

玄武岩繊維ロッドを緊張接着した RC 梁の復元力特性に関する研究

名城大学 学生会員 ○佐藤 大地 正会員 岩下 健太郎
(株) 富士ピー・エス 正会員 八木 洋介 内野 英宏 吉田 光秀

1. はじめに

RC 構造物に対する補強技術として、鋼板巻き立てや RC 増し厚、連続繊維複合材 (Fiber reinforced polymers, FRP) の表面接着による補修・補強技術などが広く用いられている。また、FRP に緊張力を導入し、表面接着する補強技術に関する研究も実施され、実用化に至ったものもある。

過去の研究では、玄武岩 (Basalt) 繊維を用いた FRP 棒材 (以降 BFRP ロッドと呼称) をコンクリート表面に接着・補強した RC 梁に対し、静的 4 点曲げ試験を実施して曲げ補強効果を検証した¹⁾。本研究では、段階式繰り返し載荷試験を実施し、最大変位と回復変位の関係に着目して、復元力特性に対する補強効果を検討した。

2. 実験方法

本研究では、計 3 体の無補強 RC 梁を作製した。1 体は無補強で、残り 2 体は BFRP ロッドを底面に無緊張あるいは緊張状態で接着した上で、段階的に荷重載荷・除荷を繰り返す 4 点曲げ試験を実施した。

RC 梁は図-1 に示すように 150mm×200mm の矩形断面であり、引張鉄筋比は 1.7%、水セメント比は 50%、コンクリートの材齢 28 日における圧縮強度は 25.7N/mm² である。全長は 2.0m で支点間隔は 1.8m、4 点曲げ試験における載荷点間隔は 600mm とした。

BFRP ロッドの緊張には反力を受け持つ鋼製フレームの両端に緊張力を導入するための油圧ジャッキ及び荷重測定のためのロードセルを接続した緊張装置 (図-2)を用いた。BFRP ロッドの両端は膨張セメントを充填した鋼管に定着した上で、緊張装置に固定し、引張強度の 25%に相当する緊張力を与えた BFRP ロッドの上に RC 梁を配置する。そして、接着箇所の周囲に離形性のある型枠を設置し、内部に粘性 3000MPa・s 程度の高流動エポキシ樹脂を充填することで BFRP ロッドをコンクリート表面に接着した。接着箇所の状況を図-3 に示す。

段階式繰り返し載荷試験は載荷速度を 1kN/min で行い、荷重及び変位はロードセルと梁の両側面スパン中央付近に設置した変位計で、鉄筋ひずみは主鉄筋の中央付近に貼付したひずみゲージでそれぞれ計測した。ここで、繰り返し荷重の下限値を 1.5kN と設定して、完全除荷時における供試体や載荷治具のズレ防止を図った。荷重除荷は、事前実施した静的曲げ試験におけるひび割れ発生時、その後、主鉄筋降伏前までの任意点で 3 回、主鉄筋降伏時、その後の任意点で 3 回の計 8 回とした。

3. 実験結果と考察

無補強供試体では、荷重が 5~10kN でスパン中央付近の梁の引張縁に曲げひび割れが生じ、荷重の増加

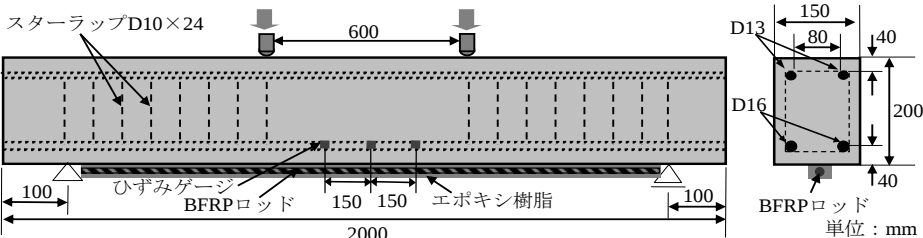


図-1 BFRP ロッド緊張接着補強 RC 梁の詳細寸法

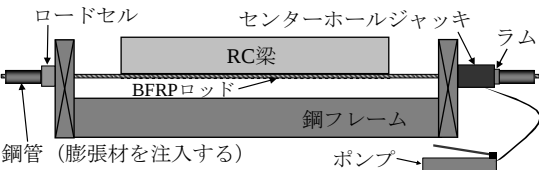


図-2 BFRP ロッド緊張装置

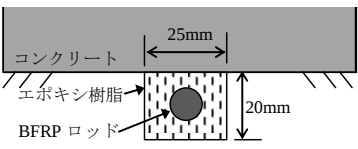


図-3 BFRP ロッドの接着状況

表-1 材料の物性値一覧

BFRP ロッドの引張強度 (N/mm ²)	1000
BFRP ロッドの引張弾性率 (kN/mm ²)	45.5
BFRP ロッドの断面積 (mm ²)	78.5
BFRP における玄武岩繊維含有率 (%)	50.0
コンクリートの材齢 28 日 圧縮強度 (N/mm ²)	25.7
コンクリートの割裂引張強度 (N/mm ²)	2.97
鉄筋の種類	SD295A

キーワード BFRP ロッド, 緊張接着補強, エポキシ樹脂, 復元力特性

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部建設システム工学科 TEL052-832-2352

とともに梁の長手方向 90mm 程度の間隔で分布ひび割れが生じた後、主鉄筋が降伏し、梁の圧縮縁でコンクリート圧縮破壊が生じ、実験を終了した。緊張 FRP 補強及び無緊張 FRP 補強供試体でも主鉄筋降伏後までの挙動は同様だが、コンクリートの圧縮破壊前に BFRP ロッド及びエポキシ樹脂の剥離が生じた。なお、剥離はコンクリートの表層部で生じていた。

段階式繰り返し載荷試験における荷重と変位の関係を図-4 及び図-5 にそれぞれ示す。緊張 FRP 補強供試体について、過去に行った静的載荷の結果と比較したところ、曲げ挙動は同様であることから、繰り返し載荷に起因する損傷等は認められなかった。また、ひび割れ発生荷重や主鉄筋降伏荷重の向上といった補強効果も過去の研究¹⁾と同様に得られた。

各載荷ステップでの最大変位 δ_{max} と残留変位 δ_x の差を算出し、それを回復変位($=\delta_{max}-\delta_x$)として、 δ_{max} との関係図を作成した(図-6)。そして、各線の傾きを復元率(%)と呼称し、復元力特性の評価指標とした。同図には、復元率 100, 80, 及び 60%にあたる直線も示した。各線はひび割れ発生時、主鉄筋降伏時及び補強供試体における FRP 剥離時、そして無補強供試体の圧縮破壊時において大きく変曲している。また、これらの変曲点間は概ね線形であるように見える。そこで、各変曲点間の領域毎に復元率を算出・評価することにした。

ゼロ荷重からひび割れ発生までの領域(a)での復元率は、緊張 FRP 補強供試体の場合に、無緊張 FRP 補強供試体及び無補強供試体の場合よりそれぞれ 14.6%, 17.2%大きく、ひび割れ発生から主鉄筋降伏までの領域(b)では、それぞれ 3.1%, 15.0%大きく、主鉄筋降伏前においても、緊張 FRP 補強によって、ある程度、復元率が増加することが明確となった。また、主鉄筋降伏後から FRP 剥離時あるいは無補強供試体の圧縮破壊時までの領域(c)では、それぞれ 29.9%, 41.3%大きく、主鉄筋の降伏後には、緊張 FRP 補強によって、より顕著に復元率が増加することが確認された。以上から、緊張 FRP 補強による復元力特性の向上効果は、主鉄筋降伏前にもある程度得られるが、主鉄筋降伏後に特に顕著に得られることが実験的に明確となった。

4. おわりに

緊張力を導入した BFRP ロッドを接着補強した RC

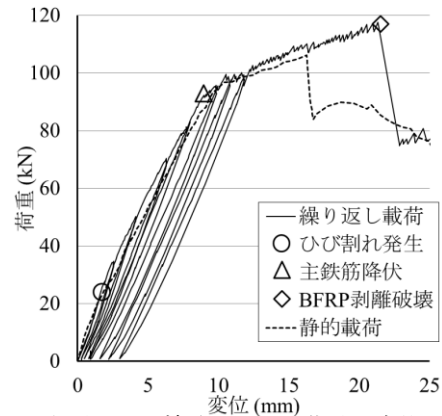


図-4 緊張 BFRP 補強 RC 梁の荷重と変位の関係

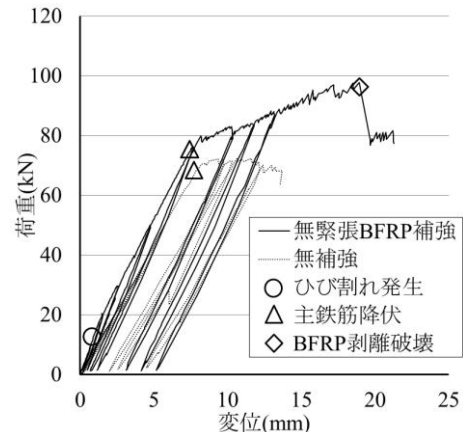


図-5 無緊張 BFRP 補強及び無補強 RC 梁の荷重と変位の関係

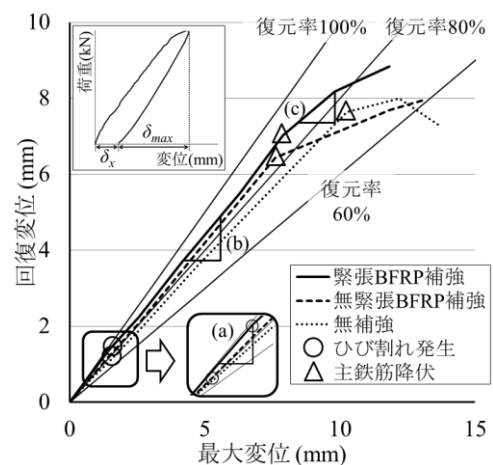


図-6 最大変位と回復変位の関係

梁を対象として段階式繰り返し載荷試験を行い、復元力特性に対する補強効果を検討した。その結果、緊張 BFRP 補強により主鉄筋降伏前でも復元力特性の向上効果はある程度得られるが、主鉄筋降伏後にはより顕著な効果が得られることが実験的に示された。今後、損傷を有する RC 梁を対象として、緊張接着補強による復元力特性の向上効果を検討したい。

参考文献

- 1) 岩下ら：BFRP ロッド緊張接着による RC 梁の曲げ補強効果，プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム，2011