

高力ボルトを用いたGFRP・鋼接合部の軸力残存率および強度特性

九州大学大学院 学生会員○大本透, 小林憲治 フェロー 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

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接合以上の耐力向上が期待できず, 高力ボルトのみを用いた接合が適当であるという結論に至った²⁾. しかし, GFRPを構造物材として他部材と接合した場合の長期挙動に関する研究は少なく, 設計指針等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, 高力ボルトを用いたGFRP板と鋼板の接合部の引張試験を行い, 同時にボルト軸力を計測し, ボルト軸力の減少が接合強度へ及ぼす影響について表面処理の有無をパラメータとして検討した.

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/クロス/RH600/ロービング/RH600/クロス/CSM) とし, 長さ300mm, 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. 接合方法は高力ボルト摩擦接合とし, トルクレンチを用いて設計ボルト軸力55.8kNを導入した. GFRP板および添接鋼板の材料特性値を表-1に示す. 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板にはアルミナサンド (#60) を用いて, 算術平均粗さ (Ra) 5 μ m, 十点平均粗さ (Rz) 30 μ mになるようにブラスト処理を行った. 添接鋼板には, 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=10 μ m, Rz=45 μ mの表面粗さとした. 供試体を室温20 $^{\circ}$ C, 湿度60%の条件で1週間および1ヶ月養生し, 経時期間の影響も検討した. 同時にボルト軸力も計測し, 軸力残存率の影響も検討した. 供試体設置状況を図-2に示す. 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板の相対変位を計測した.

3. 結果および考察

図-3に軸力残存率-経過時間関係を示す. なお, 前述の軸力残存率とは, 初期導入軸力に対する任意時間の軸力の比率である. 図中には未処理およびブラスト処理それぞれ5体の軸力残存率を示している. 同図より, 1ヶ月経過時点で87%程度に漸近していることが確認されるが, 木嶋らの結果³⁾ から1ヶ月経過以降も軸力残存率が低下すると予想される. 次に, ブラスト処理の有無については, ブラスト処理した場合は軸力残存率のばらつきが小さい結果となった. これは樹脂層の内厚部 (樹脂溜まり) がブラスト処理により削られ, GFRP板表面がより平滑になったためと考えられる.

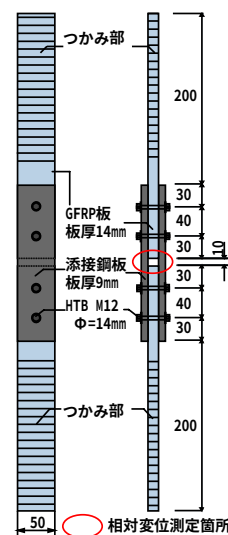


図-1 供試体概略図



図-2 供試体設置状況
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

表-2および図-4に1週間および1ヶ月経過時での引張試験結果（ $n=5$ の平均値）を、図-5に荷重-相対変位関係を示す。1週間経過時点では、未処理は124kN、ブラストは132kNでGFRP板同士の相対変位が急増した後、それぞれ136kN、139kNでGFRP母材が層間剥離して破壊に至った。なお、前述のGFRP板同士の相対変位が急増したときの荷重をすべり荷重とした。1ヶ月経過時点は未処理、ブラストともに126kNでGFRP板同士の相対変位が急増した後、それぞれ142kN、134kNでGFRP母材が層間剥離して破壊に至った。すべり荷重、最大荷重、すべり性状は1ヶ月経過時点での変化はほとんど見られない。そのため、すべり荷重から算出したすべり係数も概ね等しい。鋼部材接合の場合、ボルト軸力は低下するものの接合面の凝着作用等によりすべり係数は変化しない⁴⁾とされている。本試験結果も同様に、供試体組立時の初期導入軸力に対し、1ヶ月経過時には高力ボルトの軸力が未処理、ブラスト処理ともに87%程度に低下したにも関わらず、実用上問題のないすべり係数を確保することができた。また、ブラスト処理の有無によるすべり荷重および最大荷重の変化も確認されなかった。

4. まとめ

高力ボルトの軸力残存率が87%程度に低下しても、GFRP板の表面処理の有無に関わらず、実用上問題のないすべり係数を確保することができた。今後も継続して経過時間および軸力残存率の変化が接合強度へ及ぼす影響について検討を行う予定である。

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) 木嶋健他：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，土木学会第61回年次学術講演概要集，CS10-004，pp.449-450，2006.9
- 4) 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

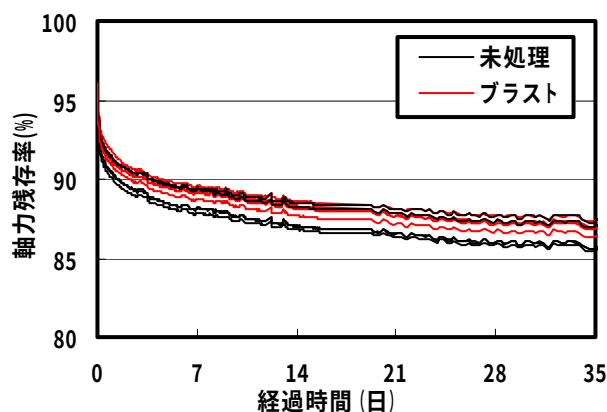


図-3 軸力残存率-経過時間関係

表-2 試験結果

-	No.	1週間経過		1ヶ月経過	
		未処理	ブラスト	未処理	ブラスト
すべり荷重 (kN)	1	124	131	120	116
	2	127	133	124	124
	3	126	134	125	132
	4	123	132	122	132
	5	120	132	126	127
	平均	124	132	126	126
標準偏差 (すべり荷重)		2.58	0.83	4.76	5.93
すべり係数 平均		0.55	0.59	0.54	0.54
摩擦係数 平均		0.63	0.66	0.64	0.65
最大荷重 (kN)	1	139	139	141	127
	2	138	142	141	142
	3	132	134	140	132
	4	138	142	141	138
	5	132	141	142	134
	平均	136	139	142	134
標準偏差 (最大荷重)		3.28	3.38	1.11	5.08

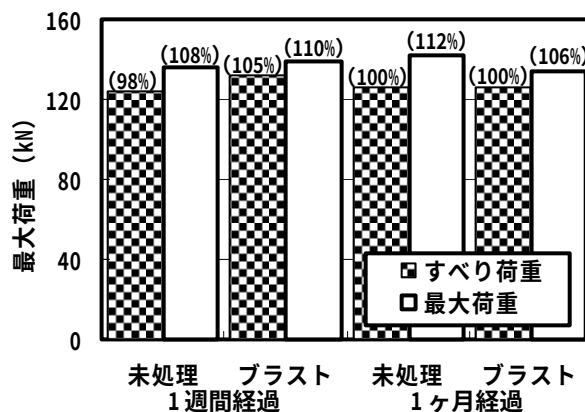


図-4 すべり荷重・最大荷重の比較

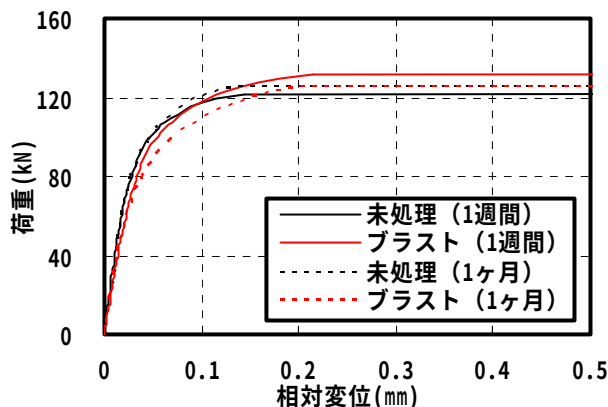


図-5 荷重-相対変位関係