

ハイブリッド FRP を用いた構造部材の開発

埼玉大学大学院	学生会員	○山本	育実
埼玉大学大学院	正会員	浅本	晋吾
埼玉大学大学院	フェロー	睦好	宏史
東レ(株)	正会員	鈴川	研二

1. はじめに

FRP (Fiber Reinforced Polymer) は、その耐食性の高さや軽量であること等から、宇宙・航空産業および自動車産業をはじめ、医療分野など様々な分野で活用されている。その特性から FRP は自重の軽減、施工性の向上やライフサイクルコストの軽減等の利点があり、近年新たな土木構造材料として期待されている。本研究では、FRP 橋梁の実用化を目指し、FRP を用いた新しい構造部材の開発を行った。この場合、部材全体には比較的安価な GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) を使用し、大きな応力の作用する部分には、高価ではあるが引張強度が高い CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) を配した I 型断面を持つハイブリッド FRP はりを開発し、載荷実験を行った。実験では、CFRP の積層割合やフランジ幅を変化させて、ハイブリッド FRP はりの曲げ挙動について検討を行った。

2. ハイブリッド FRP はりの載荷実験

(1) 実験概要

表-1 に示すように、積層構造を 3 通りに変化させて、4 点曲げ載荷試験を行った。フランジ幅は座屈の検討をするため、90mm と 250mm の 2 通りとした。供試体の諸元を図-1 に示す。また、載荷点と支点のウェブに座屈を避けるためスティフナを設置した。写真-1 に載荷実験の状況を示す。

(2) 実験結果

図-2 は荷重 - 変位関係を示したものである。図から、CFRP の割合が高いほど剛性の高いことが分かる。しかし、終局荷重についてはばらつきが見られた。これは、破壊形式がそれぞれ異なることによると思われる。

フランジ幅が大きい場合には写真-2 に示すように上フランジで局部座屈が生じ破壊した。このため、座屈を防ぐためにスティフナをウェブに追加して載荷実験を行った。図-3 はスティフナ追加の有無を比較した図である。CF35 には、載荷スパン内に 4 個、CF55 には載荷スパン・せん断スパン内に 4 個ずつ合計 8 個のスティフナを追加した。スティフナの追加によって、局部座屈が抑制され、耐力が向上することが明らかとなった。フランジ幅が小さい供試体の破壊状況は、写真-2 に示すように、CF15 ではスパン中央のウェブ圧壊もしくは界面剥離、CF35 では載荷スパン内の上フランジにおける界面剥離、CF55 では載荷点での応力集中により破壊に至ることが分かった。

3. 解析結果と実験結果との比較

供試体 CF35 のフランジ、ウェブから試験片を切り出し、曲げ試験を行った。この実験結果により CF15、CF35、CF55 の各供試体のフランジとウェブの平均的なヤング率を算出した(表-2)。この値を用いて fiber model で解析を行い、実験結果と比較した。図-4 に示すように、解析結果と実験結果の剛性は概ね一致したが、

キーワード ハイブリッド FRP, CFRP, GFRP

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学大学院 TEL048-858-3429

表-1 各供試体の積層構造

	フランジ			ウェブ	
	CFRP	GFRP	GFRP	GFRP	GFRP
*)	0°	0°	45°	0°	45°
CF55	55%	30%	15%	50%	50%
CF35	35%	50%			
CF15	15%	70%			

*) 長手方向に対する繊維の角度

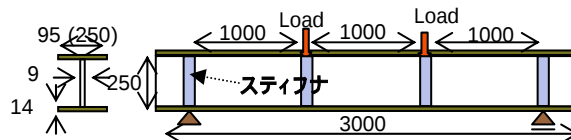


図-1 供試体の形状寸法 (単位: mm)



写真-1 載荷実験状況

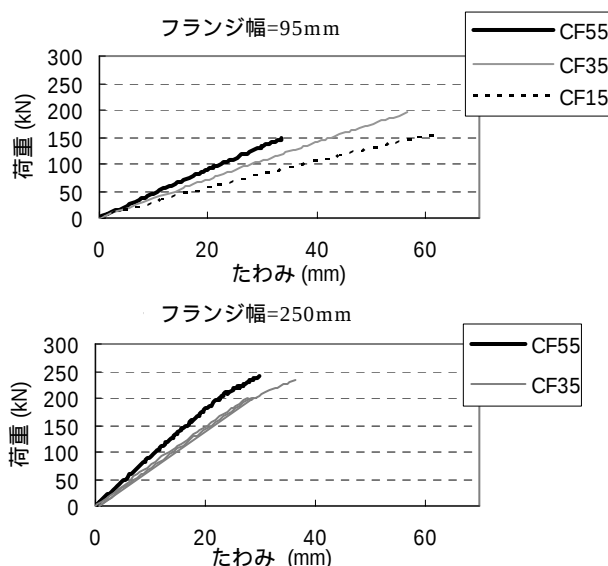


図-2 荷重 - 変位関係

界面剥離，座屈など様々な終局時の破壊現象を再現するまでには至らなかった．これについては今後の検討課題とする．

4. 上フランジを GFRP にした場合との比較

上記実験結果より，座屈が起こらない場合，圧縮側での界面剥離が破壊の主原因であると推測された．このことから，剥離を抑制するために供試体 CF55 の上フランジをすべて GFRP とした供試体を作製し，載荷実験を行った．図-5 に示すように最終耐力は向上し，圧縮側においては CFRP を積層するよりも，すべて GFRP で積層した方が剥離は生じにくいと推察された．

5. まとめ

力学的合理性と経済的観点から，ハイブリッド FRP はりを開発した．本研究から，以下のことがいえる．

- 1) ハイブリッド FRP はりの曲げ性状は弾性的であり，比較的安定した挙動を示した．また，破壊は脆性的であり，フランジにおける界面剥離や層間剥離，ウェブ圧壊が生じた．
- 2) クーポン試験から求めた材料特性を用いて，簡易な解析手法により曲げ挙動を求めることが可能である．
- 3) I 形はりの場合は，圧縮側のフランジをすべて GFRP とした方が，耐力が高くなることが確認できた．
- 4) 今回の実験により，ハイブリッド FRP が構造部材として適用可能であることが確認できたので，今後は最適な構造形式を選定して実用化に向けた開発を行う計画である．

本研究は建設技術研究開発助成によって行われたものである．本研究プロジェクトの共同研究者各位から貴重なご助言を頂いた．ここに記して謝意を表する次第である．

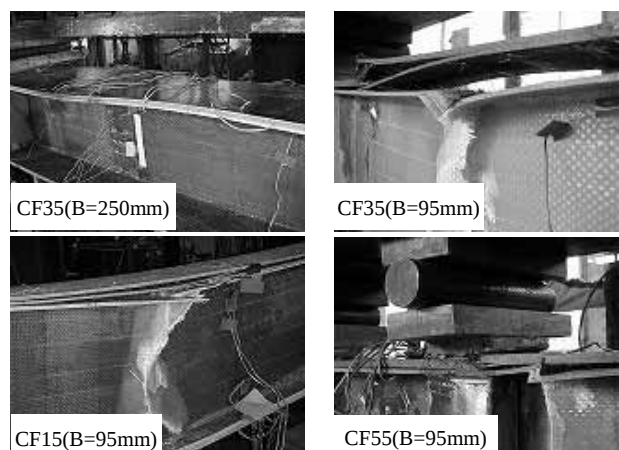


写真-2 破壊状況

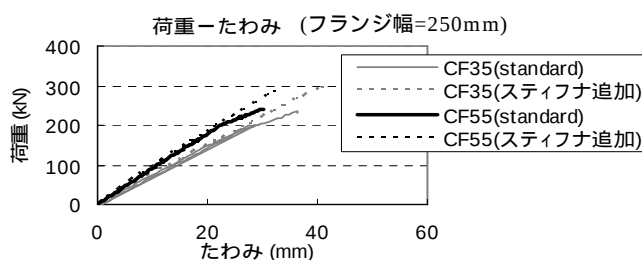


図-3 スチフナ追加の効果

表-2 算出されたヤング率

	ヤング率 (N/mm ²)	
	フランジ	ウェブ
CF55	4.90×10^4	2.09×10^4
CF35	4.00×10^4	2.09×10^4
CF15	3.09×10^4	2.09×10^4
CF	8.05×10^4	
GF	3.28×10^4	

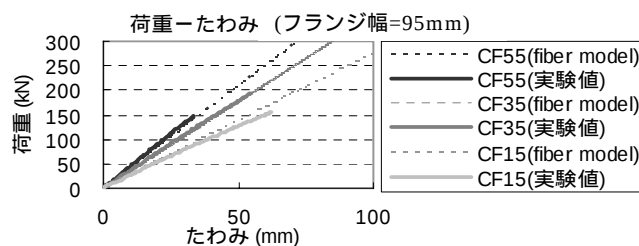


図-4 実験結果と解析結果との比較

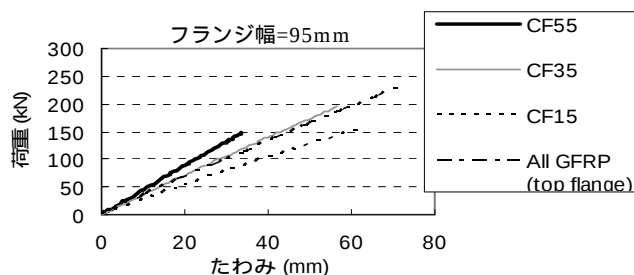


図-5 荷重 - 変位関係