

応力履歴した CFS 補強 RC 床版の疲労特性および破壊メカニズム

日本大学大学院 学生員 ○工藤晶久, 日本大学 正会員 阿部 忠, 日本大学 正会員 木田哲量
日本大学 正会員 澤野利章, 日鉄コンポジット(株) 正会員 斉藤 誠

1. はじめに

道路橋 RC 床版の疲労損傷による劣化, あるいは塩害作用による劣化によりひび割れ損傷が増大している. 道路橋RC床版のひび割れ補修・補強法の一つに施工性, 工期短縮などの利点がある炭素繊維シート(CFS)接着工法が採用されている. そこで本研究では, CFS 補強 RC 床版の補強効果を評価するために, 未損傷の RC 床版底面を CFS 補強した供試体と応力履歴した RC 床版底面を CFS 補強した供試体を用いて, 輪荷重走行による疲労実験を行い, CFS の補強効果および耐疲労性を評価する.

2. 使用材料・寸法および補強方法

(1)使用材料

供試体のコンクリートには普通ポルトランドセメントと最大寸法 20mm の粗骨材を使用した. コンクリートの圧縮強度は 35N/mm^2 である. また, 鉄筋は SD295A, D10 を使用した. 次に, CFS は目付量 202g/m^2 , 厚さ 0.111mm の高強度連続カーボンシートを用いた. CFS の引張強度は 4420N/mm^2 である.

(2)供試体寸法および鉄筋の配置

供試体寸法および鉄筋の配置を図 1 に示す. RC 床版は, 複鉄筋配置とし, 4 辺単純支持とする. 供試体の寸法は現行示方書¹⁾の規定により設計し, 実橋 RC 床版の 1/2 モデルとした. 供試体の寸法は, 支間長を 120cm, 供試体の張り出し部は 13.5cm とし, 全長は 147.0cm である. 鉄筋の配置は, 引張側の軸直角方向および軸方向に D10 をともに 10.0cm 間隔で配置し, 有効高さをそれぞれ 10.5cm, 9.5cm とする. また, 圧縮側には引張鉄筋量の 1/2 を配置した.

3. 応力履歴に関する実験および損傷状況

(1)応力履歴の実験方法

実験供試体は, 現行示方書¹⁾の規定に基づいて設計し, その 1/2 モデルとしたことから活荷重は 50kN であり, 安全率 1.2 を考慮した場合の荷重は 60kN である. したがって, 応力履歴は 60kN の荷重で 4 万回の疲労実験を行った. 走行範囲は, 床版中央から両支点方向に 45cm (全長 90cm) とする. 走行範囲を図 1 に併記した.

(3)応力履歴RC床版のCFS接着補強法

応力履歴を受けた RC 床版の CFS 補強は, 供試体の上面を輪荷重が走行する方向を軸方向とすると, 軸方向の支間内に1層, 軸直角方向の支間内に1層貼り付けした. CFS 接着手順を図 2 に示す.

4. CFS 補強 RC 床版の補強効果に関する疲労実験

(1)実験方法

CFS 補強 RC 床版の疲労実験は, まず荷重 60kN で 2 万回走行の疲労実験を行い, その後荷重を増加し, 2 万回の疲労実験を行う. これを供試体が破壊するまで荷重増加と走行を繰り返し行う. 走行範囲は応力履歴に関する疲労実験と同様である.

(2)等価走行回数

本実験における走行疲労実験は, 2 万回ごとに荷重を増加したことから, 等価走行回数を算出して疲労耐用性を評価する. 等価走行回数は, マイナー則に従うと仮定すると式(1)で与えられる. 本研究にお

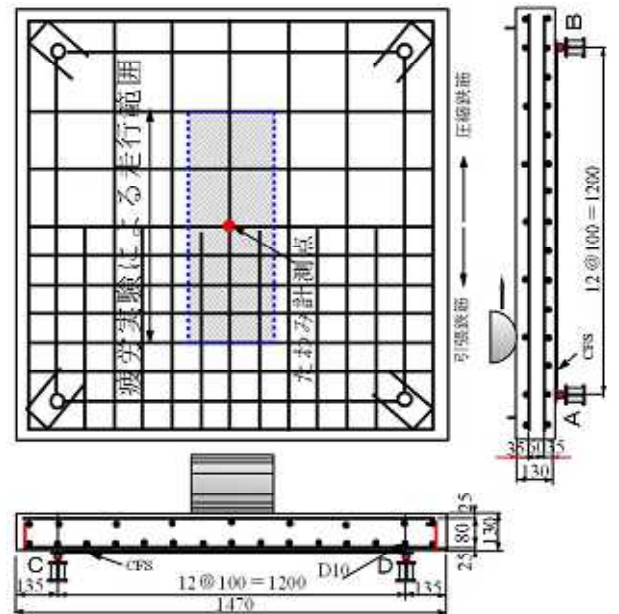


図 1 供試体寸法および鉄筋配置

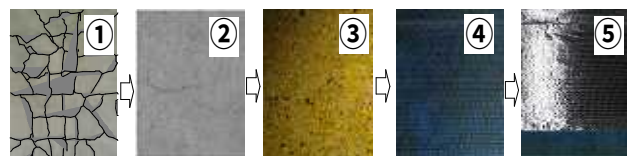
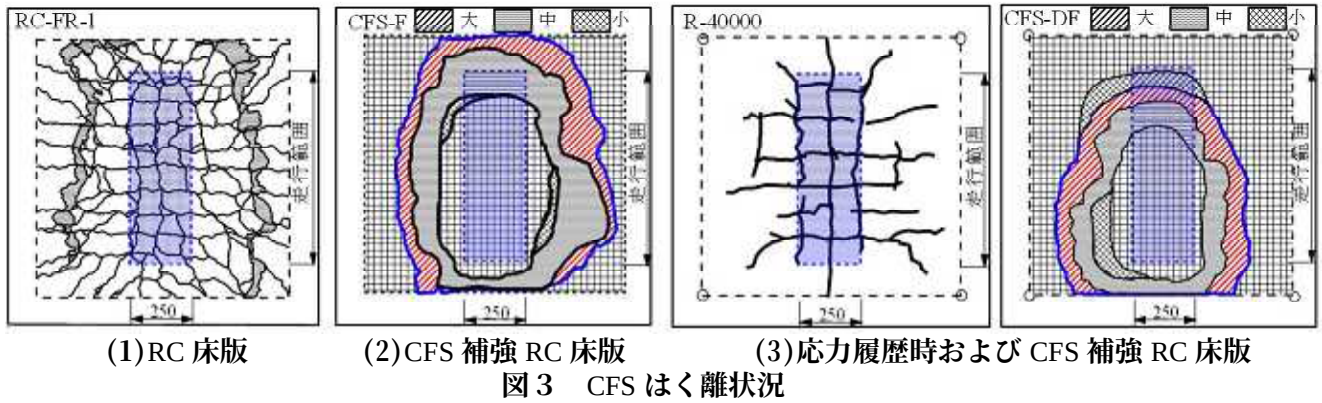


図 2 CFS 補強手順

キーワード CFS 補強, RC 床版, 走行疲労実験, 等価走行回数

連絡先 〒 275-8575 習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部土木工学科

TEL 047-474-2459



ける S-N 曲線の傾きの逆数 m には、松井らが提案する S-N 曲線²⁾の傾きの逆数 12.7 を適用する。

$$N_{ep} = \sum (P_i/P)^m \times n_i \quad (1)$$

ここで、 N_{ep} ：等価走行回数（回）、 P_i ：载荷荷重（kN）、 P ：基準荷重（kN）、 n_i ：実験走行回数（回）、 m ：S-N 曲線の傾きの逆数（= 12.7）

5. 結果および考察

(1)等価走行回数

本実験における RC 床版の等価走行回数の平均は 6×10^6 回である。また、未損傷の RC 床版に CFS 補強した供試体の等価走行回数は 163×10^6 回であり、無補強 RC 床版の 27 倍の走行回数となった。次に、CFS 補強 RC 床版の応力履歴時の等価走行回数は、設計荷重で 4 万回走行したことから等価走行回数も 4 万回であり、応力履歴した RC 床版に CFS 補強した供試体の等価走行回数は 112×10^6 回である。未損傷の CFS 補強 RC 床版と比較すると応力履歴を受けることにより等価走行回数が 30%低下した。なお、RC 床版と比較すると 19 倍の等価走行回数となった。

(2)ひび割れ損傷

RC 床版および CFS 補強 RC 床版の破壊状況を図 3 に示す。RC 床版は図 3 (1)に示すように、輪荷重走行位置から軸直角方向 45 度底面は、ダウエル効果の影響によりはく離している。ひび割れは鉄筋配置位置に発生している。最終的には輪荷重が走行中に押抜きせん断破壊となった。また、未損傷 RC 床版に CFS 補強した供試体は図 3 (2)より RC 床版がダウエル効果が及ぼす範囲ではく離破壊している。次に、応力履歴時のひび割れ損傷は図 3 (3)に示すように、軸方向および軸直角方向の走行荷重が作用した底面に発生している。この状態で供試体に CFS を軸方向および軸直角方向に 1 層ずつ接着したが、破壊時は図 3 (3)に示すように橋軸直角方向のダウエル効果が及ぼす範囲ではく離が著しい。破壊は輪荷重が走行中に RC 床版が押抜きせん断破となり、

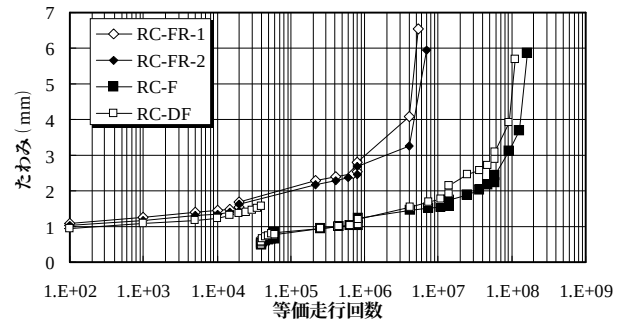


図4 たわみと等価走行回数の関係

同時に CFS がはく離した。なお、CFS の破断は見られない。

(3)たわみと等価走行回数の関係

たわみと等価走行回数の関係を図 4 に示す。RC 床版供試体は荷重 100kN を载荷し、等価走行回数 0.44×10^6 回付近からたわみが急激に増加して破壊に至った。最大たわみは 6.5mm である。次に、未損傷 RC 床版は、等価走行回数 58×10^6 回走行付近からたわみが増加し、最大たわみは 5.8mm である。応力履歴を受けた CFS 補強 RC 床版は残留ひずみ 0.66mm を初期値とした。荷重 110kN 载荷し、等価走行回数 58×10^6 回付近からたわみの増加が著しい。最大たわみは 5.7mm である。

6. まとめ

- ①応力履歴を受けた RC 床版底面に直接 CFS 補強した場合、RC 床版に比して 19 倍の等価走行回数となった。しかし、たわみが 3mm 以上になると急激にたわみの増加が著しくなり、この時点で二次補修の検討が必要となるものと考えられる。
- ②破壊状況は押抜きせん断破壊となり、ダウエル効果が及ぼす範囲で CFS ははく離した。

参考文献

- 1) 日本道路橋会：道路橋示方書・同解説 I, II, III, 2004
- 2) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理, 森北出版, 2007.