

CFRP 格子筋を用いた RC 床版上面増厚補強法における疲労特性および補強効果

日本大学 正会員 ○ 高野真希子, 日本大学 阿部 忠, 日本大学 木田哲量
日鉄コンポジット(株) 小森篤也, 日鉄コンポジット(株) 小林朗

1. はじめに

1960年代に建設された道路橋 RC 床版は、大型車両の交通量の増大により疲労劣化が生じている。とくに首都圏の交通量の多い橋梁においては劣化に対する補強対策が余儀なくされている。また、積雪寒冷地域では凍結防止剤の散布による塩害と夜間や冬期間の凍結・融解作用により表面劣化が生じている。これらの RC 床版の補修・補強法の 1 つに、RC 床版表面に鋼繊維補強コンクリート (SFRC。以下、SFRC という。) を打設する上面増厚工法が採用されている¹⁾。上面増厚工法における課題は、RC 床版部と増厚部および 2 回に分けて増厚した場合に生じる打継目からの雨水の浸透であり、界面が 8 年前後で再補修が必要となった事例もある。そこで本研究では、RC 床版に直接 SFRC を増厚した供試体と RC 床版と増厚部界面に、付着性能を高める目的で接着材、高性能繊維と樹脂を一体成型した CFRP 格子筋を併用した供試体を用いて輪荷重による疲労実験を行い、CFRP 格子筋が耐疲労性に及ぼす影響および有効性を評価した。

2. 使用材料・寸法および補強方法

2.1 使用材料 RC 床版供試体には、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。実験時におけるコンクリートの圧縮強度は 35N/mm^2 である。また、鉄筋は SD295A, D10 を使用した。

増厚に用いる SFRC には、超速硬セメントと最大寸法 15mm の粗骨材、最大膨張剤 20kg/m³ および長さ 30mm の鋼繊維を 100kg/m³ 配合した。SFRC の圧縮強度は、養生後 3 時間で 26.9N/mm²、7 日で 51.6 N/mm²である。

CFRP 格子筋の材料特性値は、引張強度 1400N/mm^2 、引張弾性率 100kN/mm^2 である。

2.2 供試体寸法および鉄筋の配置 RC 床版、上面増厚 RC 床版供試体の寸法および鉄筋配置を図 1 に示す。RC 床版は複鉄筋配置とし、浮き上がり防止を設けない単純 4 辺単純支持とする。供試体の寸法は、支間長を 120cm、供試体の張り出し部は 13.5cm とし、全長は 147cm である。鉄筋は、引張側の軸直角方向および軸方向に D10 を 10cm 間隔で

配置し、有効高さをそれぞれ 10.5cm, 9.5cm とする。
また、圧縮側には引張鉄筋量の 1/2 を配置した。

増厚 RC 床版は RC 床版上面を 10mm 切削し、その上に 40mm の増厚施工をした。増厚施工後の床版厚は 160mm 程度を上限とした。

2.3 増厚供試体の施工法 上面増厚 RC 床版および接着剤と CFRP 格子筋を併用した増厚 RC 床版供試体の作成方法は、コンクリート表面の劣化を想定し、RC 床版表面 10mm を切削機により切削し、研磨機を用いて投射密度 150kg/m^2 で表面仕上げを行う。打設方法は、床版上面全面に SFRC を打設する方法と、走行方向を 2 段階に分け、すなわち、打継目を設けて増厚施工する方法の 2 方法とした。打継目ありの場合の施工方法は、輪荷重走行実験における車輪から 3cm 外側、すなわち図 1 に示す支点 C から 44.5cm の位置の軸方向に打継目を設け、支点 D から 77.5cm の位置を先に施工し、その後残りの 44.5cm を打設した。上面増厚 RC 床版の施工方法は、切削、表面仕上げした供試体に、直接 SFRC を打設する。ここで、上面増厚 RC 床版全面増厚した供試

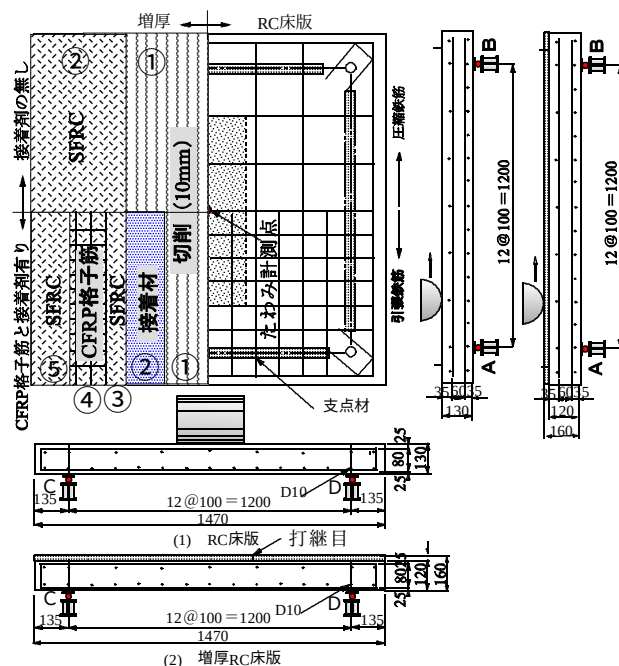


図1 RC床版・増厚RC床版供試体寸法
および増厚手順

キーワード：RC 床版，上面増厚工法，CFRP 格子筋，走行疲労実験

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

を RC-M1, 打継目を設けた供試体を RC-M2 と称する。次に、接着剤と CFRP 格子筋を併用した増厚 RC 床版供試体の施工方法は図 1 に示すように、切削、表面仕上げした供試体に、接着剤を塗布し、SFRC を 10mm 程度打設し、CFRP 格子筋を設置後 SFRC を打設して増厚する。ここで、全面増厚した供試体を RC-MC1, 打継目を設けた供試体を RC-MC2 と称する。

3. 輪荷重走行による疲労実験

走行疲労実験は、RC 床版および増厚 RC 床版ともに床版中央から $\pm 45\text{cm}$ の範囲に輪荷重を繰返し走行させる。荷重の載荷方法は、供試体寸法を実橋床版の 1/2 モデルとしたことから、設計活荷重は 50kN に安全率 1.2 を考慮した 60kN を初期荷重とし、2 万回走行ごとに荷重を 20kN ずつ増加させる。荷重 100kN 以降は 2 万回走行ごとに荷重を 10kN ずつ増加する。走行速度は 1 走行 0.9m を 6.5sec で走行する 0.14m/s とする。

4. 走行疲労実験における等価走行回数

本実験における走行疲労実験は、2 万回ごとに荷重を増加したことから等価走行回数を算出して疲労耐用性を評価する。等価走行回数は、マイナー則に従うと式(1)で与えられる。なお、基準荷重は 60kN の一定載荷として等価走行回数を算出する。また、S-N 曲線の傾きの逆数である m には、RC 床版および上面増厚 RC 床版ともに松井らが提案する S-N 曲線²⁾の傾きの逆数である 12.7 を適用する。

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

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

5. 実験結果および考察

5.1 実験等価走行回数 本実験における実験走行回数および式(1)より算出した等価走行回数を表 1 に示す。RC 床版供試体 RC-1 および RC-2 の平均等価走行回数は 7.15×10^6 であり、これに比して上面増厚 RC 床版供試体 RC-M1 は 73.9×10^6 、RC-M2 は 200.4×10^6 となった。次に、接着剤と CFRP 格子筋を併用した増厚 RC 床版供試体 RC-MC1 の等価走行回数は 333.1×10^6 であり RC 床版の 46.6 倍となり、RC-MC2 は 501.7×10^6 である。RC-M1 と RC-MC1 とを比較すると接着剤と CFRP 格子筋とを併用することで 4.5 倍の等価走行回数となった。また、打継目が耐疲労性において弱点と言われていたが、本実験では水の影響を考慮しないことから走行回数の低下は見られない。

5.2 たわみと走行回数の関係 床版中央における等価走行回数とたわみの関係を図 2 に示す。供試体

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(回)	走行回数比
RC-1	7,347,928	7,155,596	—
RC-2	6,963,265		
RC-M1	73,976,114	73,976,114	10.3
RC-M2	200,472,205	200,472,205	28.0
RC-MC1	333,112,545	333,112,545	46.6
RC-MC2	501,703,511	501,703,511	70.1

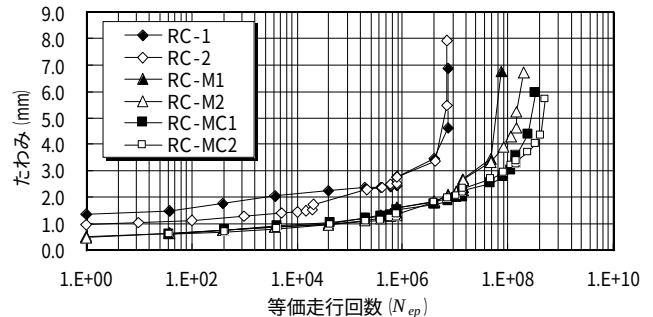


図 2 たわみと等価走行回数との関係

RC-1,2 はともに等価走行回数の増加に伴いたわみは増加し、終局時付近はたわみの増加が著しい。次に、上面増厚 RC 床版供試体 RC-M1,2 および接着剤と CFRP 格子筋を併用した増厚 RC 床版供試体 RC-MC1,2 のたわみは、ともに RC 床版より緩やかだが、等価走行回数の増加に伴いたわみは増加し、終局時付近では急増する。終局時のたわみは、供試体 RC-M1,2 ではそれぞれ 6.22mm, 5.37mm, RC-MC1,2 ではそれぞれ 5.94mm, 5.72mm である。また、通常の上増厚 RC 床版と接着剤と CFRP 格子筋を併用した増厚 RC 床版のたわみを比較すると、各等価走行回数において RC-MC が RC-M を下回った。

6. まとめ

①等価走行回数より、接着剤と CFRP 格子筋を併用した増厚 RC 床版は通常の上増厚 RC 床版と比較して疲労耐久性が向上した。したがって、接着剤と CFRP 格子筋を併用した補強法は効果的であると評価できる。また、打継目を設けた増厚工法が等価走行回数を上回る結果となった。これは、打継目が応力分布内にあり、応力が分散したためであると考えられる。

②等価走行回数とたわみの関係より、各走行回数において概ね接着剤と CFRP 格子筋を併用した増厚 RC 床版は通常の上増厚 RC 床版のたわみを下回った。

参考文献

- 1) (社)高速道路調査会：上面増厚工法設計施工マニュアル，平成 7 年
- 2) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理，森北出版，2007.