ガラス繊維強化プラスチック（GFRP）接合部の強度特性に関する研究

北見工業大学大学院　学生員　増田 祐介　　北見工業大学　正会員　三上 修一
北見工業大学　正会員　山崎 智之　　北見工業大学　フェロー　大島 俊之

1. はじめに

異方性材料である繊維強化プラスチック（FRP）は、軽量、高強度、塩分による腐食がない、などといった特徴から、土木構造部材への適用が期待されている。しかし、材料活用の歴史が浅いことから、耐久性、材料強度に関する信頼性が確立しているとは言い難い状況にある。

本研究では、ガラス繊維強化プラスチック（GFRP）の強度特性や、大型構造物を考える上で主要技術となる接合に関しての検討を行なう。GFRP の強度特性を検討するために曲げ破壊試験、引張破壊試験を行ない、さらに有限要素法による解析を行なった。また、接合部模型を作成し強度特性の検討を行なう。曲げ破壊試験は低温条件でも行ない、低温における物性の変化に関しても検討する。

2. 曲げ破壊試験

長さ 1.6m、高さ 0.2m の H 型供試体を使用し、室温 20℃、-20℃の条件下で曲げ試験を行なった。供試体にはひずみゲージ、熱電対を貼付し、載荷時には、荷重、載荷点の垂直変位、供試体の温度、ひずみを測定した。供試体の形状、設置方法を図1に示す。

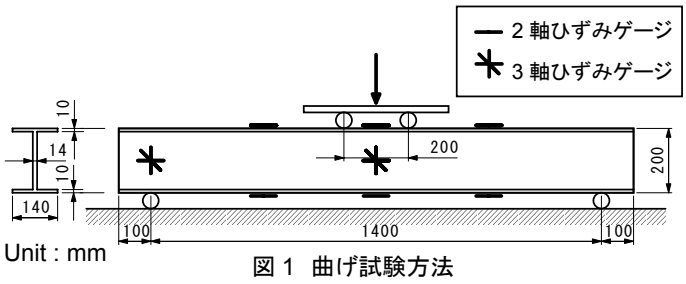

図 1　曲げ試験方法

実験の結果、フランジとウェブの結合部を中心に破壊した（写真 1）。また、表 1 はこの実験の荷重－変位関係より計算した曲げ弾性係数を示す。

表 1　曲げ試験結果

室温 (℃)	最大荷重 (kN)	変位 (mm)	曲げ弾性係数 (GPa)
20	80.54	9.45	14.4
-20	118.1	13.92	14.3

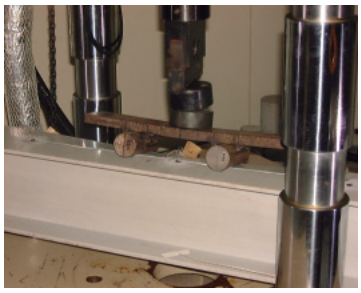
写真 1　供試体破壊状況（20℃）

3. 引張破壊試験

曲げ試験に用いた供試体より試験片を切り出し、JIS K 7054（ガラス繊維強化プラスチックの引張試験方法）に準拠して引張試験を行なった。この試験で得られた応力－ひずみ曲線から、弾性範囲での弾性係数、ポアソン比、降伏応力、塑性範囲での弾性係数、そして引張強度を求めた（表 2）。

表 2　引張試験結果

引張弾性係数（GPa）		ポアソン比	降伏応力 (MPa)	引張強度 (MPa)
弾性範囲	塑性範囲			
35.0	30.0	0.221	200	350

表 3　強度参考値

圧縮強度 (MPa)	せん断強度（MPa）	
	面内	層間
330	53.0	24.6

4. 試験結果

表 3 のような FRP の強度特性を参考 [1] にして、曲げ試験の破壊状況に関して検討する。

図 2 にひずみが塑性領域までの変化を見せた上フランジ支間中央部、長さ直交方向の荷重－ひずみ曲線を記す。また、引張試験時の応力－ひずみ関係を図 3 に記す。

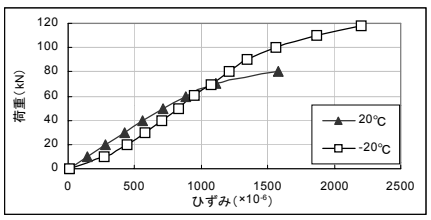

図 2　荷重－ひずみ曲線（曲げ試験時）

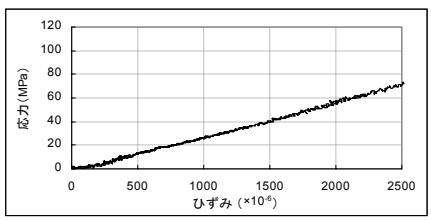

図 3　応力－ひずみ関係（引張試験時）

Keywords：FRP　接合部　強度特性
連絡先 ： 〒090-8507　北見市公園町 165 番地　TEL 0157-26-9476

図 2 の荷重－ひずみ関係より弾性限界に相当する応力は図 3 より 30MPa 前後を示している。これは層間せん断強度に近い値といえ、破壊したときのひずみは面内せん断強度付近に相当する。また、圧縮、引張強度を超える応力に相当するひずみはどのゲージでも測定されなかったため、実際の破壊はせん断破壊であると考えられる。

5. 有限要素法（FEM）による解析

非線形汎用構造解析プログラム MARC/Mentat を用い、GFRP 供試体の曲げ破壊解析を行なった。解析モデル図を図 4 に示す。材料特性は引張試験で得られた値を使用し、異方性、非線形性を考慮して解析を行なった。試験で得られなかったせん断弾性係数は 2.0GPa と仮定して解析を進めた。また、曲げ試験での破壊状況検証のため上フランジとウェブの接合部を中心とした回転を与えての解析も行なった。解析での上フランジ支間中央部のひずみを図 5 に記す。図 2 と比較すると、回転を与えたものが実験値に近くなっていることがわかる。このことから、実験時には上フランジとウェブの結合部を中心に回転による力が発生していたと考えられる。

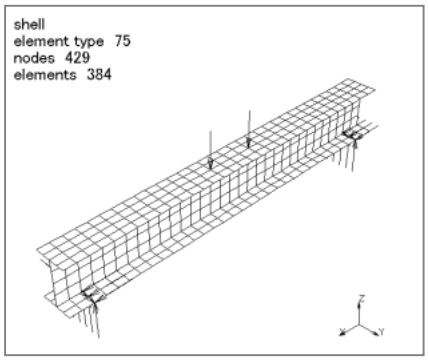

図 4 解析モデル

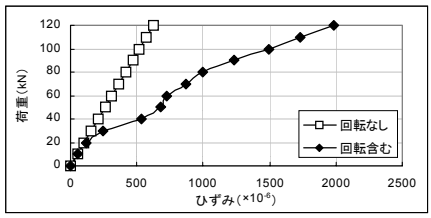

図 5 荷重－ひずみ曲線（解析時）

6. 接合部実験

FRP はせん断強度が低く、接合部にはせん断力が深く関わる。このことから FRP の接合に関しては十分な検討が必要だと考えられる。ここでは、曲げ試験に使用した H 型ビームを使用し、図 6 のような接合モデルを作成し接合部の強度特性について実験的に検討を行なう。接合方法は様々な形式が提案 [1] されているが、図 6 に示すフランジと角型ビーム側面をボルト締めした場合の実験とした。なお、実験結果については当日発表する。

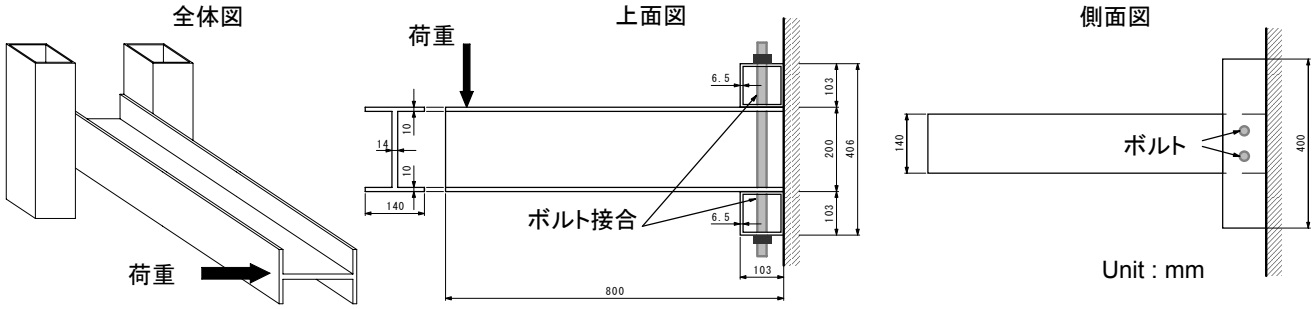

図 6 接合実験概要

7. まとめ

(1) 曲げ破壊試験結果からは低温条件においての物性の変化はあまり見られなかった。

(2) 解析結果から、実験時に偏心荷重による回転力が発生し、フランジとウェブの結合部でせん断破壊したと考えられる。

8. 今後の課題

(1) 解析においては、FRP の材料特性をより考慮するために圧縮側、引張側で違う物性値を与えることが望ましい。また、せん断弾性係数が解析結果に与える影響が高いことから、せん断試験を行なうなど、材料物性をより明らかにして解析条件に加えることが重要である。

(2) 接合部の強度特性を明らかにすることにより、FRP を土木構造材料として使用するための検討を進めていくことが重要である。

《参考文献》

1) 建設省土木研究所他：「繊維強化プラスチックの土木構造材料への適用に関する共同研究報告書（Ⅱ）」共同研究報告書第 252 号・2000.12