

CFS補強およびせん断筋補強したRC床版の耐疲労性に関する研究

日本大学大学院 学生員 ○元 燦豪
日本大学 正会員 阿部 忠

1. はじめに

道路橋 RC 床版は、大型車両の繰返し作用による疲労劣化により、陥没、すなわち押抜きせん断破壊となる。RC 床版の押抜きせん断破壊は輪荷重載荷位置から 45° の斜めひび割れが発生し、脆性的な破壊となる。一方、押抜きせん断破壊に起因する斜めひび割れを防止する補強法としてせん断筋を挿入する補強法が提案され、耐疲労性が評価されている¹⁾。

そこで本研究では、RC 床版にせん断筋を挿入する補強法の耐疲労性を検証するために RC 床版供試体の走行範囲にせん断筋を挿入し、輪荷重走行疲労実験を行い、同一寸法を有する RC 床版供試体および床版下面に CFS 接着補強した RC 床版供試体と比較し、補強効果および耐疲労性を検証するとともに、RC 床版の設計法への適用性について検証する。

2. 使用材料・供試体寸法および補強方法

(1) 使用材料

1) RC床版：RC 床版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 5mm 以下の砕砂および 5mm ～ 20mm の砕石を使用した。コンクリートの圧縮強度は 30N/mm^2 である。鉄筋には SD295A, D13 を使用した。鉄筋の材料特性値は、降伏強度が 370N/mm^2 、引張強度が 511N/mm^2 、ヤング係数が 200kN/mm^2 である。ここで、RC 床版供試体の記号を RC-1, 2 とする。

2) 炭素繊維シート (CFS)：CFS は目付量 200g/m^2 、設計厚 0.111mm のものを使用した。材料特性値は、引張強度が $4,420\text{N/mm}^2$ 、ヤング係数が 235kN/mm^2 である。ここで、CFS 補強した供試体の記号を CFS-1, 2 とする。

3) せん断補強筋：せん断補強筋には D13 を使用した。材料特性値は、降伏強度 370N/mm^2 、引張強度 511N/mm^2 、ヤング係数 200kN/mm^2 である。また、鉄筋を接着するためにエポキシ樹脂接着剤を使用した。エポキシ樹脂接着剤の圧縮強度は 102.88N/mm^2 、圧縮弾性係数 3976.4N/mm^2 、曲げ強さ 41.16N/mm^2 、引張せん断強さ 14.86N/mm^2 、コンクリート付着強さ 3.7N/mm^2 である。ここで、せん断補強筋を挿入した供試体の記号を RC-r1, 2 とする。

(2) 供試体寸法および鉄筋の配置

供試体の床版厚は道路橋示方書・同解説²⁾の規定に基

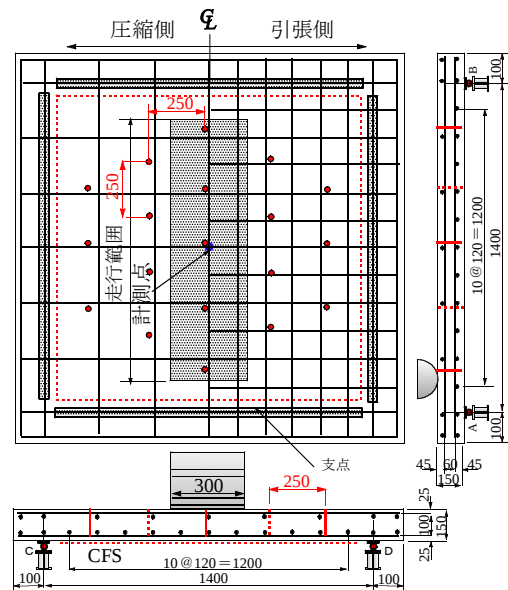


図-1 供試体寸法および鉄筋配置

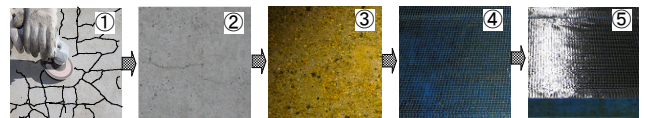


図-2 CFS補強方法

づいて、大型自動車の 1 日 1 方向あたりの計画交通量 2000 台以上を想定し、その 3/5 モデルとした。よって、供試体寸法は全長 1600mm、支間 1400mm、床版厚 150mm とした。鉄筋は複鉄筋配置とし、引張側は軸方向および軸直角方向ともに 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、軸および軸直角方向の有効高さは、それぞれ 125mm, 105mm とした。供試体寸法および鉄筋配置を図-1に示す。

(3) 補強方法

1) CFS補強方法：RC 床版供試体の底面を平滑に仕上げる(図-2①, ②)。次に、表面仕上げした後、コンクリートと CFS の付着性を高めるためにプライマーを塗布させ、24 時間養生を行う(図-2③)。その後、幅 500mm の CFS をエポキシ含浸樹脂で軸直角方向に全面接着し、24 時間養生を行う(図-2④)。同様に、軸方向に 2 層目を接着する(図-2⑤)。

2) せん断筋補強方法：床版のコンクリート表面をドリル ($\phi 15\text{mm}$) で穿孔する(図-3①)。次に、接着性を高めるためにブローアとブラシを用いて孔内清掃をする

キーワード：RC 床版, CFS 補強, せん断筋補強, 輪荷重走行疲労試験, 耐疲労性

連絡先：〒 275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学 生産工学部 土木工学科 TEL 047-474-2459

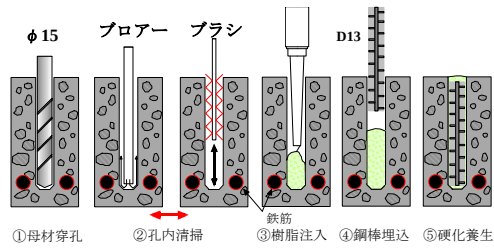


図-3 せん断筋補強方法

(図-3②)。その後、コア内にエポキシ樹脂接着剤を注入(図-3③)し、せん断補強筋(D13)を引張鉄筋配置まで挿入し(図-3④)、硬化養生する(図-3⑤)。また、せん断筋は床版中央から250mmの間隔で千鳥配置とする。ここで、鉄筋配置位置を図-1に併記した。

3. 実験方法および等価走行回数

(1) 輪荷重走行疲労実験

輪荷重走行疲労実験は、床版中央から±500mmの範囲に輪荷重を連続走行させる実験である。荷重載荷方法は、100kNから140kNまで2万回走行ごとに20kNずつ増加させ、140kN以降は各2万回走行ごとに荷重を10kNずつ増加する段階荷重とした。

(2) 輪荷重走行実験における等価走行回数

本実験では荷重を段階荷重載荷としたことから等価走行回数を算出して耐疲労性を評価する。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。また、松井らが提案するS-N曲線の傾きの絶対値の逆数mには12.7を適用する³⁾。

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

ここで、 N_{eq} ：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)

4. 実験結果および考察

(1) 輪荷重走行疲労実験における等価走行回数

RC床版、CFS補強およびせん断筋を挿入したRC床版供試体それぞれの等価走行回数(式(1))を表-1に示す。RC床版供試体RC-1, 2の平均等価走行回数は 12.81×10^6 回である。また、CFS下面接着補強した供試体CFS-1, 2の平均等価走行回数は 258.12×10^6 回であり、RC床版の20.1倍の補強効果となった。次に、せん断筋を挿入した供試体RC-r1, 2の平均等価走行回数は 468.91×10^6 回であり、RC床版供試体の等価走行回数の36.6倍の補強効果が得られた。また、CFS補強した供試体と比較すると1.8倍の補強効果が得られた。したがって、せん断筋を挿入する補強法は、RC床版およびCFS補強供試体の等価走行回数を上回っていることから耐疲労性が評価される結果となった。

表-1 等価走行回数

供試体	等価走行回数	平均等価走行回数	走行回数比
RC-1	11,238,624	12,814,782	—
RC-2	14,390,941		
CFS-1	258,123,028	258,123,028	20.1
CFS-2	269,521,233		
RC-r1	437,207,274	468,911,057	36.6
RC-r2	500,614,840		

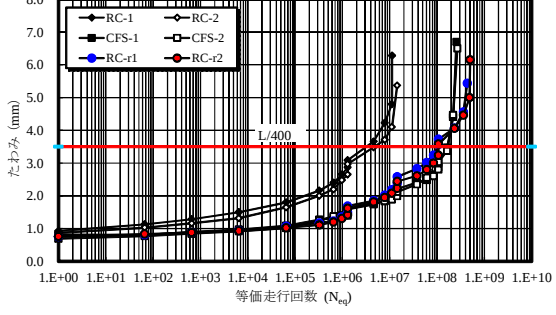


図-4 たわみと等価走行回数の関係

(2) たわみと等価走行回数の関係

本実験におけるたわみと等価走行回数の関係を図-4に示す。RC床版供試体は荷重増加と走行を繰返すことによりたわみが緩やかに増加し、3.5mmを超えた付近からたわみの増加が著しくなり、破壊に至っている。また、CFS補強した供試体はCFS接着により曲げ剛性が向上し、たわみの増加が抑制されている。次に、せん断筋補強RC床版供試体は3.5mm付近まではCFS補強した供試体を上回っているものの3.5mmを超えた後も急激なたわみの増加は見られない。以上より、せん断筋補強をすることでたわみの増加が抑制され、等価走行回数も増加し、耐疲労性の向上が図られた。

5. まとめ

① RC床版供試体の等価走行回数に比してCFS補強RC床版供試体は20.1倍、せん断補強筋を挿入したRC床版供試体は36.6倍となり、せん断筋を挿入することで輪荷重走行により発生する水平ひび割れや斜めひび割れの伸展が抑制され、耐疲労性の向上が図られた。なお、設計時にせん断筋を配置することで耐疲労性の向上が図られるものと考えられる。

②たわみと等価走行回数の関係においては、RC床版に比してせん断筋を挿入することでたわみの増加が抑制され、耐疲労性が大幅に向上する結果となった。

参考文献

1) 山下順平, 阿部忠, 木田哲量, 高野真希子, 児玉孝喜: せん断補強筋を配置したSFRC・CFSS併用補強RC床版の耐疲労性の評価, 土木学会第67回年次学術講演会, 第I部門, pp.1169-1170(2012.9)
2) 日本道路橋会, 道路橋示方書・同解説I, II, III, (2004)
3) 松井繁之: 道路橋床版 設計・施工と維持管理, 森北出版, (2007)