

炭素繊維ストランドシート補強したRC床版の耐疲労性および破壊状況

日本大学大学院 学生員○元 燦豪 日本大学 正会員 阿部 忠 木田哲量
日鉄コンポジット(株) 正会員 小森篤也 日本大学研究所 正会員 西林聖武

1. はじめに

2007年に米国ミネソタ州で起きた橋梁崩落事故後に国土交通省では、老朽化する道路橋の増大に対応するために「橋梁長寿命化修繕計画策定事業」が進められ、地方公共団体においては支間15m以上の橋梁を対象とした点検が実施されている。橋梁事故の事例からも、道路橋部材の中で最も劣化損傷が著しい部材はRC床版であるといわれている。RC床版の補修・補強法の一つに、連続繊維シート(CFS)補強工法があるが、CFS補強法においては上面より浸透した雨水が接着界面に耐水することや、目視点検が困難であることから炭素繊維ストランドシート(CFストランド)を格子状に接着する補強が提案されている。そこで本研究では、通常のRC床版とCFストランドを格子状に接着した補強RC床版供試体を用いて輪荷重走行による疲労実験を行い耐疲労性および破壊状況を検証した。

2. 供試体概要および実験方法

(1) 使用材料 RC床版部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 30N/mm^2 である。また、鉄筋はSD345A, D13を使用し、降伏強度は 370N/mm^2 、引張強度およびヤング係数は、それぞれ 511N/mm^2 、 200kN/mm^2 である。また、CFストランドは、炭素繊維シートに樹脂を含浸・硬化させ、すだれ状に加工したものであり、目付量 600g/m^2 、厚さ 0.333mm 、引張強度 3400N/mm^2 である。接着剤には、エポキシ系樹脂接着剤を用いた。

(2) 供試体寸法および鉄筋配置 RC床版供試体の寸法は全長1600mm、支間1400mm、厚さ150mmの等方性板とした。供試体寸法および鉄筋配置を図-1に示す。鉄筋は複鉄筋配置とし、引張側は軸直角方向および軸方向ともに120mm間隔に配置した。また、圧縮側の鉄筋量は引張鉄筋量の1/2とした。軸直角方向および軸方向の有効高さは、それぞれ125mm、112mmとした。

(3) CFストランド接着工法 CFストランドの設計量は、通常RC床版の補修・補強法で使用されているCFS

を軸直角方向および軸方向全面に各1層接着した場合の設計量と同等とした。CFストランド補強手順を図-2に示す。下地処理として、RC床版の底面をコンクリートサンダーで研磨し、表面の不純物を除去し、平滑に仕上げる(図-2, 1))。次に、長さ1300mm、幅50mmのCFストランドを100mm間隔で軸直角方向に、エポキシ系接着剤で接着し、養生を24時間行った(図-2, 2))。さらに、軸方向にも軸直角方向と同様に接着した(図-2, 3))。なお、RC床版供試体をRC、CFストランド補強したRC床版供試体をRC.CFとする。

(4) 実験方法 本実験におけるCFストランド接着補強RC床版の耐疲労性評価は、輪荷重走行疲労実験により行う。輪荷重(幅300mm、直径400mm)の走行範囲は床版中央から $\pm 50\text{cm}$ の範囲を軸方向に連続走行させる。荷重は100kN、120kN、140kNで2万回走行させ、荷重140kN以降は2万回走行ごとに荷重を10kNずつ増加させる。

(5) 等価走行回数 本実験における輪荷重走行疲労実験は、2万回ごとに荷重を増加させたことから等価走行回数を算出して疲労耐久性を評価することとする。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。式(1)における補強されたRC床版の耐疲労性評

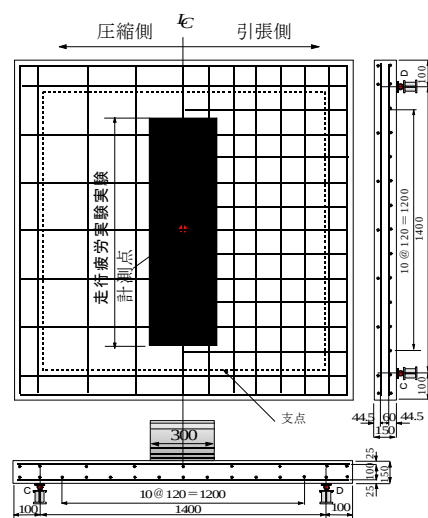


図-1 供試体寸法



図-2 補強方法

キーワード: RC床版, CFストランド, 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

価の m には、松井らが提案する RC 床版の S-N 曲線の傾きの逆数である 12.7 を適用する¹⁾。なお、本実験装置の輪荷重幅は 30cm であり、実車両の 60 % に相当する。したがって、基準荷重 P は活荷重 100kN の 60 % の 60kN に安全率 1.2 を乗じた荷重 72kN とする。

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

ここで、 N_{ep} ：等価走行回数(回)、 P_i ：載荷荷重(kN)、 P ：基準荷重(= 72kN)、 n_i ：実験走行回数(回)、 m ：S-N 曲線の傾きの逆数(= 12.7)

3. 結果および考察

(1) 等価走行回数 輪荷重走行疲労実験における等価走行回数および破壊モードを表-1に示す。RC 床版供試体の等価走行回数は 5.23×10^6 回、供試体 RC.CF-1、2 の等価走行回数は、それぞれ 302.19×10^6 回、 346.06×10^6 回である。RC 床版に比して、CF ストランド補強した供試体の等価走行回数は、それぞれ 57.8 倍、66.1 倍となった。以上のことから、CFS ストランド補強した RC 床版は、無補強 RC 床版に比して耐疲労性が高く評価された。

(2) 等価走行回数とたわみの関係 本実験における等価走行回数とたわみの関係を図-3に示す。RC 床版供試体は、等価走行回数 4.58×10^6 回でたわみが 3.4mm となり、その後の走行で急激にたわみが増加して破壊した。CF ストランド補強した供試体 RC.CF-1、2 のたわみが 3.4mm 付近の等価走行回数 106.3×10^6 回であり、たわみが 3.4mm に達した場合の等価走行回数を比較すると 23 倍となった。たわみが 3.5mm を超えた付近以降の走行によって、たわみの増加が著しくなり、破壊に至った。したがって、RC 床版を CF ストランドで補強することにより、たわみが大幅に抑制され、耐疲労性も大幅に向上している。なお、RC 床版および CF ストランド補強した RC 床版ともにたわみが床版支間 L の $1/400$ を超えるとたわみの増加が著しくなることから、たわみが床版支間 L の $1/400$ を超えた頃が補修時期であると考えられる。

(3) 破壊状況 輪荷重走行疲労実験にける供試体底面の破壊状況を図-4に示す。RC 床版の破壊状況は図-4(1)に示すように軸直角方向に配置した鉄筋位置にひび割れが発生し、また軸方向にも発生している。輪荷重走行面から 45 度分布した底面にはダウエル効果が及ぼす範囲ではく離している。なお、破壊モードは輪荷重が走行中に押抜きせん断破壊となった。

表-1 等価走行回数と破壊モード

供試体	等価走行回数 (N_{ep})	等価走行回数比 RC.CF/RC	破壊モード
RC	5,232,208	—	押抜きせん断破壊
RC.CF-1	302,190,221	57.8	押抜きせん断破壊
RC.CF-2	346,064,263	66.1	押抜きせん断破壊

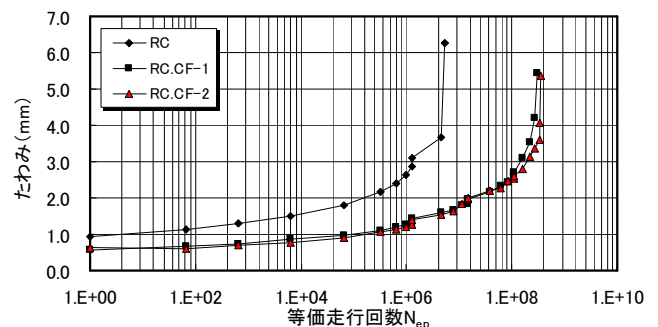
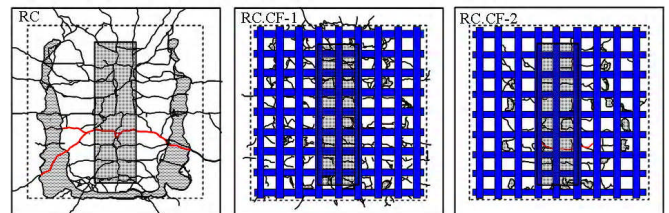


図-3 等価走行回数とたわみの関係



(1) RC床版 (2) CFストランド補強RC床版

図-4 破壊状況

また、CF ストランド補強した RC 床版は格子状に貼り付けた CF ストランドに沿ったひび割れが発生している。格子状に貼り付けすることから目視点検におけるひび割れの確認も可能である。また破壊時には、CF ストランドのはく離は見られるものの破断には至っていない。破壊は押抜きせん断となった。

5. まとめ

①等価走行回数は、無補強の RC 床版に比して、CFS ストランドにより補強した場合、57.7 倍～ 85.5 倍となり、補強効果が得られた。したがって、道路橋 RC 床版の補修・補強法においては従来型の CFS 補修・補強法と同様に CF ストランドを格子状に接着し補強することにより、疲労耐久性が向上する。

②等価走行回数とたわみの関係では、RC 床版に比して CF ストランド補強した RC 床版は、たわみの増加が抑制され、耐疲労性が向上した。よって、CF ストランドを格子状に接着する補修・補強工法は効率性がある。

参考文献

- 1) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理、森北出版、2007。