

高弾性 CFRP ロッド埋設補強工法の疲労耐久性と曲げ補強効果

三菱樹脂株式会社 環境資材事業部 正会員 ○久部 修弘
東北学院大学工学部 環境建設工学科 正会員 大友 鉄平
東北学院大学工学部 環境建設工学科 正会員 武田 三弘

1. 目的

本研究は、道路橋 RC 床版の上面張出し部を補強する工法の一つである、CFRP ロッド埋設工法の疲労耐久性について実験的検討を行ったものである。本工法は、床版上面の舗装更新時に CFRP 補強材が損傷しないよう、樹脂モルタル層の中に CFRP ロッドを埋設することを特徴とした工法である。これまで 8mmφ の CFRP ロッドを用いたデータを取得してきたが、本報では、より径の大きい CFRP ロッド（10mmφ、12mmφ）を用いた場合の補強部の疲労耐久性を定点載荷によって確認したので、その結果を報告する。

2. 試験体

試験体は、図-1 に示すように床版張出し部形状を模した RC 試験体とし、張出し床版厚さ、主鉄筋量は TL-20 で設計された鋼橋コンクリート床版を参考とした一方向版とした。表-1 に RC 試験体の使用材料を示す。表-3 に示すように、試験体は無補強×1 体と補強した試験体×2 体の合計 3 体とし、コンクリート打設・養生後、床版上面を切削処理する想定で、試験体上面を電動ピックを用いてはつり処理を行った。その後、表-2 に示す CFRP ロッドを樹脂モルタル（重量比 樹脂：砂＝1：5）を用いて埋設補強した。CFRP ロッドは鋼材の 2 倍以上のヤング係数を有する高弾性タイプを用い、直径 10 mm で表面がスパイラルタイプのもので、直径 12 mm で表面がラウンドタイプのもの 2 種類を用いた。樹脂モルタル厚さは、CFRP ロッド上下かぶり 5 mm を確保し、DS-CF10-3 試験体で合計 20 mm、DS-CF12-2 試験体で 22 mm とした。曲げ補強効果（応力低減効果）は補強材の断面剛性(EA)によるので、表-3 に示すように各補強試験体の EA がほぼ同等となるように CFRP ロッド本数を決定し、補強材の直径や配置による影響をみることにした。

3. 載荷方法

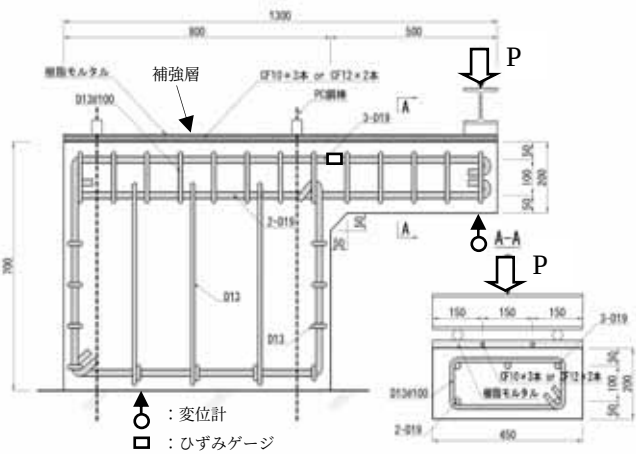


図-1 試験概要

表-1 RC 試験体の使用材料

コンクリート	$F_c=39.9\text{N/mm}^2$
鉄筋	SD295A(主筋 D19, 肋筋 D13)

表-2 CFRP ロッドの種類と機械的性質

名称	直径	A	E	σ	表面形状
CF10	$\phi 10$	71.8	497	1486	スパイラルタイプ
CF12	$\phi 12$	121.3	443	1749	ラウンドタイプ

A:断面積(mm²), E:ヤング係数(kN/mm²), σ :引張強度(N/mm²)

表-3 試験体種類

試験体	試験種類	CFRP	補強量(EA)
S-NS	静的	—	—
DS-CF10-3	動的	CF10×3 本	107,050
DS-CF12-2	動的	CF12×2 本	107,470

表-4 疲労試験における荷重条件

荷重条件	上限荷重	下限荷重
荷重	50kN	10kN
CFRP ロッド 応力	333.5N/mm ²	66.7N/mm ²
鉄筋 応力	79.0N/mm ²	15.8N/mm ²
コンクリート 応力	6.7N/mm ²	1.3N/mm ²

キーワード CFRP ロッド、樹脂モルタル、疲労、補強、張出し床版

連絡先 〒103-0021 東京都中央区日本橋本石町 1-2-2 三菱樹脂(株) 環境資材事業部 TEL03-3279-3089

荷重は油圧式アクチュエーター(静的 300kN, 動的 200kN)を用いた定点疲労試験とし, CFRP ロッド直上を荷重しないよう, 荷重梁下の CFRP ロッド間に荷重点を設けた。
 まず, CFRP ロッドと樹脂モルタルによる補強を行った後, 直ちに死荷重相当の荷重を荷重した状態で 1 週間以上の養生を行った。樹脂モルタル硬化後, 荷重している荷重を下限荷重としてくり返し荷重を開始した。荷重速度は 2~3Hz とした。表-4 に疲労試験における荷重条件を示す。本試験の目的は補強部の疲労耐久性を確認することであるので, 引張側コンクリートと樹脂モルタルを無視した断面で CFRP ロッドの応力が供用時のレベルになる荷重を上限荷重とした。荷重回数は 200 万回までとし, それまでに破壊しなかった場合は, 疲労試験後に静的荷重試験を実施し, 最大耐力を確認した。

4. 疲労試験結果

図-2 に疲労試験中の活荷重変位を示す。補強した両試験体ともくり返し荷重中の活荷重変位は安定した挙動を示し, 200 万回疲労荷重後も CFRP ロッドの拔出し等は見られなかった。DS-CF12-2 試験体の活荷重変位が比較的大きく推移しているが, この試験体のみ, 疲労試験中の振動防止の目的で, 床と試験体との間に緩衝ゴム板を挟んでいたため, これはその影響と考えられる。

5. 静的試験結果

補強した試験体はどちらも疲労試験中に破壊しなかったため, 疲労試験後に静的曲げ試験を実施した。図-3 に静的荷重試験時の荷重-鉄筋ひずみ関係を示す。図中には疲労試験を行っていない無補強試験体も併記している。140kN 付近から断続的に樹脂モルタルにひび割れが発生した後, コンクリート部のせん断破壊によって最大耐力が決定した(図-4)。

表-5 に静的荷重試験における引張鉄筋降伏荷重の実験値と計算値の比較を示す。計算値は, ひずみは中立軸からの距離に比例すると仮定したものであり, 鉄筋降伏強度は規格値を用いた。CFRP ロッドで補強された試験体の鉄筋降伏耐力は計算値と概ね一致しており, 疲労試験後も十分な耐力を有していることが確認された。

6. まとめ

- 本検討より得られた知見を下記に示す。
- 1) 供用荷重時を想定した定点疲労試験において, CFRP ロッドで補強された試験体は安定した挙動を示し, 200 万回の疲労試験でも補強部の損傷は発生しなかった。
 - 2) 疲労試験後の静的曲げ試験で, 引張鉄筋降伏レベルまでの耐力は概ね計算値と一致し, 本補強工法は疲労試験後も十分な補強効果を有していることが確認された。

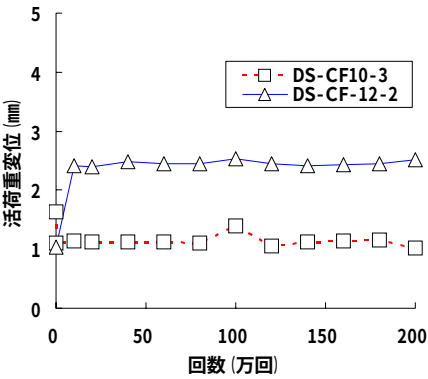


図-2 疲労試験中の活荷重変位

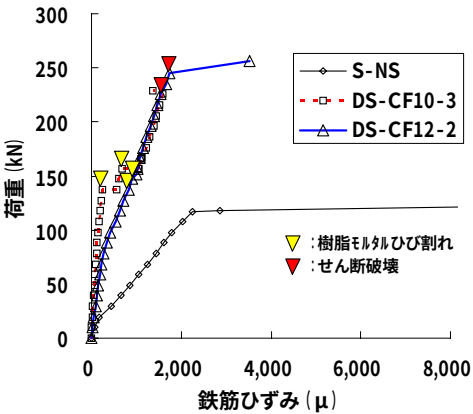


図-3 静的荷重試験結果

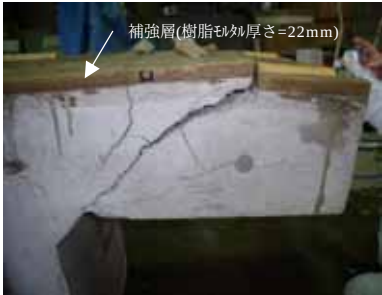


図-4 破壊状況例 (DS-CF12-2)

表-5 耐力の比較 (鉄筋降伏時)

供試体 No.	実験値(kN)	計算値*(kN)
S-NS	78.8	79.1
DS-CF10-3	204.5	206.0
DS-CF12-2	211.2	206.5

※コンクリート, 樹脂モルタルの引張強度は無視