

増厚界面に接着剤を塗布した下面増厚補強における耐疲労性の評価

日本大学大学院 学生会員 ○及川裕介 日本大学 正会員 阿部 忠
日本大学大学院 学生会員 小森篤也

1. はじめに

高度経済成長期に建設された道路橋 RC 床版は、鉄筋のかぶり不足やかぶりコンクリートのはく離などの損傷事例が報告されている¹⁾。床版下面の損傷に対する補強対策として、鉄筋を配置し、ポリマーセメントモルタル（以下 PCM という）吹付けによる下面増厚補強が行なわれている。しかし、増厚層内に鉄筋を配置した場合は、主筋と配力筋とが交差することから増厚層が厚くなり、死荷重の増大や塩害地域では発錆が懸念される。一方、鉄筋に替わる補強材として、軽量で施工性に優れている炭素繊維（CFRP）格子筋が開発された。そこで本研究では、増厚界面に接着剤を塗布し、補強材に CFRP 格子筋を配置した下面増厚補強法における補強効果および耐疲労性を評価する。

2. 供試体の諸元および補強法

2.1 供試体の諸元

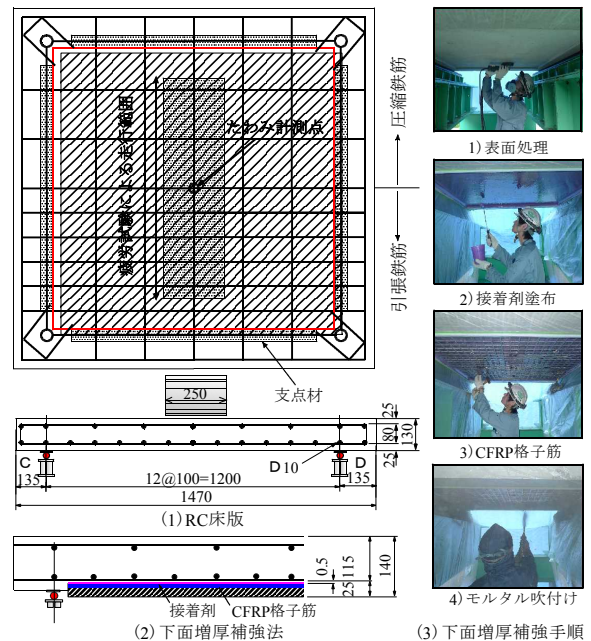
(1)RC 床版供試体 実験に用いる供試体は、2002 年改訂の道路橋示方書・同解説²⁾（以下道示という）の規定に準拠し、1/2 モデルとする。よって、供試体の寸法は、全長 1,470mm、床版厚 130mm とする。鉄筋は複鉄筋配置とし主鉄筋に D10 を 100mm 間隔で配置し、有効高を 105mm とする。また、圧縮側には引張鉄筋量の 1/2 を配置する。ここで供試体寸法を図－1(1)に示し、無補強の RC 床版供試体の名称を RC-1 とする。

(2)下面増厚補強床版供試体 補強床版供試体の寸法は、RC 床版供試体寸法と同様である。下面増厚部の寸法は、支間内側の 1,100×1,100mm15mm とし、床版全厚を 140mm とする。ここで、補強材の配置位置および寸法を図－1(2)に示す。

2.2 使用材料

(1)RC 床版供試体の使用材料 RC 床版供試体および下面増厚補強床版に用いるコンクリートには、普通ポルトランドセメントと 5mm 以下の砕砂および 5mm から 20mm の砕石を使用する。鉄筋には SD295A、D10 を用いる。実験時における床版コンクリート圧縮強度は 35N/mm² である。鉄筋の材料特性値はミルシートより降伏強度 370N/mm²、引張強度 511N/mm² である。

(2)CFRP 格子筋 CFRP 格子筋は高い強度と弾性率（引張強度 1,902N/mm²、引張弾性率 103GPa）を有する。鉄筋と比較し、断面が薄く、軽量であるために施工性にも優れて、耐食性能も高い材料である。供試体には 50mm×50mm、



図－1 供試体寸法および補強手順

表－1 PCMの物性値

W/C (%)	骨材他 (kg/m ²)	結合材 (kg/m ²)	水 (kg/m ²)	付着強度 (N/mm ²)	せん断強度 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)
32	937.5	937.5	300	2.61(プライマー) 2.38(接着剤)	5.74(プライマー) 9.75(接着剤)	44.3

厚さ 4mm の CFRP 格子筋を用いる。

(3)PCM 増厚材料には市販品の PCM を用いる。ここで、PCM の物性を表－1 に示す。

(4)界面の処理 RC-C 供試体は、付着性を高めるために増厚界面にアクリルエマルジョン系プライマー（以下プライマーという）を用いる。次に、界面コンクリートと PCM との付着性を高めるためにエポキシ系接着剤を平均 0.5mm 厚相当で塗布する。エポキシ系接着剤の実験時における付着強度は 2.38N/mm² である。

2.3 下面増厚補強法

供試体製作方法を図－1(3)に示す。RC 床版供試体の下面コンクリートをサンダーで表面処理(図－1(3), 1))および研掃し、その後、プライマーおよび接着剤を塗布(図－1(3), 2))し、直ちに CFRP 格子筋を配置(図－1(3), 3))する。その後、PCM を 25mm 吹付し(図－1(3), 4))左官仕上げし、養生を行なう。

3. 実験方法および等価走行回数

(1)実験方法 輪荷重走行疲労実験による下面増厚補強法の耐疲労性の評価は、20,000 回ごとに荷重を増加する

キーワード：RC 床版、下面増厚補強法、CFRP 格子筋、接着剤

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

段階荷重載荷とする。実験では初期走加行荷重を 80kN とし、20,000 回走行ごとに荷重を 20kN 増加し、破壊するまで荷重増加と走行を行なう。

(2) 等価走行回数の算定方法 本実験では荷重を増加する段階荷重載荷としたことから、等価走行回数 N_{eq} を算出して耐疲労性を評価する。等価走行回数 N_{eq} 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³⁾。

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

ここで、 N_{eq} ：等価走行回数（回）、 P_i ：載荷荷重（kN）、 P ：基準荷重：60kN、 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

4.1 等価走行回数による比較

本実験における等価走行回数を表-2 に示す。RC 床版供試体 RC-1 の等価走行回数 N_{eq} は 7.35×10^6 回であり、RC-1 供試体の平均等価走行回数を基準に、下面増厚補強床版の補強効果および耐疲労性を評価する。供試体 RC-C の等価走行回数は 27.99×10^6 回であり、RC 床版の 3.8 倍である。次に、接着剤を塗布した供試体 RC-C.A の等価走行回数は 141.10×10^6 回であり、RC 床版の 19.2 倍の補強効果が得られた。また、供試体 RC-C の 5.0 倍が得られた。

4.2 たわみと等価走行回数による比較

たわみと等価走行回数の関係を図-2 に示す。荷重 80kN 載荷時の初期たわみは 0.95mm であり、等価走行回数 0.77×10^6 回でたわみは、2.44mm である。破壊時のたわみは 6.86mm である。供試体 RC-C の荷重 80kN 時の初期たわみは 0.91mm であり、等価走行回数 0.77×10^6 回でのたわみは 1.80mm であり、RC 床版のたわみの 73% である。荷重を 120kN に増加し、走行した後、たわみが急激に増加した。破壊時のたわみは 5.14mm である。次に、接着剤を用いた供試体の初期荷重 80kN 時のたわみは 0.70mm であり、等価走行回数 0.77×10^6 回でのたわみは 1.60mm であり、RC 床版のたわみの 65% である。荷重を 120kN に増加した後も急激な増加はみられない。破壊時のたわみは 4.73mm であり、増厚界面の一体性が確保され、たわみの増加が抑制されている。

4.3 破壊状況による比較

輪荷重走行疲労実験における破壊状況を図-3 に示す。供試体 RC-1 の損傷状況は図-3(1)に示すように、輪荷重が走行中に押し抜きせん断破壊を呈している。供試体 RC-C の損傷状況は図-3(1)に示すように、配置した CFRP 格子筋の位置に 2 方向ひび割れが発生し、輪荷重載荷位置から 45 度外側の増厚界面は全て、はく離に至っている。次に、供試体 RC-C.A の下面の損傷は図-3(3)に

表-2 等価走行回数の比較

供試体	荷 重			等価走行回数 合計	走行 回数比
	80 kN	100 kN	120 kN		
RC-1	実験走行回数	20,000	10,010	0	—
	等価走行回数	772,240	6,575,264	0	
RC-C	実験走行回数	20,000	20,000	4,100	3.8
	等価走行回数	772,240	13,137,391	14,086,838	
RC-C.A	実験走行回数	20,000	20,000	19,000	19.2
	等価走行回数	772,240	13,137,391	127,197,701	

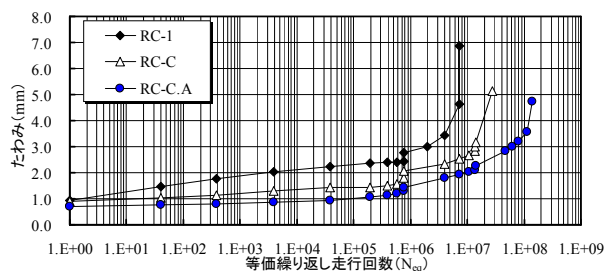


図-2 たわみと等価走行回数の関係

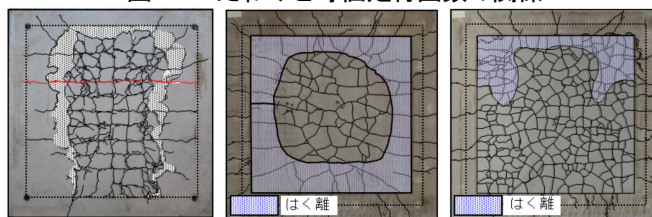


図-3 各供試体の破壊状況

に示すように、輪荷重折り返し付近で押抜きせん断破壊となり、一部にはく離が見られる。しかし、直接 PCM を吹付け補強した供試体 RC-C と比較すると、破壊時付近まで一体性が確保され、ひび割れも分散されている。よって、増厚界面に接着剤を塗布することで、一体性が確保され耐疲労性が向上する結果となった。

5. まとめ

(1) CFRP 格子筋を用いて下面増厚補強した供試体および接着剤塗布型の供試体は RC 床版に比して、それぞれ 3.8 倍の補強効果が得られた。さらに、増厚界面に接着剤を塗布することで RC 床版の 19.2 倍、接着剤を塗布しない供試体の 5.0 倍の補強効果が得られた。また、たわみの増加も抑制されている。

(2) 接着剤を増厚界面に接着した供試体 RC-C.A は、増厚部と床版コンクリートとの接着性が確保され、破壊時付近まではく離が抑制されひび割れの分散効果が得られている。したがって、補強効果および耐疲労性の向上においては増厚界面に接着剤を塗布することが有効的であると考えられる。

参考文献

- 1) 「道路橋補修・補強事例集」編集委員会：道路橋 補修・補強事例集，2013.5.
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I，II，III，(2002).
- 3) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理，森北出版，(2007).