

BFRP ロッド緊張接着による RC 梁への導入緊張応力の評価に関する研究

名城大学 学生会員 ○唐 澤棟, 梶浦 拓馬

名城大学 中山 翔平, 大嶋 良太郎

名城大学 正会員 岩下 健太郎

株式会社富士ピー・エス 正会員 吉田 光秀, 八木 洋介

1. 目的

著者らは BFRP ロッドをコンクリート構造物の表面に緊張状態で接着する補強技術に関する研究を行っている¹⁾。本研究では、これにより RC 梁に導入される緊張応力を、RC 梁へのプレストレス導入実験および曲げ理論に基づく算定により評価する。

2. 実験方法

図-1 に示すような、BFRP ロッドと鋼より線を繋いだものを鋼製フレームの両端に固定し、油圧ジャッキにより緊張力を加える形式の緊張装置を用い、図-2 に示す 150mm×200mm の矩形断面で全長 2.0m の RC 梁に対する緊張力導入実験を行った。用いたコンクリートの設計基準強度は 24N/mm² である。主な材料の物性値を表-1 に示す。コンクリートの表面をディスクサンダーなどで削って骨材を露出させ、0.4kg/m² を目安とした量のエポキシ樹脂を塗布する方法により、表面処理を行った。このエポキシ樹脂が硬化する前に、ポリマーセメントモルタル（以後、PCM と呼称）を山形に成形した。その溝内に、溝深さの半分程度まで高粘度エポキシ樹脂を下塗りし、前出の緊張装置に BFRP ロッドを設置し、破断強度の 25%程度にあたる 6.3kN（定着具の緩みや BFRP ロッドのリラクセーション等により有効緊張力は 5.7kN）の緊張力を導入したうえで構造物に密着させた。このとき、BFRP ロッドは溝内に収まるように、緊張装置の位置を微調整したうえで、溝内の残りの部分に高粘度エポキシ樹脂を充填した。鋼より線の定着具と緊張装置の間に 200kN ロードセルが設置してあり、高粘度エポキシ樹脂の硬化後、導入緊張力を随時確認しつつ、緊張力の解放を行った。このとき、BFRP ロッド表面に事前に図-2 に示した位置に設置した検長 5mm のひずみゲージにより、BFRP ロッドのひずみを随時測定した。

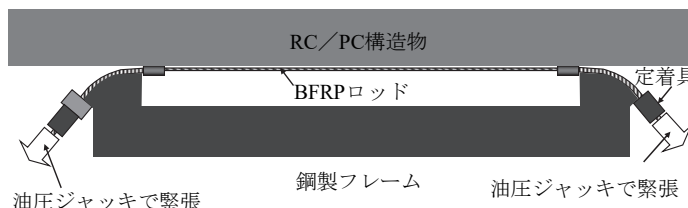


図-1 BFRP ロッドの緊張装置の概念図

表-1 材料の物性値一覧

BFRP ロッドの引張強度(N/mm ²)	1300
玄武岩繊維の引張弾性率 E_f (kN/mm ²)	55
BFRP ロッドの断面積 A_f (mm ²)	28.3
高粘度エポキシ樹脂の引張弾性率 E_a (kN/mm ²)	4 程度
コンクリートの材齢 28 日圧縮強度 f'_c (N/mm ²)	25.5
鉄筋の種類	SD295A

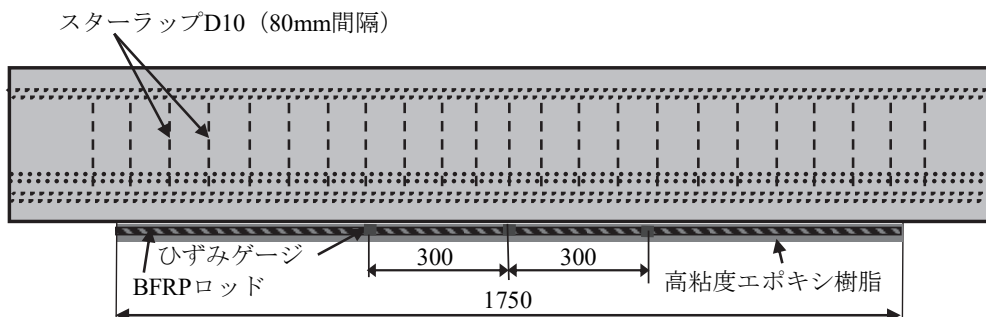


図-2 BFRP ロッド緊張接着補強供試体の詳細寸法

3. 簡易算定、実験結果および考察

まず、既往の曲げ理論を活用した簡易算定方法により、プレストレス導入により BFRP ロッドに生じる圧縮応力を算定した。ヤング率比を各種材料の断面積に乘じ、コンクリートに換算する。ここで、コンクリート、異形鉄筋、BFRP ロッドのヤング率をそれぞれ E_c 、 E_s 、 E_f 、断面積をそれぞれ A_c 、 A_s (A_{s1} は圧縮鉄筋、 A_{s2} は引張鉄筋)、 A_f 、梁上縁から圧縮鉄筋、引張鉄筋、BFRP ロッドまでの距離をそれぞれ d_1 、 d 、 d_f とした。このとき、コンクリートのヤング率はコンクリート標準示方書 [設計編]²⁾ に掲載されている、式 (1) に示す推定式から算定した。

$$E_c = \left(2.2 + \frac{f'_c - 18}{20} \right) \times 10^4 \quad f'_c < 30 \text{ N/mm}^2 \quad (1)$$

ヤング率比は異形鉄筋では $n_s = E_s/E_c$ 、そして、BFRP ロッドでは $n_f = E_f/E_c$ である。次に、式 (2) から中立軸位置 h_c を求める。

$$h_c = \frac{A_c d_c + A_{s1} d_1 (n_s - 1) + A_{s2} d (n_s - 1) + A_f d_f n_f}{A_{total}} \quad (2)$$

ここで、 A_{total} は以下の式 (3) から求められる。

$$A_{total} = A_c + A_{s1} (n_s - 1) + A_{s2} (n_s - 1) + A_f n_f \quad (3)$$

BFRP ロッドに導入された緊張力 P_f を用いて、BFRP ロッドへの導入緊張応力により梁の下縁に生じる圧縮応力 σ_{ff} は式 (4) のように表される。

$$\sigma_{ff} = \frac{P_f}{A_c} + \frac{P_f}{I_g} (d - h_c) \quad (4)$$

この σ_{ff} を E_c で除して BFRP ロッドに導入される圧縮ひずみの算定値 ε_a が算定される。

以上から得られた算定値 ε_a を実験により測定された BFRP ロッドに導入される圧縮ひずみの実験値 ε_e を緊張応力の導入から 180 時間～202 時間経過し、ひずみが安定化している範囲について図-3 に示す。実験値は室温変化と共に変動しているが、その実験値は $19.7\mu \sim 29.6\mu$ であり、算定値である 28.1μ と類似する結果となった。よって、BFRP ロッドへの導入プレストレスが RC 梁に導入されていることが示唆された。

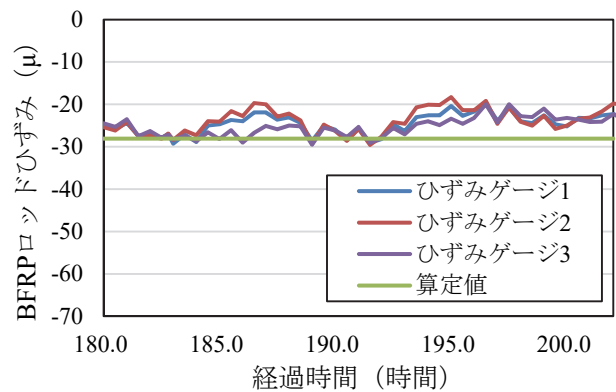


図-3 ひずみの測定値と算定値

4. まとめ

BFRP ロッドを RC 梁の表面に緊張接着することで、RC 梁に導入される緊張応力をひずみ測定により実験的に評価した結果、実験値と算定値が類似した結果となり、BFRP ロッドへの導入プレストレスが RC 梁に導入されていることが示唆された。

謝辞

本研究の一部は、私立大学戦略的基盤研究形成支援事業として採択、設置された「名城大学 自然災害リスク軽減研究センター (代表者: 小高 猛司)」の助成を受けて実施したものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 吉田光秀, 八木洋介, 岩下健太郎, 梶浦拓馬: 「BFRP ロッド緊張接着補強 RC/PC 梁の曲げ復元力特性に関する研究」, 第 24 回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論文集, pp. 557-562, 2015
- 2) コンクリート標準示方書 [設計編], 土木学会編, 2012