

GFRP 角型管のソケット接合に関する実験的検討

鉄建建設 正会員 ○安保 知紀
 東日本旅客鉄道 正会員 露木 寿
 東日本旅客鉄道 正会員 内藤 孝和

1. はじめに

FRP 材料は軽量で耐腐食性に優れていることから、近年では橋梁等の主部材に使用される機会が増えている。さらに、高い電気絶縁性を有していることから鉄道構造物等への利用も期待されている。そのような利点から、筆者らは、狭隘な箇所に人力で設置ができ、構造部材として適度な曲げ剛性を有する部材として GFRP 角型管に着目し、トンネル修繕工法の開発¹⁾をすすめている。さらに、施工性に優れ、部材外形を大きくしないような接合方法を開発するため、図-1 に示すような母材の内空に接合部材を挿入するソケット構造について研究をおこなっている。

ここで FRP の構造設計については、「FRP 歩道橋設計・施工指針(案)²⁾」や「土木構造用 FRP 部材の基礎データ³⁾」等が発刊され、FRP を主部材とする設計指針や資料が整備されつつある。しかし、FRP 部材の接合についてはボルト等による機械接合が主であり、ソケット接合に関する研究が非常に少なく、構造部材として使用する場合には破壊性状や強度特性を把握しておく必要がある。そこで、ソケット接合の曲げ破壊形態を確認することを目的に載荷試験を実施し、試験から得られた知見をまとめた。

2. 曲げ載荷試験

本研究では、図-2 に示すように支点間距離を 700mm とし、せん断スパンが 300mm、載荷点間距離が 100mm となる単純曲げ載荷試験をおこなった。載荷試験に用いた供試体は、1 辺の長さが 60mm、部材厚が 5mm となる中空角型断面形状とし、ソケット接合の接合部材は、母材の内空との離隔が 1mm となるように 1 辺の長さを 49mm、部材厚は母材と同じ 5mm の中空角型断面形状とした。載荷試験は、表-1 に示すように母材内空に埋め込む接合部材の長さをパラメータとし、接合部材の片側あたりの埋込み長さを FRP 角型管の外径 D (60mm) を基準とした比率で設定した。

試験体に用いた FRP の材料構成は、補強繊維にガラス繊維を使用し、マトリックス樹脂にポリエステル樹脂を使用した。ガラス繊維の積層構成は 4 層のチョップドストランドマット(目付量 450g/m²)と 2 層のロービングクロス(目付量 600g/m²)を互層配置し、ガラス繊維の体積含有率が約 35%となる構成とした。

載荷方法は変位制御とし、載荷速度を 0.5mm/min から段階的に増加させ、最終的には 2.0mm/min の速度で載荷をおこなった。また、載荷試験中は載荷荷重と載荷点下の試験体変位を計測し、あわせて数箇所の表面ひずみも計測した。

3. 試験結果

接合箇所を設けていない試験体(試験ケース 0)の載荷終了時の破壊状況を写真-1 に示す。最大荷重時には、載荷点直下の圧縮フランジが白く損傷すると同時に試験体軸方向の圧縮ひずみが大きく開放され、圧縮フラン

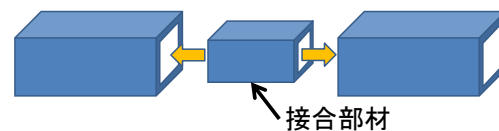


図-1 接合方法概要

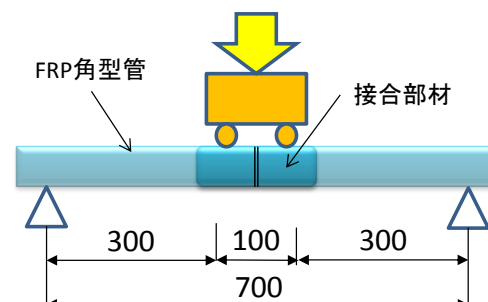


図-2 載荷試験概要

表-1 試験ケース

ケース	片側埋込み長さ
0	-
1	1D (60mm)
2	1.5D (90mm)
3	2D (120mm)

キーワード GFRP, 接合, 曲げ

連絡先 〒286-8366 千葉県成田市新泉 9-1 鉄建建設(株) TEL 0476-36-2334

ジが圧縮破壊に至った。その後の継続载荷により、写真で確認できるように損傷箇所がウェブに進展していく様子が確認できた。载荷試験終了後に試験体の上面の損傷状況を確認すると、载荷点位置の圧縮フランジとウェブの角部から破壊している状況が確認できた。

次に、接合部材の片側の埋込み長さを $2D$ ($=120\text{mm}$) とした試験体（試験ケース 3）の破壊状況を写真-2 に示す。接合箇所を設けた全ての試験体では、接合部先端の圧縮フランジとウェブの角部が引き裂かれるように破壊しており、母材（試験ケース 0）の試験結果と異なる破壊形態となった。母材に対する最大荷重比と接合部材の埋込み長さの関係を図-3 に示す。いずれの試験結果も母材の最大荷重よりも小さい荷重で破壊しており、埋込み長さを $2D$ とした試験体（試験ケース 3）でも母材の約半分の曲げ耐力しかないことが分かった。また、本研究における試験範囲では、接合部材の埋込み長さと最大荷重（曲げ耐力）は概ね比例関係にあることが確認できた。

最後に、荷重とたわみ量の関係を図-4 に示す。接合箇所を設けた試験体では载荷初期からたわみ量が大きく、接合部材の埋込み長さが小さくなるほどたわみ量が大きくなる傾向となった。ここで、接合部材の埋込み長さと曲げ剛性の関係を確認するため、载荷荷重が 1kN と 5kN （ケース 1 は 3kN ）に達した時点の各々のたわみ量から部材の曲げ剛性を算出した。母材に対する曲げ剛性の比率と埋込み長さの関係を図-5 に示す。接合部材の埋込み長さが長くなると曲げ剛性も大きくなり、概ね比例関係にあることが分かった。

4. まとめ

本研究では、GFRP 角型管の接合方法として接合部材を母材内空に埋め込むソケット構造に対して曲げ载荷試験を実施し、接合部先端の圧縮フランジとウェブの角から引き裂かれるような破壊形態になることが分かった。さらに、本研究における試験範囲では接合部の曲げ耐力と曲げ剛性は母材と比較して小さく、接合部材の埋込み長さに比例して大きくなることが分かった。

構造部材としての使用にあたっては、接合箇所が母材の強度特性と比較して小さくなるため、これを踏まえた計画および設計が必要となる。また、接合部材の埋込み長さを長くすることや接合部先端の周方向に補強繊維を配置することで接合部の曲げ耐力および曲げ剛性が向上すると考えられる。

参考文献

- 1) 安保知紀, 露木寿, 内藤孝和: FRP を用いた新しいレンガトンネル修繕工の開発, 土木学会, 第 68 回年次学術講演会概要集, VI-481, 2013.
- 2) 土木学会, FRP 歩道橋設計・施工指針(案), 複合構造シリーズ 04, 2011.
- 3) 土木学会, 土木構造用 FRP 部材の設計基礎データ, 複合構造レポート 11, 2014.

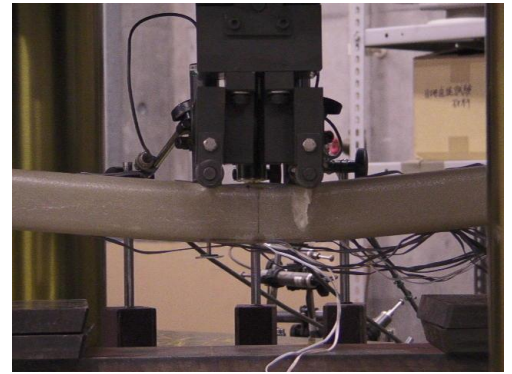


写真-1 破壊状況（ケース 0）

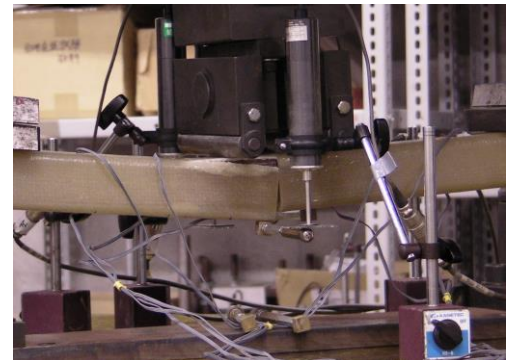


写真-2 破壊状況（ケース 3）

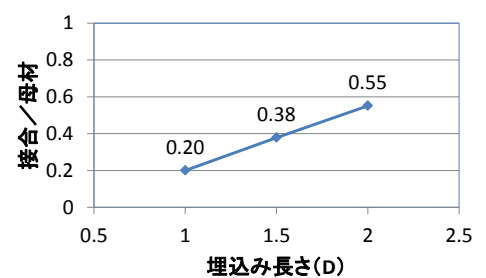


図-3 最大荷重の比較

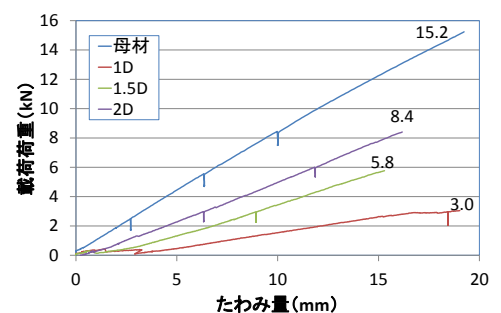


図-4 荷重-たわみ量

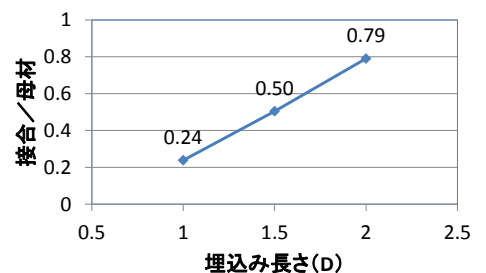


図-5 曲げ剛性の比較