

上面増厚工法における接着剤およびCFRP格子筋の補強効果に関する研究

日本大学大学院 学生員 ○根本 大, 日本大学 正会員 阿部 忠, 日本大学 正会員 木田哲量
鹿島道路(株) 正会員 児玉孝喜, 日鉄コンポジット(株) 正会員 小森篤也

1. はじめに

現在, 供用中の道路橋 RC 床版の多くは, 建設後 40 ~ 50 年が経過し, 疲労劣化が生じている。その補修・補強の一つに鋼繊維補強コンクリート(以下, SFRC)を用いた上面増厚補強法が採用されている¹⁾。しかし, 従来の SFRC 上面増厚補強法は RC 床版と増厚部の界面がはく離し, 早期に再補修が必要となっている。そこで本研究では, 従来の SFRC 上面増厚した RC 床版と RC 床版と増厚界面に接着剤を塗布して増厚した供試体, さらにひび割れ後の剛性保持のために炭素繊維補強プラスチック(以下, CFRP)格子筋を配置して上面増厚した供試体を用いて走行疲労実験を行い, 耐疲労性を評価する。

2. 使用材料・供試体寸法および補強方法

(1) 使用材料 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最大寸法 20mm の粗骨材を使用した。その圧縮強度は 35N/mm² である。また, 鉄筋は SD295A, D10 を使用した。増厚部の SFRC には超速硬セメント, 粗骨材には最大寸法 15mm の骨材を使用した。鋼繊維は長さ 30mm を混入量 100kg/m³ で配合した。増厚 3 時間後の SFRC 圧縮強度は 29.4N/mm², 7 日後の圧縮強度は 51.6N/mm² である。また, 接着剤には, 高耐久性エポキシ系接着剤を使用した。CFRP 格子筋は, 引張強度 1400N/mm², 引張弾性率 100kN/mm² である。

(2) 供試体寸法および鉄筋の配置 供試体の寸法は, 全長 1470mm, 支間長 1200mm, 厚さ 130mm の等方性版である。供試体寸法および鉄筋の配置を図-1に示す。鉄筋の配置は複鉄筋配置とし, 引張側の軸直角方向および軸方向に D10 をともに 100mm 間隔で配置し, 有効高さをそれぞれ 105mm, 95mm とする。また, 圧縮側には引張鉄筋量の 1/2 を配置した。

(3) 増厚供試体の施工法 増厚供試体の施工手順は次のとおりとする。まず, RC 床版上面を切削機で 10mm 切削, ジェットブラストで研掃する。次に, 従来型の SFRC 上面増厚供試体は直接 SFRC を増厚する。また, 増厚界面の合成効果を高めるために, 研掃後, エポキシ系の接着剤を 1mm 厚で塗布, SFRC を 40mm 打設した。さらに, 接着剤と CFRP 格子筋を併用した供試体は接着剤塗布後, SFRC を 10mm 打設し, CFRP 格子筋を配置し, SFRC を 30mm 打設して一体構造とする。ここで供試体名称を, 通常 RC 床版を RC-1, 2, 直接増厚した供試体を SFRC-1, 接着剤を塗布して増厚した供試体を SFRC-S1, 接着剤と CFRP 格子筋を併用し

た供試体を SFRC-SC1 と称する。

3. 実験方法および等価走行回数

(1) 輪荷重による走行疲労実験 走行疲労実験では, RC 床版および増厚 RC 床版ともに床版中央から ±45cm の範囲に輪荷重を走行させる。荷重は 100kN までは 2 万回走行ごとに 20kN, それ以降は 10kN ずつ増加する段階状载荷とした。

(2) 等価走行回数 本実験においては, 荷重を 2 万回走行ごとに増加させたことから, 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)として与えられる。なお, S-N 曲線の傾きの逆数 m には, 松井らが提案する S-N 曲線の傾きの逆数 12.7 を適用する²⁾。

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

ここで, N_{ep} : 等価走行回数 (回), P_i : 载荷荷重(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

(1) 等価走行回数 本実験における等価走行回数を式(1)により算出して表-1に示す。RC 床版の等価走行回数と SFRC 上面増厚供試体の等価走行回数を比較すると SFRC-1 は 10.3 倍, SFRC-S1 は 36.5 倍, SFRC-SC1 は 46.6 倍となり, 上面増厚を施したことにより疲労耐久性が向

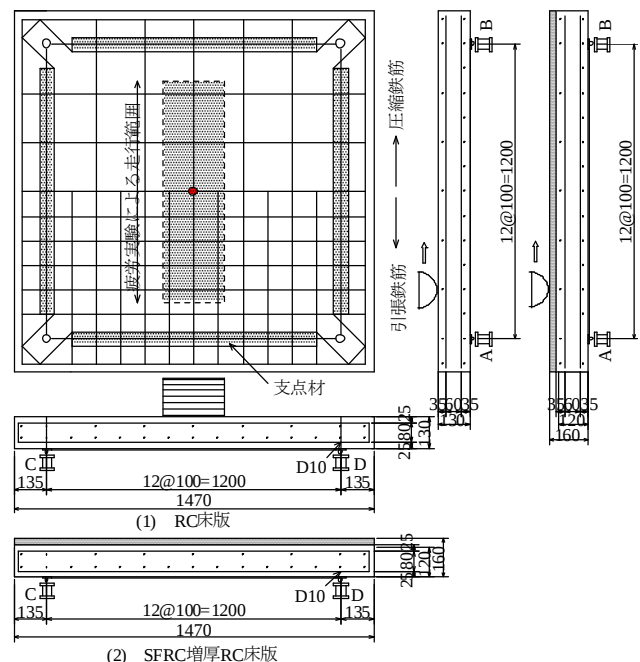


図-1 RC床版・上面増厚RC床版供試体寸法

キーワード SFRC 上面増厚, 接着剤, CFRP 格子筋, 走行疲労実験, 等価走行回数
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

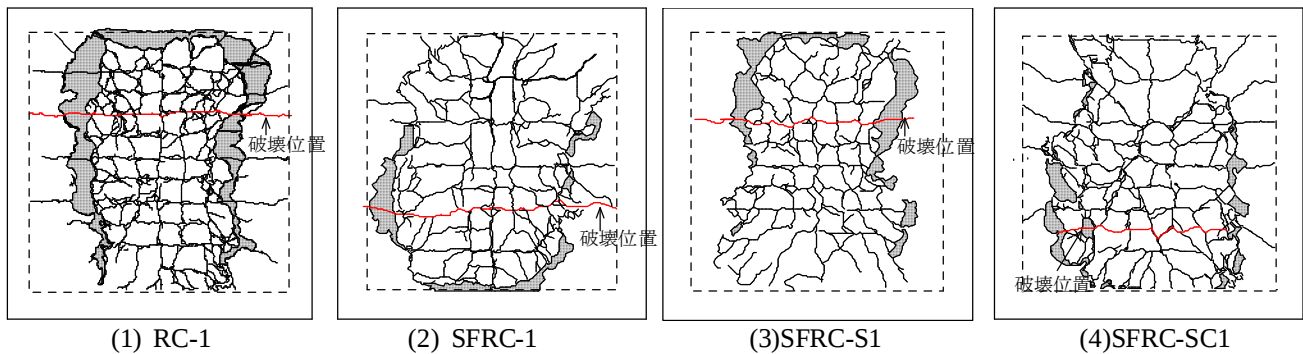


図-2 RC床版および上面増厚RC床版の破壊状況

上した。さらに、接着剤を塗布して上面増厚した供試体および接着剤と CFRP 格子筋を併用した供試体の等価走行回数は、直接増厚した供試体に比してそれぞれ 3.5 倍、4.5 倍となった。したがって、増厚界面に接着剤を塗布することで耐疲労性が向上する結果となった。また、CFRP 格子筋を併用することで増厚層の剛性保持されることから、さらに耐疲労性が向上した。

(2) 破壊状況 RC 床版および SFRC 上面増厚 RC 床版の走行疲労実験における底面の破壊状況を図-2に示す。全ての供試体において軸直角方向および軸方向に 100 ～ 130mm 間隔でひび割れが発生し、格子状を形成している。これは、軸直角方向および軸方向に配置した鉄筋間隔とほぼ同じ間隔である。また、SFRC 上面増厚 RC 床版供試体の場合は、等価走行回数が異なるもののほぼ同様の破壊形状を示している。なお、破壊モードは全ての供試体で、輪荷重が走行中に押抜きせん断破壊となった。

(3) 増厚界面および増厚層のひずみと等価走行回数の関係 RC 床版中央における既存床版と増厚界面のひずみと等価走行回数の関係を図-3、増厚層のひずみと等価走行回数の関係を図-4に示す。直接増厚した供試体では、輪荷重の繰返し走行により圧縮ひずみも上昇するが、等価走行回数 7.728×10^5 付近で最大となり、その後の荷重増加と走行によってひずみが減少し始めている。この時点からはく離が開始したものと考えられる。増厚層におけるひずみは、増厚界面のひずみと同様に等価走行回数 7.728×10^5 付近までは増加し、圧縮ひずみは -90×10^6 程度である。その後、等価走行回数 40.565×10^6 付近から、ひずみが減少し始めた。終局時では、初期荷重載荷時とほぼ同等な -40×10^6 程度となった。したがって、増厚界面および増厚層内のひずみの関係より、SFRC 上面増厚補強法においては、かなり早い段階で、既存床版と増厚界面ではく離が生じるものと考えられる。また、接着剤を塗布して増厚した供試体、接着剤と CFRP 格子筋を併用した供試体はともに、初期値は異なるものの同様な増加傾向を示している。増厚層のひずみも両供試体ともに同様に終局時まで増加し、終局時における増厚層のひずみはそれぞれ -129×10^6 、 -110×10^6 となった。よって、増厚界面に接着剤を塗布すること、接着剤と CFRP 格子筋を併用したことにより、増厚界面および増厚層のひずみは、等価走行回数の増加とともに増加することから、

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	
			SFRC-S-SC/RC	SFRC-S-SC/SFRC
RC-1	6,963,265	7,155,596	—	—
RC-2	7,347,928			
SFRC-1	73,976,114	73,976,114	10.3	—
SFRC-S1	261,284,849	261,284,849	36.5	3.5
SFRC-SC1	416,047,237	333,112,545	46.6	4.5

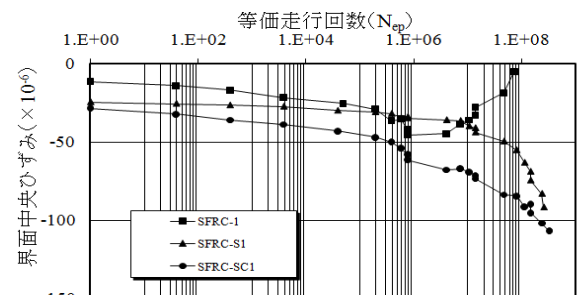


図-3 増厚界面のひずみと等価走行回数の関係

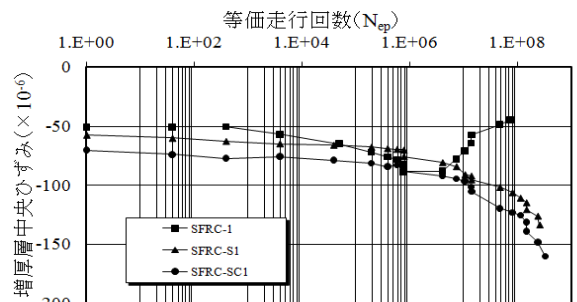


図-4 増厚層のひずみと等価走行回数の関係

増厚界面と増厚層との付着効果が高まるとともに、はく離が防止され、圧縮ひずみが増加したものと考えられる。

5. まとめ

①等価走行回数より、RC 床版に比して増厚 RC 床版供試体は約 10 倍以上の耐久性が確保されたことが分かる。また、RC 床版部と増厚部の界面に接着剤を塗布した供試体、接着剤と CFRP 格子筋を用いた供試体はそれぞれ直接増厚した供試体の 3.5 倍、4.5 倍耐久性が向上した。

②増厚界面および増厚層のひずみと等価走行回数の関係より、直接増厚した供試体には、増厚界面ではく離の影響が見られる。また、増厚界面に接着剤を塗布した供試体および接着剤と CFRP 格子筋を併用した供試体は、いずれも増厚界面が接着剤の塗布および CFRP 格子筋配置の効果により、使用限界内ではく離が生じないものと考えられる。

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。