

GFRP 引抜き成形材接合部の耐荷特性および経時変化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検討してきた。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。一般的に、FRP の接合は接着接合と機械接合に大別されるが、どちらの接合方法も長期的な耐荷性能については、GFRP のリラクゼーションや、樹脂接着剤の劣化により接合耐力の低下が懸念される。そこで本研究では、GFRP 接合部の耐荷特性および経時変化の把握を目的として、接合方法をパラメータとする GFRP 板と鋼板の接合供試体を屋外暴露した。本稿では、暴露開始から 6 ヶ月経過時点での接合部の耐荷特性および経時変化について報告する。

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体の概略図を図-1 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(ロービング、クロス、マット)であり、接合する添接板(SS400)とダブルラップ形式で接合した。供試体の種類を表-1 に示す。Ad タイプは一般的な 2 液常温硬化型エポキシ樹脂系接着剤で接着接合した。Bo、Co タイプは GFRP 板に $e/d=3.8^{1)}$ 、 $w/d=4.7^{1)}$ (e : 縁孔距離、 w : 部材幅、 d : 孔径)となるボルト孔を開け、Bo タイプは高力ボルトのみで摩擦接合し、Co タイプは樹脂接着剤と高力ボルトを併用して接合した。GFRP 板および樹脂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・同解説 (I, II) 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。

2.2 実験方法

作製した供試体は、全タイプについて屋外暴露前と屋外暴露期間を 6 ヶ月、12 ヶ月、24 ヶ月と設定して区分した。屋外暴露前の供試体は、7 日間の養生期間経過後に漸増引張載荷試験を行い、すべり変位量と GFRP ひずみを計測した。屋外暴露の供試体は JIS K7219 プラスチックの屋外暴露試験方法通則に準拠し、沖縄県にて屋外暴露した。また Bo タイプについては、屋外暴露による接合耐力低減の影響度を調べるため、恒温室にも供試体を保管した。設定期間経過後に全タイプについて漸増引張載荷試験を行い、耐荷挙動および終局耐力の変化について検証した。また Bo タイプ供試体の接合時に導入したボルト軸力および GFRP 板自体の経時変化特性検証のため、屋外暴露と恒温室で導入ボルト軸力および GFRP 板の板厚と質量を計測した。

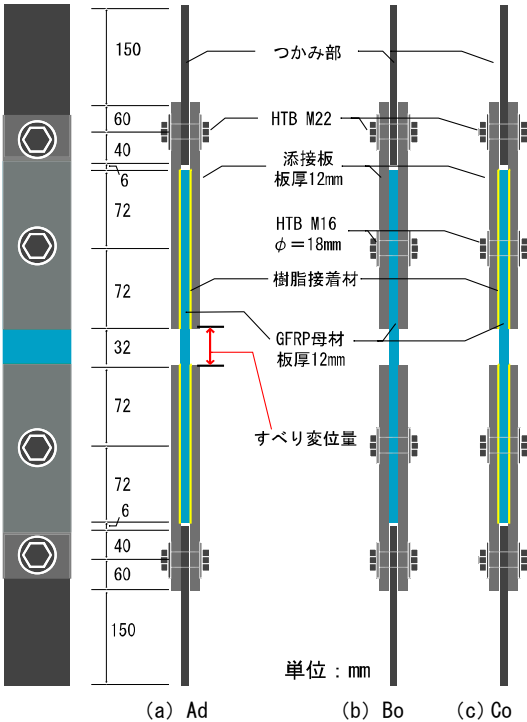


図-1 供試体概略図

表-1 供試体種類

供試体	接合形式	トルク(N・m)
Ad	接着	0
Bo	ボルト摩擦	250
Co	接着+ボルト摩擦併用	250

表-2 材料特性値 単位: MPa

GFRP板	引張強度	335
	引張弾性率	23.5×10^3
	圧縮強度	283
	せん断強度	56.9
接着剤	引張せん断強度	17.5 (鋼材)
		3.9 (FRP)

キーワード GFRP 引抜き成形材, 接着接合, 機械接合, 屋外暴露

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 九州大学大学院 TEL 092-802-3392

3. 実験結果

3.1 破壊形式と初期破壊荷重および最大荷重

表-3 および図-2 に各タイプの実験結果を示す。表中の初期破壊荷重は GFRP 板と添接板がすべり始めた時点の荷重であり、最大荷重は供試体が破壊に至って、荷重が増加しなくなった時点の荷重である。

図-3 に各タイプの荷重-すべり変位量関係を示す。Ad タイプは、大きな破壊音とともに樹脂接着剤の付着が切れて破壊に至った。また初期破壊荷重と最大荷重は同じであり脆性的に破壊した。一般に、引張せん断強度は接着面の表面状態や施工・養生状況に大きく影響を受け、今回の実験結果でもばらつきが大きい。また実験結果から算出した樹脂接着剤の引張せん断強度は、カタログ値 (GFRP 同士) の 26%~81% 程度であった。Bo, Co タイプは、初期破壊荷重において GFRP 板と添接板がすべり始め、その後載荷を続けて荷重の増加がなくなった時点を終局とした。Bo, Co タイプは Ad タイプに比べ耐力のばらつきが小さく、初期破壊後、最大荷重に至るまで耐力増加が認められた。

GFRP 板に貼付したひずみゲージによる各タイプの測定値と理論値の荷重-GFRP 板ひずみ関係を図-4 に示す。GFRP 板のひずみは全供試体において同様の傾向を示し、図より GFRP 板のひずみは理論値とよく一致していることがわかる。

3.2 導入ボルト軸力および GFRP 板の経時変化

供試体に導入したボルト軸力は、図-5 に示すように木嶋ら²⁾の行った試験結果と同様に導入後急激に低下し、その後緩やかに低下していく傾向が確認できた。また屋外暴露試験体と恒温室試験体でのボルト軸力低減率の差異は、6 ヶ月経過時点では認められない。また、GFRP 板の板厚および質量は、6 ヶ月経過時点では変化が認められなかった。

4. まとめ

本研究から得られた知見を以下に示す。

- (1) 接着接合は脆性的に破壊し、6 ヶ月間の暴露で耐力が増加すること、またその耐力は大きくばらつくことが確認できた。
- (2) 高力ボルト摩擦接合や接着剤高力ボルト併用接合は、初期破壊から最大荷重まで耐力の増加が認められ、その耐力は比較的安定した結果であった。
- (3) 試験データはばらつきが大きく、今後更なるデータの集積と、暴露試験の長期継続により総合的に劣化特性について検討する必要がある。

謝辞 本研究の実施にあたり(株)旭ガラスマテックスより、試料を提供いただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献 1) (社)強化プラスチック協会:FRP 構造設計便覧, 1998.

2) 木嶋健:FRP ボルト接合における軸力の経時変化に関する実験的検討, 土木学会年次学術講演会, pp.449-450, 2006.

表-3 実験結果

暴露期間	供試体	初期破壊荷重 (kN)	最大荷重 (kN)	初期破壊荷重平均 (kN)	最大荷重平均 (kN)
0ヶ月	接着 Ad-1	25.5	25.5	26.5	26.5
	Ad-2	27.4	27.4		
	高力ボルト摩擦 Bo-1	47.0	79.4	44.1	76.4
	Bo-2	41.2	73.5		
	接着+高力ボルト併用 Co-1	67.6	73.5	69.1	77.9
	Co-2	70.6	82.3		
6ヶ月	接着 Ad-1	80.9	80.9	60.6	60.6
	Ad-2	40.8	40.8		
	Ad-3	60.2	60.2	59.8	73.0
	高力ボルト摩擦 Bo-1	60.8	72.1		
	Bo-2	-	-	59.8	73.0
	Bo-3	58.8	73.8		
	高力ボルト摩擦 (恒温室) Bo-1恒温室	62.7	66.6	71.2	78.2
	Bo-2恒温室	72.5	87.9		
	Bo-3恒温室	78.4	80.0	69.6	103
	接着+高力ボルト併用 Co-1	70.6	113		
	Co-2	78.4	103		
	Co-3	59.8	93.5		

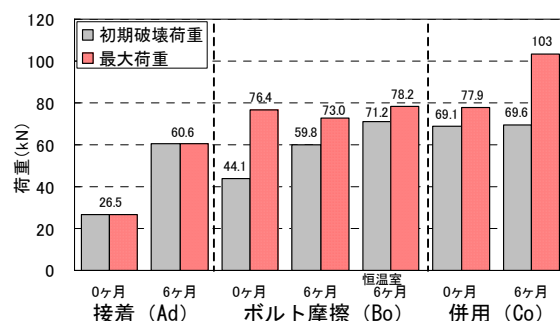


図-2 荷重比較 (平均)

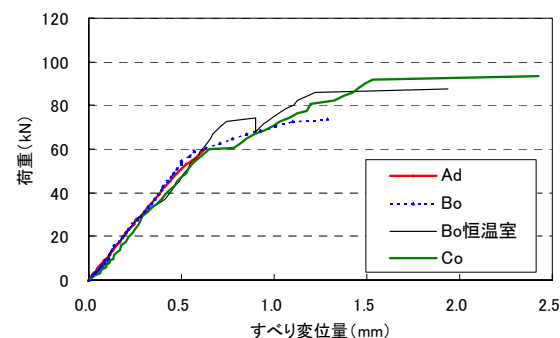


図-3 荷重-すべり変位量関係

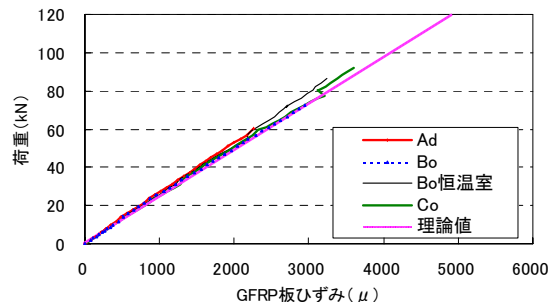


図-4 荷重-GFRP 板ひずみ関係

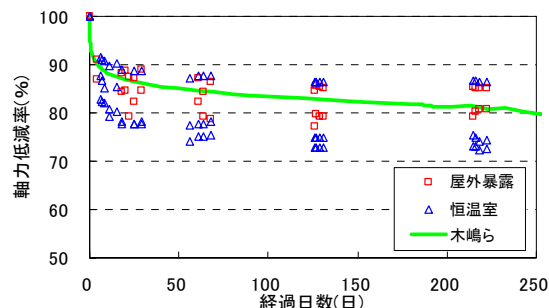


図-5 導入ボルト軸力の低減率