

GFRP 引抜き成形材の接合部耐力に関する実験的研究

九州大学大学院 学生会員 ○ 小林憲治 正会員 日野伸一
正会員 貝沼重信, 山口浩平 非会員 柴田博之

1. はじめに

FRP(繊維強化プラスチック)は,その軽量性や耐食性等から,自重の軽減,施工性の向上やメンテナンスコストの低減等の利点があり,新たな土木構造材料として期待されている.これまで著者らは,異方性である GFRP 引抜き成形材の材料特性の把握と部材レベルでの耐荷特性について研究してきた.しかし,GFRP 引抜き成形材を土木構造部材として適用するに当たっては,GFRP 部材同士または他部材との接合が不可欠である.一般に,FRP の接合は接着接合と機械接合に大別されるが,接着剤を用いて接合する接着接合は連続的な応力伝達が可能で応力集中を軽減できる利点がある.一方,ボルトやリベットを用いて接合する機械接合は施工上の簡便さや維持管理の容易さといった利点を有している.しかしながら,土木分野において,FRP を構造材料として他部材と接合した場合の研究事例は少なく,設計指針の基となるデータ蓄積の重要度は高い¹⁾.本研究では,GFRP 接合部の破壊特性の把握を目的とし,接合方法および GFRP 板の層構成の違いをパラメータとする GFRP 板と鋼板の接合部の引張試験を行った.

2. 試験概要

供試体の概略図を図-1(a)(b)(c)に示す.供試体に用いた引抜き成形された GFRP 板は,3 層構成(ローピング,クロス,マット)の TypeA,2 層構成(ローピング,マット)の TypeB,C とし,長さ 320~328mm,幅 90mm,板厚 12mm である.接合する添接板(SS400)は,長さ 224~250mm,幅 90mm,板厚 12mm としダブルラップ形式で接合した.TypeC は,GFRP 板と添接板の間に GFRP 補剛板を設置して支圧強度の向上を検証した.表-1 に供試体の一覧を示す.Ad タイプは接着剤のみで接合し,Bo,Co タイプは GFRP 板に $e/d=3.8\sim 4^2$, $w/d=4.7\sim 5^2$ (e :縁孔距離, w :部材幅, d :孔径)とした孔を開け,Bo タイプは高力ボルトのみで,Co タイプは高力ボルトと接着剤を併用して接合した.GFRP 板,接着剤の材料特性を表-2 に示す.高力ボルトに導入した軸力は,道路橋示方書³⁾に基づき設計ボルト軸力を算出して導入トルクを求め,トルクレンチを用いて導入した.TypeC では,導入軸力による影響を検証するため,4 つの供試体ごとに軸力を変化させた.試験は,供試体を固定治具を介して試験装置に固定し,漸増引張载荷試験を行った.

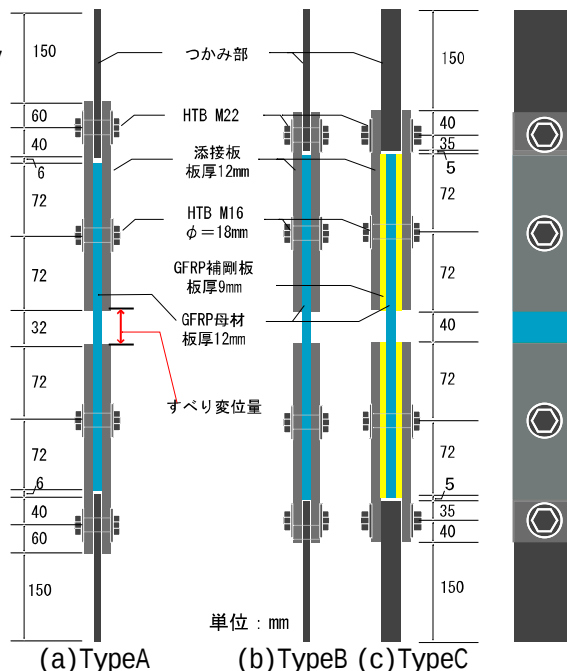


図-1 供試体概略図

表-1 供試体一覧

供試体名	接合形式	トルク (N・m)	GFRP 補剛板
A-Ad	接着	0	無し
A-Bo	ボルト摩擦	250	無し
A-Co	接着+ボルト摩擦	250	無し
B-Ad	接着	0	無し
B-Bo	ボルト支圧	0	無し
B-Co	接着+ボルト支圧	0	無し
C-Bo	ボルト支圧	0	有り
C-Co-0	接着+ボルト支圧	0	有り
C-Co-70	接着+ボルト支圧	70	有り
C-Co-140	接着+ボルト支圧	140	有り
C-Co-280	接着+ボルト支圧	280	有り

表-2 材料特性値

GFRP板	TypeA	TypeB, C
引張強度	335	402
引張弾性率	23.5	26.9
圧縮強度	283	412
せん断強度	56.9	88.2
接着剤	TypeA	TypeB, C
引張せん断強度	17.5	17.3

単位: MPa

3. 試験結果および考察

(1) TypeA 図-2 に TypeA の荷重-すべり変位関係を示す。Ad タイプは、線形的にすべり変位が増大し荷重 26.5kN 時点で接着が切れ一挙に接着面にずれが生じた。Bo タイプは、荷重が 47.9kN に達したとき摩擦が切れ、ボルト孔の遊間分でボルトがすべり、孔壁に接した後支圧状態となって再び荷重が増加した。

Co タイプは、69.1kN 時点で荷重が低下すると同時にすべり変位が増大した。Bo、Co タイプとも最初に荷重が低下した点を初期破壊荷重とした。図-3 に全供試体の最大荷重を示す。最大荷重は Ad タイプに比べ、Bo タイプで 1.7 倍、Co タイプで 2.6 倍となった。また、Bo タイプの初期破壊荷重から算出したすべり係数⁽¹⁾は、0.26 であることから GFRP 材と鋼材の摩擦接合では、鋼板同士の接合に比べ過小な接合耐力であることがわかる。

(2) TypeB 一方向性材のロービング層が大部分を占めている TypeB,C の GFRP 材は、B-Bo タイプでは、ボルトの支圧によって引張方向に引抜かれるようにして荷重 27.7kN でせん断破壊した(写真-2)。接着接合と併用することによって、接着剤の付着切れまではボルト孔壁は支圧されることなく、Co タイプは Bo タイプの 2.7 倍の最大荷重となった。

(3) TypeC 一方向性材の GFRP 板に、繊維方向が引張方向と直角になるように GFRP 補剛板を取り付けた TypeC の Bo タイプは、TypeB の Bo タイプと比較して、3.1 倍の耐力増加が確認できた。図-4 に示すように、ボルトの導入軸力による比較では、最大荷重は導入軸力に応じて増加するものの、終局前に補剛板のき裂発生および接着剤の付着切れが生じる初期破壊の荷重は、導入軸力に影響を受けないことが確認できた。

4. まとめ

本研究の結論を以下に示す。

- (1) 高力ボルトのみによる摩擦・支圧接合に比して、接着剤を併用した接合形式では耐力の増加が期待できる。
- (2) 本試験での GFRP 板と添接板のすべり係数は 0.26 であり、鋼材のすべり係数 0.4³⁾に比べ過小である。
- (3) GFRP 板の積層構成は耐力への影響が大きい、繊維方向が引張方向直角方向の補剛板によって耐力の増加が期待できる。
- (4) ボルトの導入軸力に応じて最大荷重は増加するものの、初期破壊荷重は導入軸力に影響を受けない。

今後は、試験体数の増加による、データの蓄積および GFRP 板のリラクゼーションによるボルトの軸力低下が、摩擦接合の耐力低下に及ぼす影響について検討する予定である。

謝辞：本研究の供試体作成にあたり、(株)旭ガラスマテックスより材料を提供頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献：1) (社)土木学会：FRP 橋梁-技術とその展望-、構造工学シリーズ 14、2004

2) (社)強化プラスチック協会：FRP 構造設計便覧、1998

3) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 共通編 鋼橋編、2002

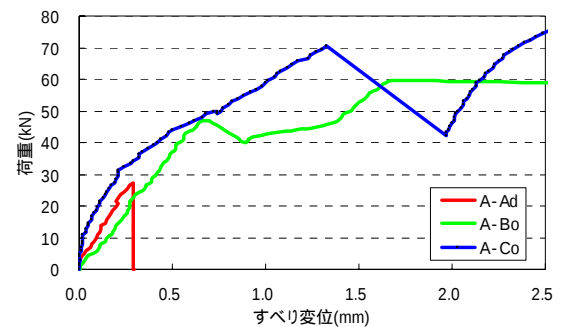


図-2 荷重-すべり変位関係 (TypeA)

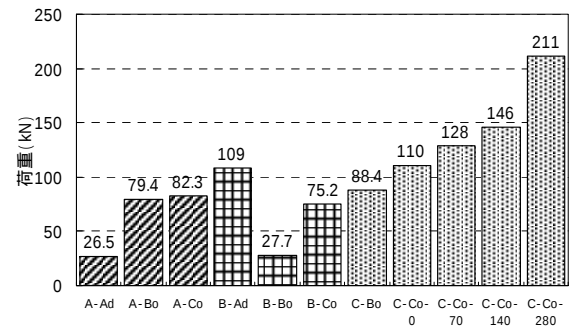


図-3 最大荷重



写真-2 破壊状況 (B-Bo)

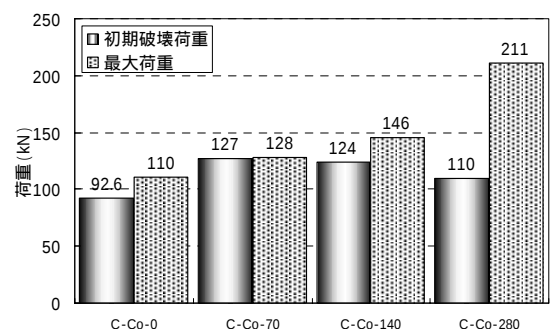


図-4 初期破壊荷重と最大荷重 (TypeC)