

GFRP・コンクリート合成はりの曲げ性状に関する基礎的研究

九州大学大学院○学生員 北村 隆宏、B・アブドゥラ、池村 尚哉
九州大学大学院 正 員 日野 伸一、太田 俊昭
三菱重工工事㈱ 正 員 勝野 壽男

1. はじめに

近年、FRP (Fiber Reinforced Plastic) をコンクリート構造物の補強に用いた研究が盛んに行われている。FRP は軽量、高強度、耐食性、低温環境下での耐久性に優れるなどの理由から、RC 床版の下面補強や RC 柱の巻付補強等に利用されているのは周知のとおりである。補強に用いられる FRP は炭素繊維補強材 (CFRP) が大半であるが、材料単価が高く、経済性の面で不利といわざるをえない。そこで、本研究では、CFRP に比べて材料単価が安価で成型加工の容易なガラス繊維補強材 (GFRP) の実用化を目的とし、その基礎研究の一環として、H 型に加工した GFRP とコンクリートを合成した GFRP・コンクリート合成はりの曲げ性状を実験的に検討するとともに、FEM 解析によって実験結果をシュミレートするものである。

2. 実験概要

図-1 に実験に用いた GFRP・コンクリート合成はりを示す。供試体は RC はりにエポキシ樹脂モルタルを用いて H 型 GFRP はりを接着し、合成はりとしたものである。H 型 GFRP はりは、図-2 に示すように内部がガラス繊維ロービング、表層部はガラス繊維のコンティニューアストランドマット (CSM) およびヤーンクロスの積層構造となっており、不飽和ポリエステル樹脂に含浸して、引き抜き成形したものである。なお、供試体には局部座屈防止のため、支点および荷載点に角型 GFRP 材を取付けた。GFRP の材料特性値については表-1¹⁾に示す。実験は、同一条件の供試体 3 体のうち、2 体を破壊までの静的荷重とし、1 体を定点荷重疲労試験とした。図-1 に示すように、支間は 1800mm とし、600mm の等曲げ区間を設けた。

3. 実験結果

＜静的荷重試験＞荷重開始からしばらくはほぼ線形的に挙動していたが、荷重が 225kN に至った時点で、供試体右側接着面のエポキシ樹脂モルタルが剥離、荷重が 160kN まで落ちた。剥離長さは供試体の端から荷載点にまで至った。その後、左側のエポキシ樹脂モルタルも同様に剥離が生じ、最終的には GFRP はりのウェブに水平方向にひび割れが発生して破壊した (図-3、4)。

＜疲労試験＞疲労試験の繰り返し荷重は表-3 のように 3 段階に設定した。第一段階は、接着面の樹脂モルタルの許容付着応力度に相当する荷重レベルで 100 万回の繰り返し荷重 (荷重 29-98kN) を行ったが、特に顕著な変化は見られなかった。第二段階では、最大荷重を静的破壊荷重の 70% に増加させ、さらに 100 万回の繰り返し荷重 (荷重 29-157kN) を行ったが、RC はりにひび割れが生じた以外は大きな変化はなかった。第三段階では、最大荷重をさらに上述の 80% に増加させ、繰り返し荷重 (荷重 29-180kN) を行ったところ、20 万回経過した時点で、静的荷重と同様にエポキシ樹脂モルタルに剥離破壊が起きた。以上のことより、通常の RC はりや鋼・コンクリート合成はりと比較しても、GFRP・コンクリート合成はりは、それらと同程度の疲労強度を保有することが確認された (図-5)。

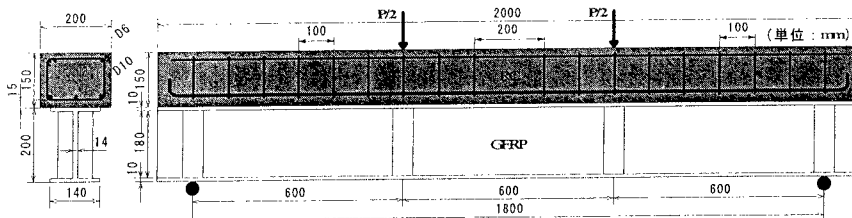


図-1 GFRP・コンクリート合成はり

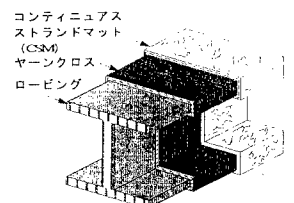


図-2 積層構造

表-1 GFRP 材料特性値¹⁾

引張強度 (MPa)	終局ひずみ		ヤング係数 (GPa)	ポアソン比
	長手方向(%)	幅方向(%)		
424	1.15	-0.28	37.0	0.255

表-2 材料特性値

材料	引張強度 (MPa)	ヤング係数 (GPa)	ポアソン比
コンクリート	38.9	27.6	0.187
エポキシモルタル	61.6	9.0	0.256

表-3 載荷パターン

段階	荷重レンジ	回数
1	29~98kN	100 万
2	29~157kN	100 万
3	29~180kN	20 万

表-4 FEM 分割要素

対象部	構成要素
コンクリート	3 次元固体連続要素
GFRP	3 次元厚肉要素
エポキシ樹脂	3 次元パネ要素
鉄筋	棒要素

4. 解析結果

実験値の挙動を解析的に把握するため、静的供試体について FEM 解析²⁾を行った。解析に用いた材料特性値は表-1 および表-2 のデータを用い、使用した要素については、表-4 のとおりである。図-6、7 に GFRP はり上、下フランジの解析結果を示す。GFRP はりは、破壊までは線形的に挙動しており、解析値は実験値を精度よく捉えることができた。

5. まとめ

静的載荷試験の結果から、GFRP・コンクリート合成はりには破壊まで線形的に挙動する。定点載荷疲労試験の結果から、最大荷重を本供試体の静的破壊強度の 70%としても、疲労劣化はほとんど見られない。接合面の不完全(弾性)合成を考慮した FEM 解析値は実験値を精度よく捉えることができた。これらの結果を踏まえ、補強目標に合わせた GFRP 補強材の設計および接合部の検討を行うことで、既設の RC 構造物に対して、GFRP はりを接合する補強工法の実用化の可能性を示すことができる。

最後に、本実験に際し、材料およびそのデータを提供して頂いた旭ガラスマテックス(株)およびヘンケルジャパン(株)の各位に対し、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 旭ガラスマテックス(株)：H 形 FRP 材の曲げ性状解析結果報告書
- 2) LUSAS finite element system : LUSAS theory manual 1,2

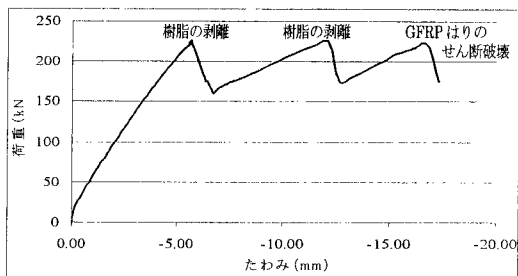


図-3 荷重—たわみ曲線

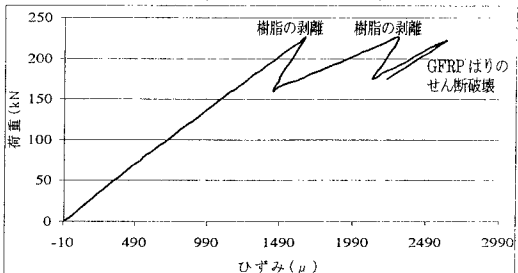


図-4 荷重—ひずみ曲線 (下フランジ)

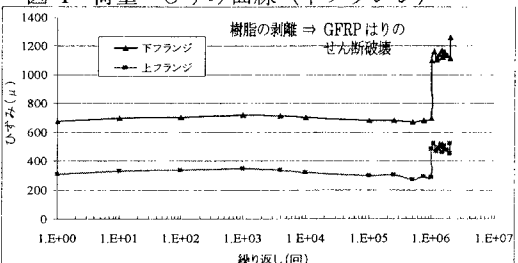


図-5 S-N 曲線 (GFRP)

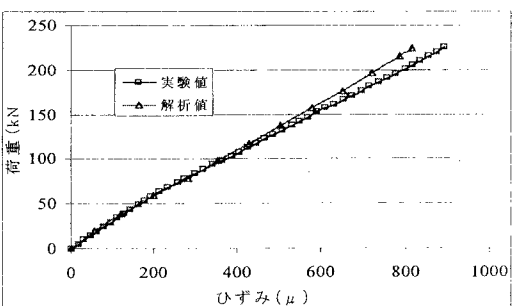


図-6 解析結果 (GFRP 上フランジ)

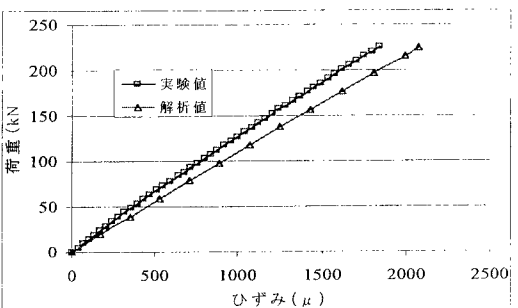


図-7 解析結果 (GFRP 下フランジ)