部を有する I 型ハイブリッド FRP 桁による 4 点曲げ載荷試験を行った．**図-4** にセットアップ図を示し，**図-5** に接合部の諸元を示す．昨年度行った継ぎ手のない曲げ載荷試験との比較，エポキシ樹脂による接着接合の有無の比較検討を行った．**図-6** は実験から得られた荷重―変位曲線を示したものである．この図から，ボルト接合のみの場合，わずか 10kN ですべりが生じているが，エポキシ樹脂と併用した場合，継ぎ手のない試験体と同等の曲げ性状が得られることが明らかとなった．

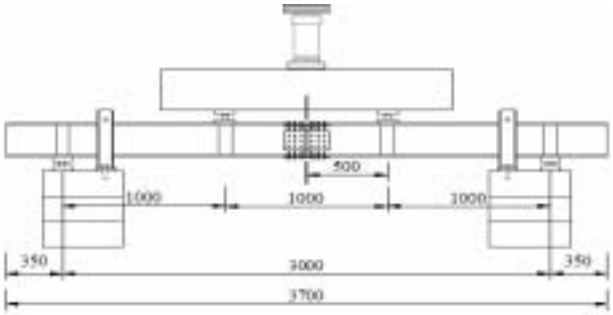

図-4　曲げ試験のセットアップ図

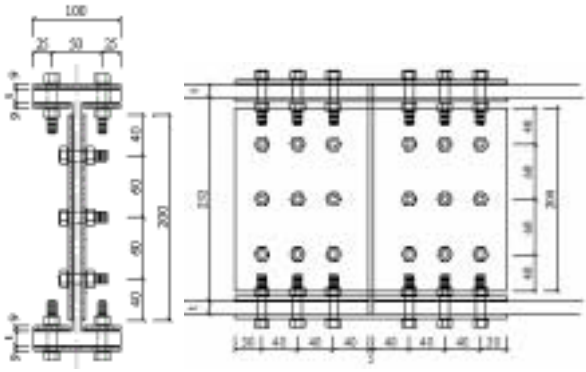

図-5　接合部の諸元

4．まとめ

ハイブリッド FRP 部材をボルトにより接合し，引張試験および桁の曲げ試験を行った．本研究から以下のことが明らかとなった．

- 小型試験体の引張試験，桁の曲げ試験ともに，エポキシ樹脂による接着接合を併用することですべり出し荷重の増加およびすべり量の抑制に効果があることが明らかとなった．
- ウェブから切り出した試験体においては，ボルトの本数に関わらず 70kN 程度で引張破壊もしくは引き裂き破壊を起こすことが確認された．
- 実構造物では桁の接合部には曲げおよびせん断力が作用する事が考えられるので，今後検討が必要である．

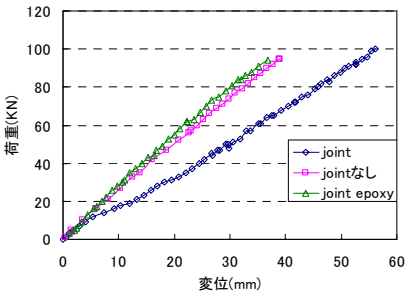

図-6　荷重―変位曲線

本研究は建設技術研究開発助成によって行われたものである．本研究プロジェクトの共同研究者各位から貴重なご助言を頂いた．ここに記して謝意を表する次第である．

参考文献

1）山本他，ハイブリッド FRP を用いた構造部材の開発，第 62 回土木学会年次学術講演会，2007.9