

高力ボルト摩擦接合を用いた GFRP・鋼接合部の解析的検討

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

1. 目的

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, 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力学特性の把握と部材レベルでの耐荷特性¹⁾, GFRP・鋼接合部の短期挙動²⁾について明らかにしてきた. 一般に, FRP の接合は接着剤を用いた接着接合とボルトやリベットを用いた機械接合に大別されるが, これまでの研究より接着接合は接合耐力が高力ボルト摩擦接合に比べて小さく, また接着剤と高力ボルトを併用した接合は高力ボルト摩擦接合以上の接合耐力向上が期待できず, 高力ボルト接合が適当だという結論に至った²⁾. そこで本研究では, 先に実施した高力ボルトを用いた GFRP 板と鋼板接合部の引張試験について数値解析を行い, すべり発生までの耐荷メカニズムについて検討した.

2. 試験および解析概要

2.1 試験概要²⁾

図-1に供試体概要図, 表-1に材料特性値を示す. 供試体は高力ボルト摩擦接合とし, 設計ボルト軸力 55.8kNを導入した. GFRP板の表面処理は未処理およびブラスト処理の2種類であり, その影響についても検討した. GFRP板には算術平均粗さ (Ra) 5 μm , 十点平均粗さ (Rz) 30 μm になるようにブラスト処理を行った. 添接鋼板にも, ブラスト処理を行い, Ra=10 μm , Rz=45 μm の表面粗さとした. 供試体を室温20°C, 湿度60%の条件で1週間養生した. 試験はGFRP板のつかみ部を試験機のチャックで挟んで, 漸増引張試験を行い, 荷重とGFRP板の相対変位, 供試体側面のGFRP板と添接鋼板のひずみ値を計測した.

2.2 解析概要

解析モデルを図-2に示す. 本解析では8節点ソリッド要素を用い, ボルトと座金を一体化してモデル化するとともに, GFRP板は異方性を考慮してモデル化し, 完全弾性体とした. GFRP板-添接鋼板, ボルト-GFRP

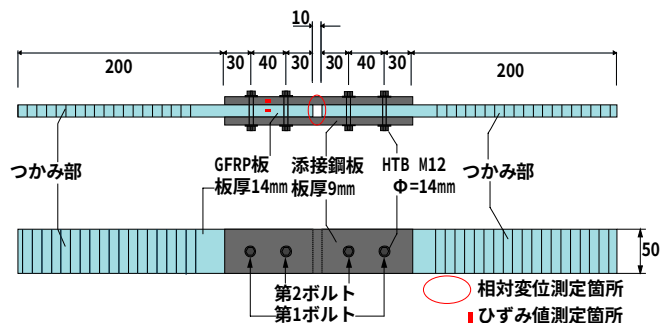


図-1 供試体概要図

表-1 材料特性値

GFRP				添接 鋼板	
-		軸方向	直角方向		
弾性率 (GPa)	引張	24.0	11.0	210	
	圧縮	30.0	20.0		
	せん断	4.60			-
強度 (MPa)	引張	250	90.0	400	
	圧縮	430	95.0		-
	せん断	-			
ポアソン比		0.28	0.14	0.30	

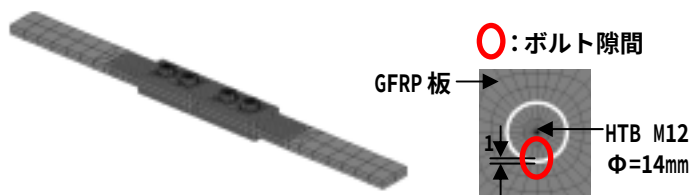


図-2 解析モデル概要図

図-3 ボルト隙間概略図

板, ボルト-添接鋼板, 座金-添接鋼板の界面には接触を定義し, ここではクーロン摩擦を用いた. また, 未処理とブラストそれぞれ GFRP板-添接鋼板の界面に試験結果より得られたすべり係数を導入した. ここで, すべり係数とは, すべり荷重を導入軸力で割った値³⁾ある. また, ボルト頭部に外力を加えることで導入軸力 55.8kNを再現した. 本解析には, 汎用解析ソフト Marc/Mentat を使用した.

3. 試験および解析結果

3.1 荷重-相対変位 (ボルト隙間) 関係

ボルト隙間の概略図を図-3に, 解析結果から得られた荷重-相対変位 (ボルト隙間) 関係を図-4に示す. ここでは, ボルト隙間の相対変位に着目する. 同図のより, 未処理とブラストの第1ボルトはそれぞれ拡大

キーワード GFRP, 摩擦接合, クーロン摩擦, 数値解析, 耐荷メカニズム

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 ウェスト 2 号館 1104 号室 TEL 092-802-3392

図より 46.0kN, 50.0kN 付近で相対変位が増加し始め、122kN, 134kN で相対変位が急増し、126kN, 139kN でボルトがボルト孔壁に接触し、相対変位が 1mm に達した。なお、相対変位が増加し始めるのを、①GFRP 板—添接鋼板間の摩擦切れ開始、相対変位が急増したときを、②摩擦が完全に切れたとき、その後、③ボルトがボルト孔壁に接触し相対変位が 1mm に達したとき、ということができ、この②摩擦が完全に切れたときの荷重をすべり荷重とした。また、未処理、ブラストともに第 2 ボルトの摩擦切れ開始荷重が第 1 ボルトと比較して高い。このことより、添接鋼板端部よりもボルト間のほうが強い摩擦力が働いていることが分かる。

3.2 荷重—相対変位関係

本試験で得られた荷重—相対変位関係を図-5 に示す。本試験では相対変位が急増した荷重をすべり荷重とした。本試験では未処理、ブラストそれぞれ 124kN, 132kN ですべりが発生したのに対し、解析では 3.1 の②より未処理、ブラストそれぞれ 126kN, 139kN ですべりが発生した。これらより、解析値は試験値を精度良く再現できているといえる。また、剛性については未処理とブラストの試験値と解析値は概ね一致しており、今回の解析結果は妥当であると考えられる。

3.3 荷重—ひずみ関係

図-6 に第 1, 第 2 ボルト間の供試体側面の添接鋼板と GFRP 板の荷重—ひずみ関係を示す。3.1 の①より摩擦切れ開始荷重付近にて、未処理、ブラストそれぞれの試験値、解析値が急増している。これは、GFRP 板—添接鋼板間の摩擦が切れ始め、GFRP 板が負担する荷重が増加したためと考えられる。また、未処理、ブラストそれぞれの添接鋼板、GFRP 板の荷重—ひずみ関係の試験値と解析値は概ね一致していることが確認できる。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 解析より得られた荷重—相対変位（ボルト隙間）関係より、摩擦切れ開始から完全に摩擦が切れるまでの耐荷メカニズムの把握をすることができた。
- (2) 試験で得られた荷重—相対変位関係、荷重—ひずみ関係と解析結果が概ね一致しており、妥当なモデル化を行うことができた。

今後は、GFRP 引抜き成形材の部材レベルにおける接合部の解析的検討を行い、詳細な耐荷メカニズムの把握を行う。

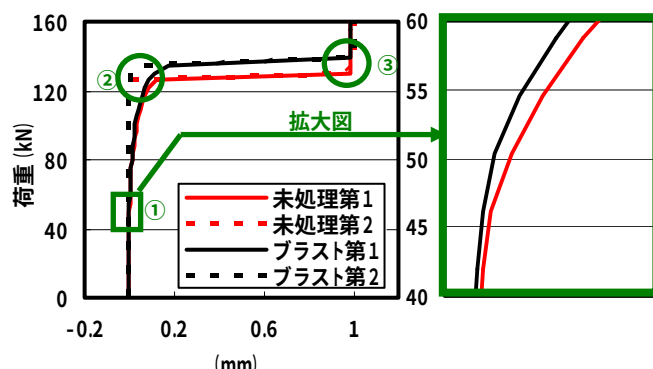


図-4 荷重-相対変位（ボルト隙間）関係

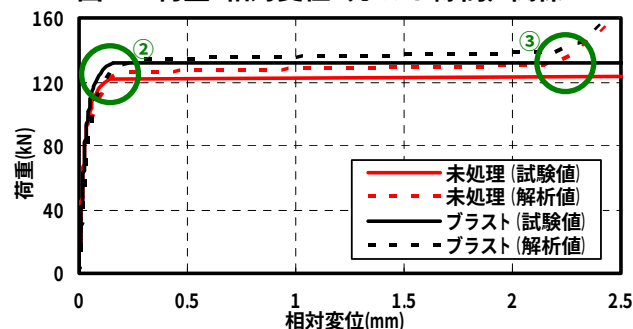


図-5 荷重-相対変位関係

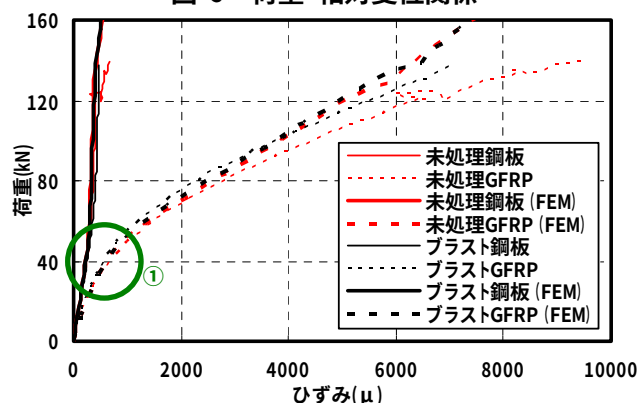


図-6 荷重-ひずみ関係

謝辞：本研究は、平成19年度科研費基盤（B）（代表：日野伸一）の補助を受けている。また、供試体作成にあたり、(株)AGC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) 小林憲治他：GFRP引抜き成形I形断面はりの材料力学特性および曲げせん断挙動に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.54A，pp.850-859，2008.3
- 2) 大本透他：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，平成19年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，I-21，pp41-42，2008.3
- 3) 土木学会：高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針（案），鋼構造シリーズ15，2006.12