

有効高を考慮して CFRP 格子筋を配置した下面増厚補強法の耐疲労性に関する研究

日本大学大学院 学生会員 ○小森 篤也
日本大学生産工学部 正会員 阿部 忠

1. はじめに

道路橋 RC 床版の補強法として、床版下面に鉄筋を配置しポリマーセメントモルタル（以下 PCM という）で増厚する下面増厚法がある。しかし、この補強法では鉄筋を配置することで死荷重の増大と発錆が懸念されることから、近年、軽量で施工性に優れている炭素繊維（CFRP）格子筋が開発されている。従来、これらの補強材は、施工面に直接接触させ施工されているが、本研究では薄層で施工可能な CFRP 格子筋の特徴を生かし、下面増厚断面内でできる限り下縁に設置し有効高さを確保した場合の耐疲労性を評価する。さらに、増厚界面および CFRP 格子筋に打ち継ぎ用エポキシ樹脂接着剤を塗布した RC 床版の耐疲労性を輪荷重走行試験より評価する。

2. 供試体の概要

(1) RC 床版の諸元 RC 床版供試体は、道路橋示方書（2002 年改訂）¹⁾に準拠して設計し、その 1/2 モデルとした。実験時のコンクリートの圧縮強度は 35N/mm²である。鉄筋は SD295A を使用し、鉄筋配置などの詳細は図-1 に示す。また、実橋における劣化部コンクリートの除去を想定し、予め 15mm 厚で床版下面を凹形状で箱抜きした。

(2) 供試体の種類と諸元 CFRP 格子筋は厚み 4mm、格子間隔 50mm のものを使用した。ここで、CFRP 格子筋の諸元を表-1 に示す。格子筋は増厚界面から 10mm のスペーサーを挿入して配置し、有効高さ 127mm とした。また、実験には接着剤を用いず施工した供試体 RC-C と、同条件で接着剤を使用した供試体 RC-C.A の 2 種類に加え、無補強で床版厚 130mm とした RC 床版 RC-1 の計 3 体を作成した。ここで、供試体の施工断面を図-2 に示す。なお、格子筋および増厚範囲は支間内における 1,100mm 角とする。

(3) 供試体の作成方法 箱抜かれた RC 床版の増厚施工面をディスクサンダーで表面処理しエアブローにて清掃する。次に、格子筋設置用のアンカー穴を穿孔し、ポリスチレンアクリルエマルジョン系プライマーまたは、打ち継ぎ用エポキシ樹脂接着剤を増厚界面に塗布

する。接着剤の硬化前に CFRP 格子筋を設置し機械式アンカーで固定、増厚のための PCM を混練、吹付け工法にて施工を行い表面仕上げする。材料諸元を表-2 に示す。

3. 載荷方法と等価走行回数の算定方法

輪荷重走行実験による載荷方法は、初期走行荷重を 80kN とし、20,000 回走行ごとに 20kN ずつ増加させる段階荷重載荷とする。

本実験では段階荷重載荷としたことから、等価走行回数 Neq を算出して耐疲労性を評価する。等価走行回数 Neq は、マイナー則に従うと仮定すると、式(1)で与えられ、式(1)に適用する S-N 曲線の傾きの逆数 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 12.7 を適用する²⁾。また、RC 床版供試体は、道示に規定に準拠し、その 1/2 モデルであることから、基準荷重は活荷重 100kN の 1/2 に安全率 1.2 を考慮した 60kN とし、等価走行回数を算定する。

$$Neq = \sum_{i=1}^n (P_i/P)^m \times N_i \quad (1)$$

ここで、 Neq : 等価走行回数(回)、 P_i : 載荷荷重(kN)、 P : 基準荷重: 60kN、 n_i : 実験走行回数(回)、 m : S-N 曲線の傾きの逆数(=12.7) とする。

表-1 CFRP 格子筋の諸元

補強材	引張強度 (N/mm ²)		引張弾性率 (GPa)	断面積 (mm ²)	本数/m	引張剛性 (kN・mm)	実測厚み (mm)
	横	縦					
CFRP格子筋	653	630	103.7	17.5	20	36.30	4

表-2 PCM と接着剤の諸元

W/C (%)	骨材他 (kg/m ³)	セメント (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	圧縮強度 (N/mm ²)	接着強度 (N/mm ²)	一面せん断強度 (N/mm ²)
32	937.5	937.5	300	44.3	2.61(接着剤なし) 2.38(接着剤あり)	5.74(接着剤なし) 9.75(接着剤あり)

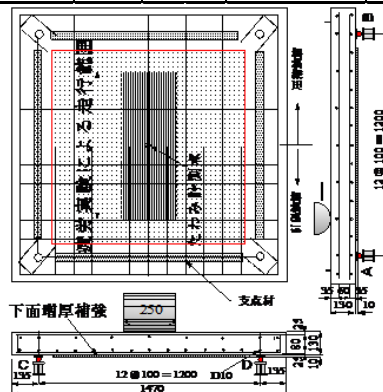


図-1 床版の詳細

キーワード：輪荷重走行試験機、耐疲労性、RC 床版、有効高さ、CFRP 格子筋

連絡先：〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学大学院 生産工学研究科 TEL:047-474-2459

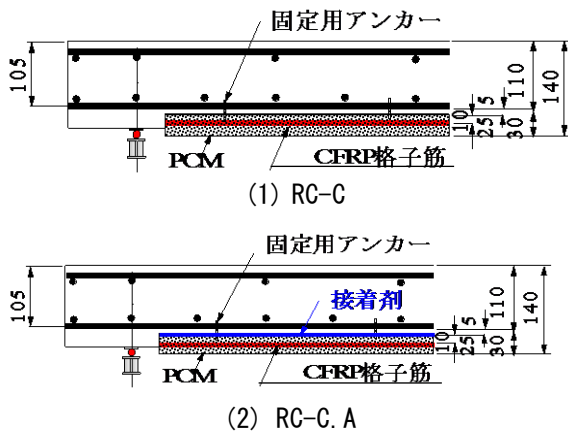


図-2 施工断面

表-3 実験等価走行回数

供試体	荷重と実走行回数				等価走行回数	走行回数比
	80kN	100kN	120kN	130kN		
RC-1	20,000	10,010	---	---	7,347,504	1
RC-C	20,000	20,000	6,880	---	59,688,956	8.1(1)
RC-C.A	20,000	20,000	20,000	1,091	167,051,536	22.7(2.8)

4. 実験結果

(1) 等価走行回数

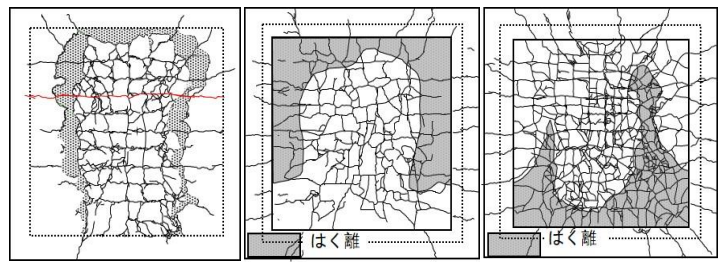
等価走行回数を表-3に示す。同表より、2種類の下面増厚供試体とも補強材には同じ性能を持つCFRP格子筋を設置したが、無補強のRC-1供試体に比してRC-C供試体は8.1倍、接着剤を使用したRC-C.A供試体は22.7倍の等価走行回数となり耐疲労性の向上が確認された。

(2) 破壊形状

各供試体の床版下面の破壊形状およびはく離状況を図-3に示す。同図より、RC-C.A供試体はRC-C供試体に比してひび割れ間隔が細かく、床版鉄筋位置に加えCFRP格子筋の50mm間隔にも発生している。これは、接着剤の効果により既存RC部と増厚部との一体性が確保されたことにより、ひび割れの分散に寄与したため考えられる。また、破壊後の打音検査においては、RC-C.A供試体はRC-C供試体よりもはく離が面積は少ない。なお、両供試体とも、破壊前の走行中には増厚部のはく離は発生していない。

(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。同図より、RC-1供試体の初期載荷時(80kN)のたわみは0.95mmであり、同載荷時の供試体RC-Cのたわみは0.75mm、RC-C.Aは0.62mmであり載荷初期から下面増厚補強床版のたわみは小さい。その後、輪荷重走行および荷重増加によりたわみは緩やかに増加している。荷重100kN時のたわみは供試体RC-1にて2.7mmであり10,010回走行後に押抜きせん断破壊に至った。一方、100kN時のたわみはRC-C供試体では1.63mm、RC.C.A供試体で



(1)RC-1

(2) RC-C

(3) RC-C.A

図-3 床版下面の破壊状況

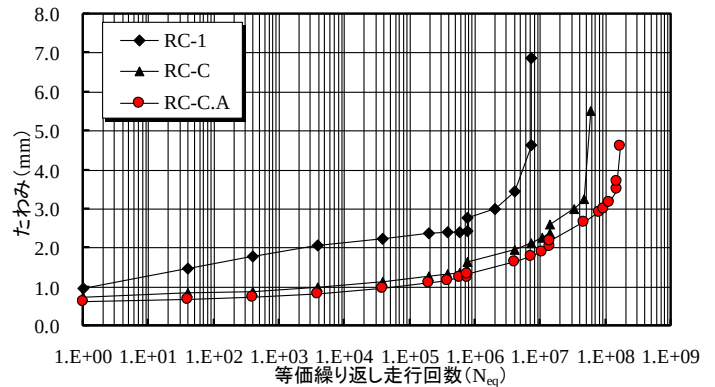


図-4 たわみと等価走行回数の関係

は1.33mmとなり同様の傾向を示している。さらに120kNに荷重を増大させたときの供試体RC-Cのたわみは2.60mm、供試体RC-C.Aのたわみは2.18mmであった。供試体RC-C.Aでは130kN載荷時のたわみは3.71mmであった。なお、すべての供試体においてたわみ3mm付近から急激な増加がみられる。

5. まとめ

CFRP格子筋の有効高さを変化させ、接着剤の使用有無による2種類の下面増厚RC床版を、無補強RC床版と共に輪荷重走行試験にて評価した結果、以下の知見が得られた。

- (1) 接着剤を使用した供試体は、使用しない供試体に比して2.8倍の等価走行回数となり、接着剤を使用することにより耐疲労性の向上が確認された。また、ひび割れは、はく離が抑制されたことにより格子筋に沿って細かく発生し変化が見られた。
- (2) たわみによる評価では、載荷初期から2種類のCFRP格子筋下面増厚供試体は、無補強供試体よりもいずれもたわみが抑制され、その傾向は破壊に至るまで継続した。また、すべての供試体でたわみが3mmを超えた付近より急激な増加が見られた。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，(2002)
- 2) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理，出版，(2007)