

付着を改善した CFRP ロッドで補強した RC 床版張出し部の疲労耐久性

山口大学大学院 学生会員 ○下瀬 恒大
 三菱ケミカルインフラテック株式会社 正会員 長谷川 泰聰
 山口大学大学院 正会員 吉武 勇

1. はじめに

我が国の社会資本ストックは高度経済成長期に集中的に整備され、その間に建設された橋梁は寿命といわれる 50 年を経過し、疲労による劣化・損傷が多く発生している。さらに、平成 5 年に施行された車両総重量最大限度の引き上げや自動車交通量の増加による活荷重の増加から、床版張出し部に負曲げ荷重が大きく作用するようになった。本研究では、高速道路橋などにおける鉄筋コンクリート (RC) 床版張出し部を研究対象とし、床版上面の新たな補強工法を確立することを目的とするものである。RC 床版張出し部の補強工法として Near Surface Mounted (NSM)工法¹⁾に着目し、Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)ロッドを補強材として用いる検討を行った。CFRP ロッドは補強効果に優れるものの、異形鉄筋のような“ふし”がなく付着強度が低いことから、既往の研究²⁾において CFRP ロッドの引抜き試験が行われ、CFRP ロッドの最適ナリブ厚、リブ長が選定された。この結果から、リブ厚 1.5 mm、リブ長 50 mm、75 mm の付着改善が施された CFRP ロッドを用いて、RC 床版張出し部を模擬した RC はりを作製し、曲げ疲労載荷試験により試験体の疲労耐久性を調査した。さらに 200 万回の繰返し載荷でも RC はりが疲労破壊しなかった場合、静的曲げ載荷試験により残存耐力を調べた。

2. 試験材料および試験方法

試験に用いたコンクリートおよび超早強モルタルの材齢 28 日における圧縮強度とヤング係数は、それぞれ 34.0 MPa、36.5 GPa、および 50.5 MPa、28.0 GPa である。主鉄筋およびせん断補強筋は、いずれも D6 異形鉄筋 (SD345) である。使用した CFRP ロッドは高弾性タイプのものであり、そのヤング係数は 442 GPa、引張強度は 1200 MPa である。本研究では、図-1 に示すように張出し床版を反転させ、上方から荷重を載荷させることによって負曲げ荷重を再現した。曲げ疲労載荷試験の模式図を図-2 に示す。試験体の寸法は高さ 160 mm×幅 250 mm×長さ 1850 mm である。支点間距離 1650 mm、曲げスパン 250 mm の対称 2 点集中載荷とした。すべての試験体は打設後、2 週間養生させ、補強材配置のためウォータージェットでコンクリート表層を切削し、CFRP ロッドを超早強モルタルで埋設した。モルタル打設後は再度、養生シートにて湿潤養生を行った。曲げ疲労載荷試験は繰返し載荷速度を 1 Hz とし、上限荷重は静的曲げ載荷試験で得られた最大荷重の 35%、60%、75%とし、下限荷重は 10%一定とした。繰返し回数は上限を 200 万回とし、1、10、100、1000、10000、100000、それ以降は 10 万回毎の繰返し回数後、たわみやひずみを計測するとともに、試験体側面のひび割れ状況を観察した。

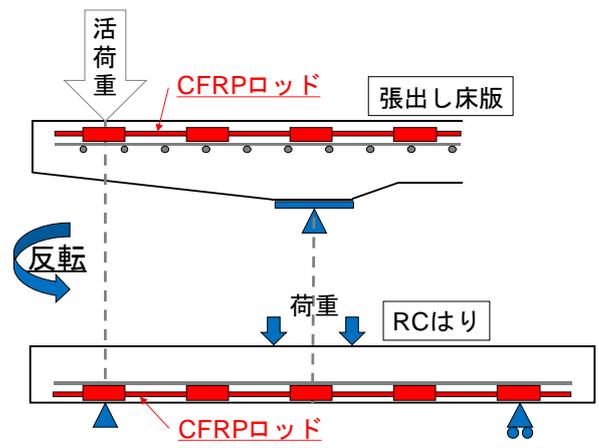


図-1 負曲げ荷重の再現方法

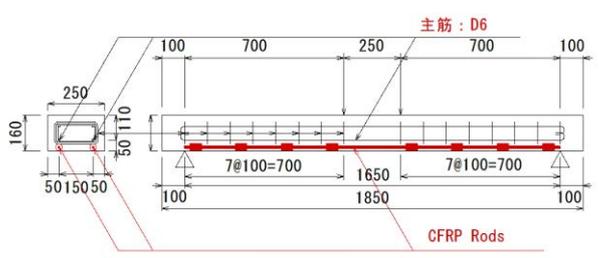


図-2 曲げ疲労載荷試験体

キーワード CFRP ロッド, RC 床版張出し部, 疲労

連絡先 〒755-0097 山口県宇部市常盤台 2 丁目 16-1 山口大学大学院創成科学研究科 TEL0836-85-9306

3. 結果と考察

3.1 曲げ疲労载荷試験

上限荷重 35 %, 60 %, 75 %, 各パラメータ 1 回ずつ曲げ疲労载荷試験を行った. すべての試験体が繰返し回数 200 万回に達し破壊に至らなかったため, CFRP ロッドを埋設した RC はりの高い疲労耐久性が確認できた. また, 繰返し载荷による CFRP ロッドのすべり破壊がなく, リブ付 CFRP ロッドの高い付着性能が確認できた. 荷重-中央たわみ関係を図-3 に示す. 上限荷重によらず繰返し回数が増加するにつれて, 载荷時と除荷時を結ぶ直線の傾きが緩やかになり, 繰返し载荷回数の増加に伴い傾きが概ね一定になった. そこで, 载荷~除荷過程における直線の傾きをたわみ剛性として検討した. 繰返し回数に伴うたわみ剛性を図-4 に示す. 繰返し回数約 40 万回以降において, たわみ剛性が概ね一定であることから, 繰返し载荷による疲労損傷の進展がほぼ収束したものと推察される.

3.2 残存耐力試験

曲げ疲労载荷試験後, 破壊に至らなかったすべての試験体について静的曲げ载荷試験を行い, 疲労载荷後の残存曲げ耐力を調べた. すべての試験において, 引張鉄筋が降伏した後, ロッドの破断によって試験体が破壊した. 試験後の詳細観察で, ひび割れ幅, 長さが最も大きい箇所でロッドが破断していることが確認された. 既往の研究における静的曲げ载荷試験²⁾と残存耐力試験で得られた曲げ耐力の結果を図-5 に示す. 最大で静的曲げ強度の 75 %相当の繰返し载荷を受けても, 曲げ耐力の低下はほとんどなく, CFRP ロッドを埋設した RC はりは, 疲労耐久性に優れることがわかった.

4. まとめ

本研究では, リブ付 CFRP ロッドを用いた RC はりの曲げ疲労载荷試験および残存耐力試験を行い, 試験体の疲労耐久性および残存耐力を調べた. 本研究のまとめを以下に示す.

- (1) 上限荷重 75 %でも载荷回数は 200 万回に達し, CFRP ロッドを埋設した RC はりの高い疲労耐久性が確認できた.
- (2) 曲げ疲労载荷試験において, リブ付 CFRP ロッドで補強した RC はりは, CFRP ロッドのすべりがなく, 高い付着性能が確認された.
- (3) 残存耐力試験の結果, 上限荷重 75 %でも静的曲げ载荷試験によって得られた曲げ耐力と概ね同等であり, 繰返し载荷による曲げ耐力の低下はほとんどなかった. また鉄筋降伏後, ひび割れ幅, 長さが最も大きい箇所の CFRP ロッドの破断によって RC はりが破壊したが, CFRP ロッドのすべりはみられなかった.

参考文献

- 1) Yoshitake I., Kim Y.J., Yumikura K. and Hamada S. (2010), Moving-wheel fatigue for bridge decks strengthened with cfrp strips subject to negative bending, *Journal of Composites for Construction*, ASCE, Vol.14, No.6, pp.784-790.
- 2) Hasegawa H., Hisabe N., Onari Y. and Yoshitake I. (2018), Improvement of mechanical shear resistance of high modulus CFRP rod with GFRP ribs, *The 9th International Conference on FRP Composites in Civil Engineering*, pp.785-793.

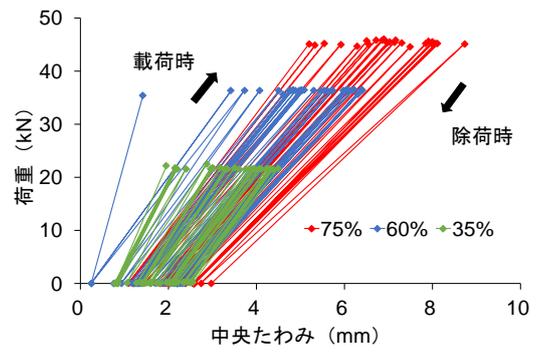


図-3 繰返し荷重-中央たわみ

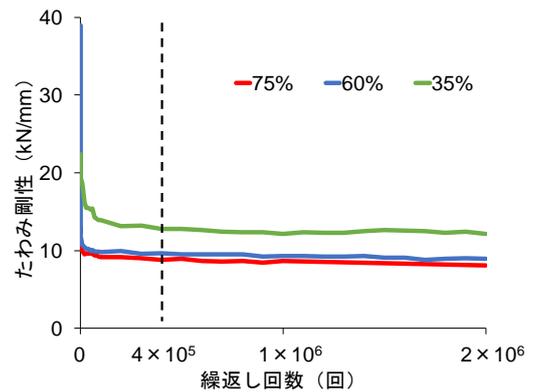


図-4 たわみ剛性-繰返し回数

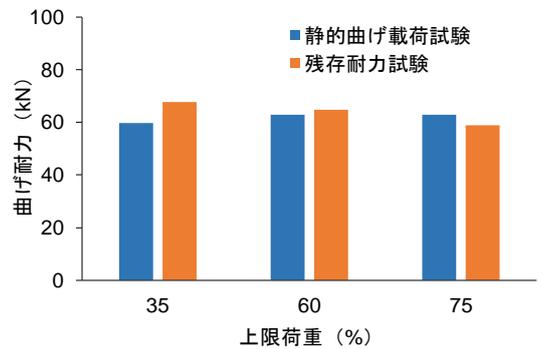


図-5 曲げ耐力結果