

GFRP 積層板を用いた切削可能 H 形部材と H 形鋼の接続部の曲げ・せん断耐力確認実験

鹿島建設㈱ 正会員 ○新井 崇裕, 吉川 正, 嶋田 義人
 芦森工業㈱ 正会員 柴田 健一, 糸久 智, 倉田 正博

1. はじめに

近年、シールド機が通過する立坑の壁体部に切削可能な新素材を配置して、発進・到達する工法を採用する事例が増えている。新素材としては、炭素繊維に樹脂を含浸させた CFRP（炭素繊維強化プラスチック）補強材や、硬質ウレタン樹脂を長繊維で強化した部材等が用いられているが、コスト高や切削時の大割れによる土砂排出配管の閉塞等が課題となっていた。筆者らは、これらの課題を解決するために、切削性が良好でコスト面でもメリットのある GFRP（ガラス繊維強化プラスチック）積層板を用いることを考案した。GFRP 積層板は、簡易に任意の形状に成型可能であり、様々な部材、断面形状に応用が可能な材料である。本報告は、GFRP 積層板を用いた H 形部材と H 形鋼の接続部の曲げ・せん断耐力を確認するために実施した静的載荷実験について述べる。

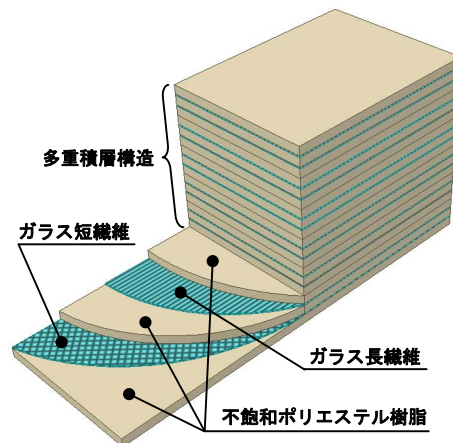


図-1 GFRP 積層板の概要

2. GFRP 積層板の概要

GFRP 積層板は、図-1 に示すように、不飽和ポリエステル樹脂、ガラス短繊維、ガラス長繊維を交互に配置した多重積層構造となっている。GFRP 積層板の特長としては、設計荷重に応じて部材厚さや長繊維の向きを任意に変えることができるため経済的な部材設計が可能としていること、良好な切削性を有することが挙げられる^{1) 2)} 3)。実験に使用した GFRP 積層板の機械的性質を表-1 に示す。

表-1 機械的性質

項目	単位	物性値	短期許容値
引張強さ	N/mm ²	236	118
圧縮強さ	N/mm ²	217	109
せん断強さ	N/mm ²	51	26
引張弾性率	kN/mm ²	18	—
圧縮弾性率	kN/mm ²	17	—

3. GFRP 積層板を用いた H 形部材と H 形鋼の接続部の概要

本検討では、H-400×200×8×13、SS400 の H 形鋼を対象とし、GFRP 積層板を用いた H 形部材（以下、H 形 GFRP と略す）との連結について検討を行った。H 形 GFRP と H 形鋼の接続部の概要を図-2 に示す。H 形 GFRP は、**】**の字形の成型材を二つ組合せて H 形鋼と同等以上の短期許容曲げ・せん断耐力を確保できるような断面形状（H-400×200×54×27）とした。H 形 GFRP と H 形鋼の接続部は、支圧接合で設計を行った。フランジ部には、外側に 16mm 厚の連結板（SS400）を設置し、H 形 GFRP 部、H 形鋼部ともそれぞれ 6 本の支圧接合用高力ボルト（M22，F10T）を配置した。更に、H 形 GFRP 部には、内側にボルトの支圧力を分散させるための鉄板を設置した。ウェブ部には、両側に 9mm 厚の連結板（SS400）を設置し、H 形 GFRP 部、H 形鋼部ともそれぞれ 9 本の支圧接合用高力ボルト（M22，F10T）を配置した。更に、H 形鋼部には、ウェブ厚の違いを吸収するための 23mm 厚のフィラーを両側に配置した。また、H 形 GFRP 部の連結板、鉄板の背面には、GFRP 部材の不陸を吸収するための接着剤を塗布した。

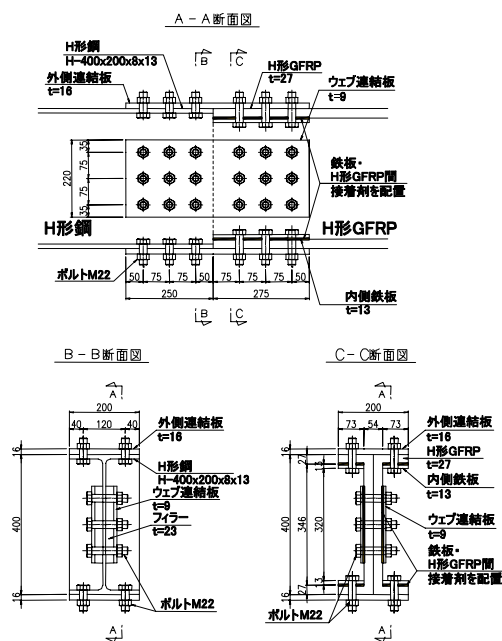


図-2 接続部の概要

キーワード シールドトンネル、発進到達、GFRP、切削可能、曲げ・せん断耐力

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設㈱技術研究所 TEL 042-485-1111

4. 曲げ・せん断耐力確認実験の概要

曲げ・せん断耐力確認実験に用いた試験体の形状寸法、載荷位置を図-3に示す。曲げ耐力確認実験，せん断耐力確認実験とも，試験体の寸法は，H形GFRP 2m，H形鋼 2m，これらを連結して全長 4m の形状とし，試験体数はそれぞれ 1 体とした。載荷方式は，一方向の静的漸増載荷であり，実験時には，載荷荷重，変位および連結板のひずみ他を計測した。

5. 実験結果

曲げ耐力確認実験における荷重－支間中央変位の関係を図-4に示す。図中には，接続部がない H 形 GFRP 単体，H 形鋼単体の場合の計算値を併記した。曲げ挙動は，215kN までは線形性を示したが，その後，緩やかな剛性低下を示しながら荷重増加し，最大荷重 687kN の時に H 形 GFRP の圧縮フランジが圧縮破壊して耐力が失われた。

最大荷重は，短期許容曲げ耐力である 417kN に対して，1.65 倍の値であり，接続部の曲げに対する十分な安全性が確認された。また，計算値との比較から接続部を有する部材の剛性は，H 形 GFRP 単体と H 形鋼単体の中間程度の剛性であることがわかった。更に，短期許容曲げ耐力時のフランジ部における H 形鋼，連結板および H 形 GFRP に生じているひずみは，それぞれほぼ短期許容ひずみ以内であった。これより，接続部の曲げに対する設計は適切に行われていたものと判断される。

せん断耐力確認実験における荷重－接続部中央変位の関係を図-5に示す。せん断挙動は，短期許容せん断耐力である 598kN まではほぼ線形性を示したが，626kN 以降は H 形鋼に横倒れ座屈が生じて剛性低下を起し，最大荷重 663kN を示したあとは緩やかに荷重低下を起した。最大荷重は，短期許容せん断耐力の 1.11 倍の値であった。最大荷重時においても H 形鋼，連結板および H 形 GFRP に生じていたせん断応力度は，せん断降伏程度であり，せん断破壊の兆候は見られなかったことから，横倒れ座屈を起こさなければ，最大荷重はもう少し高い値であったものと推察される。

6. まとめ

GFRP 積層板を用いた切削可能 H 形部材と H 形鋼の接続部の曲げ・せん断耐力確認実験より，支圧接合で設計した接続部は，曲げ耐力，せん断耐力とも短期許容値を上回る耐力を有していることが確認された。

参考文献

- 1) 吉田ほか：GFRP 積層板を用いた切削可能壁体の開発，土木学会第 59 回年次学術講演会，6-251，2004.9
- 2) 糸久ほか：任意方向の強度特性を有する GFRP 積層板の開発，土木学会第 60 回年次学術講演会，6-082，2005.9
- 3) 糸久ほか：GFRP 製 H 形パイルのシールド直接切削発進への適用，土木学会第 61 回年次学術講演会，2006.9（投稿中）

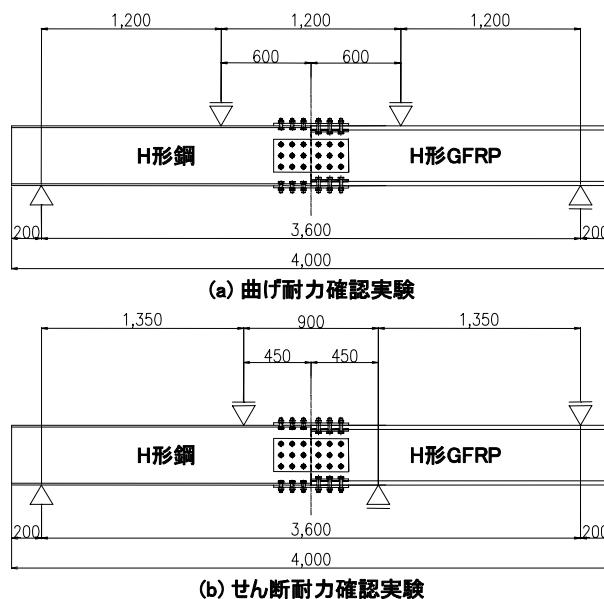


図-3 試験体の形状寸法・載荷位置

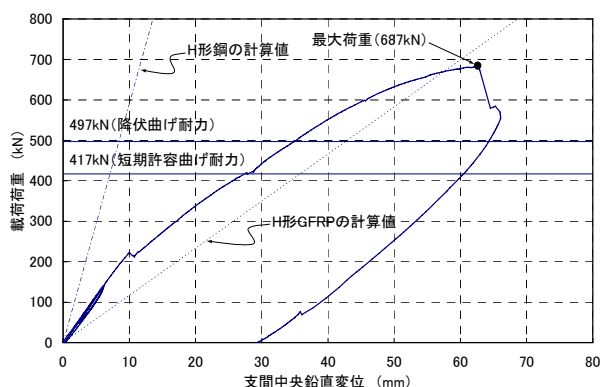


図-4 荷重－支間中央変位関係

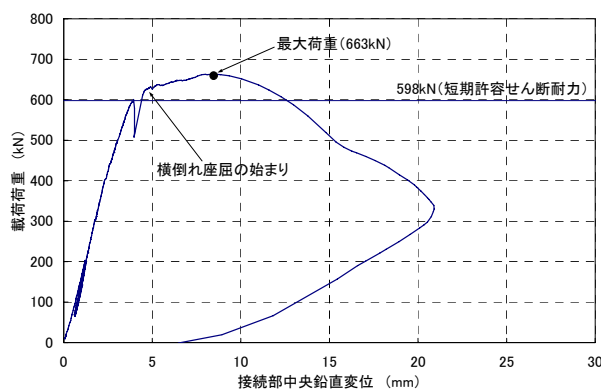


図-5 荷重－接続部中央変位の関係