

CFRP格子筋を配置したRC床版の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 ○永井幸太 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

近年、道路橋 RC 床版の損傷事例によると、上面損傷に対しては鋼繊維補強コンクリート (SFRC) を用いた上面増厚補強が検討され、かぶり不足やかぶりコンクリートのはく離などの下面損傷に対しては、ポリマーセメントモルタル (以下 PCM と称す) 吹付けによる下面増厚補強が採用されている。これらの増厚補強における引張材として鉄筋に代わる材料として軽量で施工性に優れている CFRP 格子筋開発された。そこで本研究は、道路橋 RC 床版の下面増厚補強法において鉄筋と同等な性質を有するワイヤーメッシュを配置した下面増厚補強および鉄筋に代わる 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し、CFRP 格子筋を配置した下面増厚補強法の実用性を検証する。

2. 供試体の諸元および補強法

2.1 供試体寸法

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。

(1)RC 床版供試体 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。供試体寸法を図-1(1)に示す。ここで無補強の 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 下面増厚補強に用いる供試体寸法は、RC 床版供試体寸法と同様である。下面増厚補強部の寸法は、床版の下面から 15mm、幅 1,100 × 1,100mm の範囲を増厚する。増厚厚は既設床版の増厚界面から 25mm、すなわち床版全厚を 140mm とする。ここで、供試体寸法を図-1(2)に示す。

2.2 使用材料

(1)RC 床版供試体 RC 床版供試体および下面増厚補強に用いる 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 から 20mm の砕石を使用した。鉄筋には SD295A、D10 を用いた。実験時における、床版コンクリート圧縮強度は 35N/mm^2 である。鉄筋の材料特性値はミルシートより降伏強度 370N/mm^2 、引張強度 511N/mm^2 である。

(2)下面増厚補強材 RC 床版の従来の下面増厚補強には鉄筋が使用されている。そこで、本供試体には鉄筋と

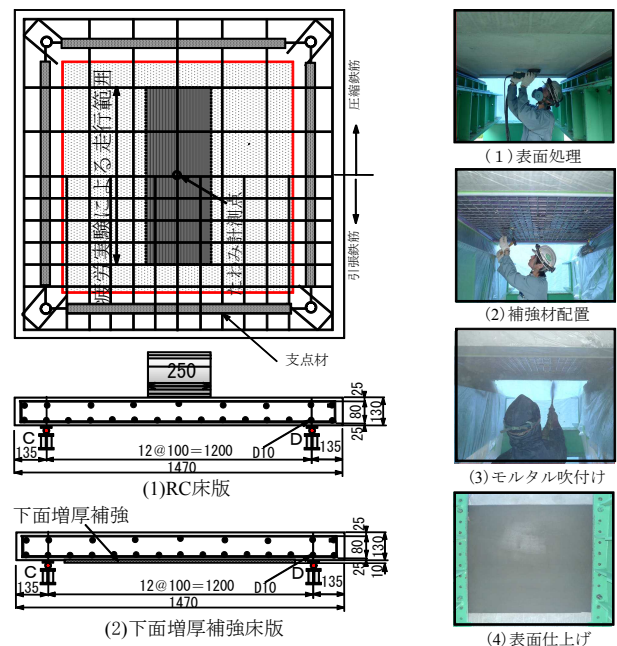


図-1 供試体寸法

図-2 製法方法

同様な材料特性を有するワイヤーメッシュを用いる。ワイヤーメッシュの寸法は $\phi 3.2\text{mm}$ 、網目寸法 50mm を用いる。格子位置の厚さは 6.4mm である。引張強度は 630N/mm^2 である。また、CFRP 格子筋は高い強度と弾性率(引張強度 $1,902\text{N/mm}^2$ 、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 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 、厚さ 4mm の CFRP 格子筋を用いる。引張材にワイヤーメッシュを用いて補強する供試体の名称を RC-W、CFRP 格子筋を用いた供試体の名称を RC-C1 とする。

次に、下面増厚材には、従来から使用されている PCM を用いる。PCM の圧縮強度は 44.3N/mm^2 である。

2.3 下面増厚補強法

供試体製作方法を図-2に示す。RC 床版供試体の下面をサンダーで表面処理(図-2(1))し、PCM の付着性向上のため吸水防止用プライマーを塗布する。その後、ワイヤーメッシュおよび CFRP 格子筋を配置(図-2(2))し、PCM を 25mm 吹付け(図-2(3))左官仕上げして養生を行なう(図-2(4))。

3. 実験方法および等価走行回数

3.1 実験方法

輪荷重走行疲労実験は、初期走行荷重 80kN で 20,000 回走行し、20,000 回ごとに荷重を 20kN 増加する段階荷

キーワード: RC 床版, 補修・補強, 下面増厚補強法, CFRP 格子筋

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

重載荷とする。下面増厚補強法における補強効果および耐疲労性の評価は RC 床版供試体における破壊時の等価走行回数を基準とする。

3.2 等価走行回数の算定方法

本実験では、20,000 回走行ごとに荷重を増加する段階荷重載荷としたことから、基準荷重と載荷荷重および実験走行回数の関係から等価走行回数 N_{eq} を算出して補強効果および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)で与えられる。なお、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⁾。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、道示に規定する活荷重 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。

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

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-1に示す。

(1)RC 床版基準供試体 補強が施されていない無補強 RC 床版 RC-1 の、等価走行回数 N_{eq} は 7.35×10^6 回である。この RC 床版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。

(2)ワイヤーメッシュ補強供試体 増厚界面にワイヤーメッシュを貼付けし、PCM を吹付けし、既設床版厚に 10mm 増厚した供試体 RC-W の等価走行回数は 22.83×10^6 回であり、RC 床版の 3.1 倍の補強効果が得られた。

(3)CFRP 格子筋補強供試体 増厚界面に CFRP 格子筋を貼付けし、PCM を吹付けした供試体 RC-C1 の等価走行回数は 27.99×10^6 回であり、RC 床版の 3.8 倍の補強効果が得られた。また、ワイヤーメッシュを用いた供試体の 1.2 倍の補強効果が得られた。

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-3に示す。

(1)RC 床版供試体 供試体 RC-1 のたわみは図-3に示すように、荷重 80kN 載荷時の初期たわみは 0.95mm である。たわみが 3mm、すなわち床版支間 L の L/400 を超えた付近からたわみの増加が大きくなり、その後の走行により破壊に至っている。破壊時のたわみは 6.86mm である。破壊状況は全て押抜きせん断破壊である。

(2)ワイヤーメッシュ補強供試体 供試体 RC-W は、荷重 80kN 時の初期たわみは 0.8mm である。たわみが 3.0mm

表-1 等価走行回数の比較

供試体	荷 重			等価走行回数	走行回数比
	80 kN	100 kN	120 kN		
RC-1	実験走行回数 等価走行回数	20,000 772,240	10,010 6,575,264	7,347,504	—
RC-W	実験走行回数 等価走行回数	20,000 772,240	20,000 13,137,391	1,340 8,922,976	3.1
RC-C1	実験走行回数 等価走行回数	20,000 772,240	20,000 13,137,391	4,100 14,086,838	3.8

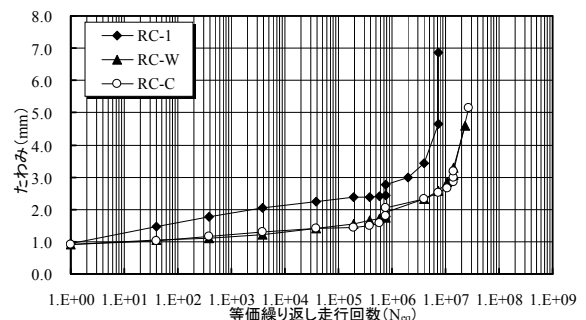


図-3 たわみと等価走行回数の関係

に達した等価走行回数は 13.00×10^6 回であり、供試体 RC-1 の 5.5 倍である。破壊時のたわみは 4.6mm である。破壊状況は、下面増厚部がはく離すると同時に押抜きせん断破壊となった。

(3)CFRP 格子筋補強供試体 供試体 RC-C1 のたわみと等価走行回数の関係は、荷重 80kN 時の初期たわみが 0.91mm である。たわみが 3mm に達した時点の等価走行回数は 13.91×10^6 回であり、無補強 RC 床版供試体の 5.8 倍、ワイヤーメッシュを配置した供試体 RC-W の 1.07 倍であり、わずかに上回っている。破壊時のたわみは 5.14mm である。破壊状況は、下面増厚部がはく離すると同時に、押抜きせん断破壊となった。

5. まとめ

(1)無補強 RC 床版と引張材にワイヤーメッシュおよび CFRP 格子筋を配置して PCM 吹付け工法により下面増厚した供試体は、いずれも RC 床版の等価走行回数に比して 3.1 倍と 3.8 倍の補強効果が得られた。また、CFRP 格子筋を増厚下面増厚補強した供試体はワイヤーメッシュを用いた供試体に比して 1.2 倍の補強効果が得られた。よって、CFRP 格子筋を配置した下面増厚補強法は従来の下面増厚補強法と同等以上の耐疲労性が評価できる補強法である。

(2) たわみと等価走行回数の関係においてもワイヤーメッシュ、CFRP 格子筋を用いた下面増厚補強法はたわみの増加が抑制され、耐疲労性が向上している。また、CFRP 格子筋を配置した下面増厚補強法も従来の補強法と同様にたわみの増加が抑制されている。

「参考文献」

- 1) 国土交通省：地方自治体の長寿命化修繕計画に関する最近の動向、国土交通省道路局国道・防災課道路保全企画、(2011)
- 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)