

接着剤およびボルト接合を用いた GFRP・鋼接合部の強度特性に関する実験的研究

九州大学大学院
九州大学大学院
九州大学大学院
AGCマテックス(株)

学生会員
フェロー
正会員
非会員

○小林 憲治, 大本 透
日野 伸一
貝沼 重信, 山口 浩平
青木 卓也

1. はじめに

GFRP (ガラス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、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、I 形断面はり部材の耐荷特性について明らかにしてきた。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。しかしながら、土木分野において、GFRP 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^{1), 2)}、設計指針の基となるデータ蓄積の重要度は高い。そこで本研究では、接合方法および GFRP 板の表面処理の有無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い、その強度特性について検証した。

2. 試験概要

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、7 層構成 (CSM/バイアス/クロス/ロービング/クロス/バイアス/CSM) とし、長さ 330mm、幅 50mm、板厚 14mm である。接合する添接鋼板は SS400 で長さ 210mm、幅 50mm、板厚 9mm とし、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、2 液混合常温硬化型エポキシ樹脂接着剤のみで接着接合した。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値を表-2 に示す。Bo タイプ、Co タイプには、トルクレンチを用いて設計ボルト軸力 55.8kN を導入した。

また、全タイプについて、GFRP 板の表面処理は未処理およびブラスト処理の 2 種類とし、その影響についても検討した。未処理は GFRP 板のアセトン脱脂のみとし、ブラスト処理はアルミナサンド (#60) を用いて、算術平均粗さ (Ra) 5μm、十点平均粗さ (Rz) 30μm になる様にブラスト処理を行った。GFRP 板の表面粗さについては、幾つかのブラストパターンを検討後、GFRP 母材の損傷程度等から上記の表面粗さを採用した。全ての添接鋼板は、スチールグリッド (粒径 0.7mm) を用いてブラスト処理を行い、Ra=10μm、Rz=45μm の表面粗さとした。

全ての供試体を室温 20℃、湿度 60%の恒温恒湿室にて、7 日間養生した。試験は、GFRP 板のつかみ部を試験機のチャックで挟み、上下の GFRP 板の相対変位と GFRP 板・添接鋼板の側面に貼付したひずみゲージの値を計測し、漸増引張試験を行った。

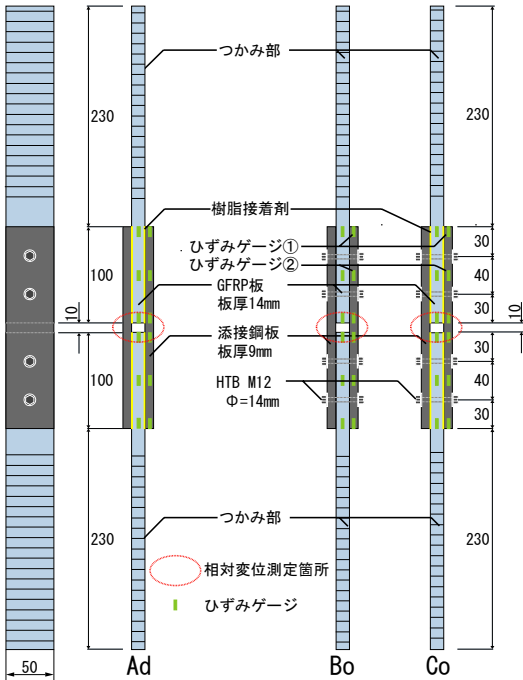


図-1 供試体概略図

表-1 供試体

タイプ	接合方法	導入軸力	表面	供試体数
Ad	接着	0	未処理	5
			ブラスト	5
Bo	摩擦 (ボルト)	55.8 kN	未処理	5
			ブラスト	5
Co	接着+摩擦 (ボルト) 併用	55.8 kN	未処理	5
			ブラスト	5

表-2 材料特性値

GFRP板	引張強度	250
	引張弾性率	24×10 ³
	圧縮強度	430
	圧縮弾性率	30×10 ³
樹脂接着剤	引張せん断強度	17.5(鋼材同士)
		3.9(GFRP同士)

単位: MPa

キーワード GFRP, 接着接合, 摩擦接合, すべり係数, 表面粗さ

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 九州大学大学院 TEL 092-802-3391

3. 試験結果

(1) 破壊性状およびすべり係数

表-3 および図-2 に試験結果を示す．なお，結果は全て 5 体の平均値を用いている．Ad タイプは，接着剤の付着が切れて脆性的に破壊に至った．Bo タイプは，大きな音とともに GFRP 板同士の相対変位が急増し，明瞭なすべりが観察された．その後支圧状態となり，GFRP 板が層間剥離やせん断破壊し終局に至った．なお，相対変位が急増した荷重をすべり荷重とした．Co タイプも，Bo タイプと同様に明瞭なすべりの発生後，GFRP 板が破壊した．

最大荷重は Ad タイプが最も小さく，Bo，Co タイプではすべり荷重，最大荷重に顕著な差異は認められない．また，ブラスト処理により Ad タイプの最大荷重は 3 倍となり，Bo，Co タイプのすべり荷重は，それぞれ 1.1 倍，1.2 倍向上した．すべり荷重から算出されるすべり係数は，0.52～0.61 であった．Bo，Co タイプは，GFRP 板が破壊していることから，最大荷重の差異は GFRP 板の母材強度のばらつきによるものと考えられる．

(2) 耐荷挙動

荷重 - 相対変位関係を図-3 に示す．同図より Co タイプの剛性が最も高く，またブラスト処理の方が剛性が高いことが確認できる．図-4 に図-1 中に示す添接鋼板①，②の個所のひずみ値から算出した Bo，Co タイプの添接鋼板の荷重分担率を示す．図より，添接鋼板縁端の①に比べ，ボルト間の②では添接鋼板の荷重分担率が顕著に増加している．これは，GFRP 板に加えられた引張力が，最外縁の高力ボルトの効果より添接鋼板へ伝達されていることを示唆している．ひずみゲージ①の位置では，15～40kN 付近で未処理の Co タイプの分担率が急激に減少していることがわかる．これに対し Bo タイプは緩やかに分担率が減少していることから，この付近で接着剤の付着切れが生じていると推測される．ブラスト処理の Co タイプの挙動が未処理と異なるのは，ブラスト処理により急激な付着切れが発生しなかったためと考えられる．ひずみゲージ②の位置では，60～90kN 付近で未処理，ブラストともに Co タイプの添接鋼板の荷重分担率が Bo タイプに比べ急減しており，この付近で徐々に接着剤の付着が切れたと推測される．よって，この荷重レベル以上では，Bo，Co タイプの耐荷機構は同様であり，摩擦接合のみで荷重に抵抗するものと考えられる．ただし，実験データが少ないため，今後さらに検討する必要がある．

4. まとめ

- (1) 最大荷重は Ad タイプが最も小さく，Bo，Co タイプのすべり，最大荷重は概ね等しい．また，Bo，Co タイプのすべり係数は 0.52～0.61 である．
- (2) GFRP 板へのブラスト処理は，Ad タイプの耐力向上に大きく影響する．
- (3) 添接鋼板のひずみから，Bo，Co タイプの耐荷挙動を明らかにした．

参考文献

- 1) 永田拓也ら：GFRP 材料を用いた高力ボルト摩擦接合の力学的挙動，土木学会中国支部第 55 回研究発表会発表概要集，I-29, pp.57-58, 2003.
- 2) 木嶋健：FRP-ボルト接着接合における軸力の効果に関する実験的研究，土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集，CS16-009, pp.463-464, 2005.

表-3 試験結果

	Ad		Bo		Co	
	未処理	ブラスト	未処理	ブラスト	未処理	ブラスト
すべり荷重 (kN)	-	-	124	132	115	137
最大荷重 (kN)	11.9	35.8	136	139	135	140
すべり係数	-	-	0.55	0.59	0.52	0.61

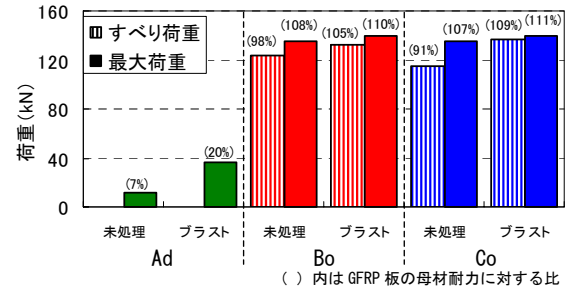


図-2 すべり荷重および最大荷重

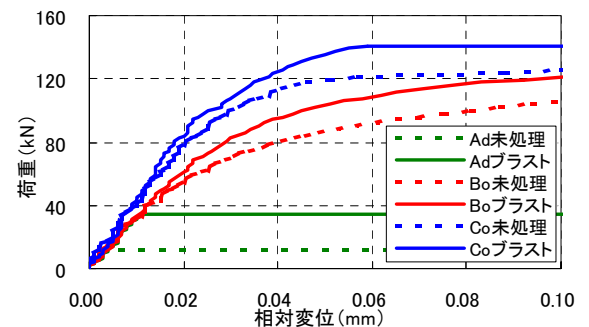
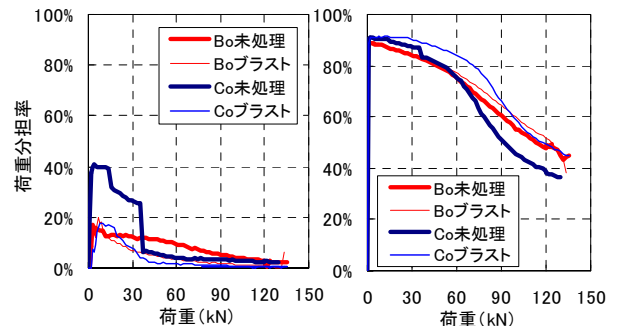


図-3 荷重-相対変位関係



(a) ひずみゲージ① (b) ひずみゲージ②

図-4 添接鋼板の荷重分担率