

湿潤状態で高耐久型エポキシ系接着剤を塗布したSFRC上面増厚補強法の耐疲労性の評価

鹿島道路(株) 正会員○伊藤清志 正会員 一瀬八洋 正会員 中村和明
住友大阪セメント(株) 正会員 齋藤 尚
日本大学 正会員 阿部 忠

1. はじめに

RC 床版の補強対策には床版の耐荷力性能および耐疲労性の向上を目的として SFRC 上面補強法が採用されている。既往の SFRC 上面増厚補強法は、既存 RC 床版と SFRC 上面増厚との界面が疲労により早期にはく離が生じている。この問題を解決するために増厚界面に高耐久型エポキシ系接着剤(以下、接着剤)を塗布した SFRC 上面増厚補強法が提案され、耐疲労性の評価¹⁾を経て、実用化がなされている。一方、RC 床版の上面増厚補強では切削機による切削とウォータージェット(以下、WJ)による施工が行われている。そこで本研究では、WJ 施工および施工前日の降雨の影響による湿潤状態で増厚界面に接着剤を塗布した SFRC 上面増厚補強床版の耐疲労性を評価する。実験供試体は、RC 床版上面を乾燥状態および湿潤状態にして増厚界面に接着剤を塗布し、SFRC 上面増厚補強した RC 床版供試体の 2 タイプを製作した。耐疲労性の評価方法は、輪荷重走行疲労実験を行い、松井らが提案する S-N 曲線の傾きの逆数を用いた等価走行回数および湿潤状態におけるコンクリート強度低下および設計基準の変遷にともなう丸鋼鉄筋を用いた場合の低減係数を適用した補強等価走行回数を得て耐疲労性を評価する^{2,3)}。なお、耐疲労性の評価において同一寸法を有する RC 床版の等価走行回数と比較する。

2. 供試体概要および実験方法

2.1 使用材料

(1)RC床版供試体 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 ~ 20mm の砕石を使用した。コンクリートの圧縮強度は 35N/mm² である。また、鉄筋には SD295A, D10 を使用した。

(2)上面増厚コンクリート SFRC の設計基準強度は、材齢 3 時間強度 24N/mm² を目標に、超速硬セメントと 5mm 以下の砂および 5mm ~ 15mm の砕石および長さ 30mm の鋼繊維を混入量 100kg/m³ で配合した。材齢 3 時間の圧縮強度は 26.9N/mm² である。接着剤には高耐久型エポキシ系接着剤を用い、その試験結果を表-1 に示す。

2.2 供試体寸法および鉄筋配置

(1)RC床版供試体 RC 床版供試体の寸法は、道路橋示方書³⁾に準拠し、その 1/2 モデルとした。よって、全長 1,470mm、支間長 1,200mm の等方性版とし、鉄筋は複鉄筋配置とした。ここで、基準となる RC 床版の供試体寸法および鉄筋配置を図-1 に示す。また、RC 床版供試体の記号を RC-1 とする。

(2)SFRC上面増厚RC床版供試体 SFRC 上面増厚 RC 床版供試体の作成は、RC 床版上面を 10mm の厚さで切削後、投射密度 150kg/m² にてショットブラストによる研掃を行い、接着剤を塗布し、超速硬コンクリートによる SFRC を 40mm の厚さ補強し、表面振動機を用いて締固めた。増厚界面を乾燥状態とした供試体の記号を RC.S-A とする。

次に、RC 床版の湿潤状態における接着剤の影響を検証するために、RC 床版上面を切削・研掃後 48 時間散水と湿布による湿潤状態とし、その後、増厚界面に接着剤を塗布して SFRC 上面増厚補強を行った。湿潤状態における供試体記号を RC.S-WA とする。ここで、SFRC 上面増厚供試体の寸法および鉄筋の配置を図-1 に併記した。



(1) WJ 施工状況

(2) WJ 施工後

写真-1 WJ による RC 床版上面の状況

表-1 高耐久型エポキシ系接着剤

項目	実測値	試験方法
外観 主剤 硬化剤	白色ペースト状 青色液状	異物混入なし
混合比(主剤：硬化剤)	5：1	重量比
硬化物比重	1.42N/mm ²	JIS K 7112
圧縮強さ	102.88N/mm ²	JIS K 7181
圧縮弾性係数	3976.4N/mm ²	JIS K 7181
曲げ強さ	41.16N/mm ²	JIS K 7171
引張せん断強さ	14.86N/mm ²	JIS K 6850
コンクリート 付着強さ	3.7N/mm ²	JIS K 6909

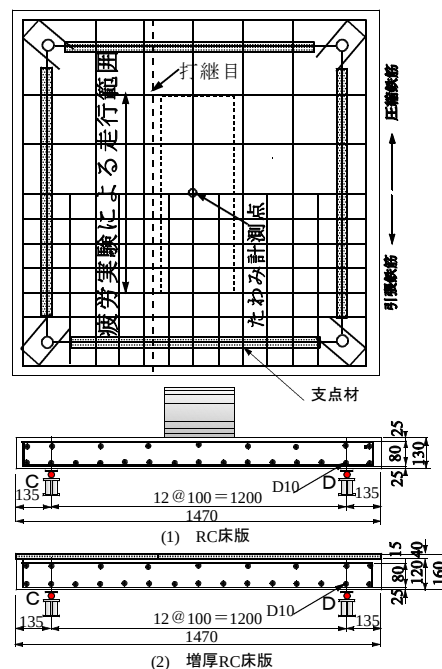


図-1 供試体寸法および鉄筋配置

キーワード：RC 床版, SFRC 上面増厚補強, 高耐久型エポキシ系接着剤, 輪荷重走行疲労実験

連絡先 〒112-8516 東京都文京区後楽 1-7-27 鹿島道路(株)技術部 TEL 03-5802-8014

2.3 輪荷重走行疲労実験および等価走行回数

(1) 輪荷重走行疲労実験方法 輪荷重走行疲労実験は、RC 床版および SFRC 上面増厚 RC 床版ともに床版中央から両支点方向に 450mm (走行範囲: 900mm) の範囲に輪荷重 (幅 250mm) を連続走行させる試験である。初期荷重 80kN とし、2 万回走行ごとに荷重を増加する。荷重載荷条件を表-2 に示す。

(2) 等価走行回数の算出 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。また、補強した RC 床版の補強等価走行回数の算定は、既に劣化した RC 床版であることから、湿潤状態におけるコンクリートの強度低下や丸鋼を用いた係数など各種の劣化係数が適用した式(2)が提案されている¹⁾。

表-2 等価走行回数および補強等価走行回数

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

$$N_{D0 \cdot ep} = \sum_{i=1}^n (N_{ep} \cdot D_{Di} \cdot D_c \cdot D_s) \quad (2)$$

$$D_{Di} = -0.0559 \log N_{epi} + 1.1$$

ここで、 N_{ep} : 等価走行回数、 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)²⁾、 $N_{D0 \cdot ep}$: 補強した RC 床版の補強等価走行回数、 D_{Di} : D-N 曲線、 D_c : 湿潤時におけるコンクリート劣化係数 (=0.70)、 D_s : 鉄筋係数 (丸鋼 : $f_{sd} \cdot S_{sd}/f_{sd} \cdot S_d$)

3. 結果および考察

3.1 補強等価走行回数による耐疲労性の評価

RC 床版供試体の等価走行回数は 7.34×10^6 回、これに対して乾燥状態で接着剤を塗布した供試体の等価走行回数の平均は 338.7×10^6 回であり、RC 床版の 46.0 倍になる。また、RC 床版上面を 48 時間湿潤状態とし、接着剤を塗布した供試体の等価走行回数の平均は 288.6×10^6 回となり、RC 床版の 38.3 倍である。なお、供試体 RC.S-A2 は実施工を想定して打継目を設けた供試体である。乾燥状態で接着剤を塗布した供試体 RC.S-A1 と湿潤状態で接着剤を塗布した供試体 RC.S-WA と比較すると湿潤状態の場合がやや上回る結果となった。したがって、湿潤状態で接着剤を塗布した場合であっても耐疲労性には影響を及ぼさない結果となった。また、湿潤状態によるコンクリートの強度低下や丸鋼を使用した場合の補強等価走行回数を式(2)より算出すると、乾燥状態で接着剤を塗布した場合の補強等価走行回数は RC 床版の 12.6 倍、湿潤状態の場合は 10.6 倍となり、耐疲労性は十分に確保されるものである。

3.2 たわみと補強等価走行回数の関係

丸鋼を用いた場合の床版を対象とした場合について式(2)より算出した補強等価走行回数とたわみの関係を図-2 に示す。

(1) RC 床版 供試体 RC-1 は等価走行回数の増加にともないたわみが上昇し、等価走行回数 0.74×10^6 回付近のたわみは 2.8mm、 4.07×10^6 回付近で 3.36mm となり、終局時は 7.34×10^6 回付近で 6.86mm である。本実験では、RC 床版のたわみが床版支間 L の 1/400 (3.0mm) に達した時点を超修時期とみなす。

(2) SFRC 上面増厚供試体 RC 床版供試体はたわみが床版支間 L の 1/400 を超えた付近から急激にたわみが増加しているが、床版上面を乾燥状態で接着剤を塗布した供試体 RC.S-A1 および RC.S-A2 では 3.0mm を超えても急激な増加は見られない。また、湿潤状態で接着剤を塗布した供試体 RC.S-WA3 および RC.S-WA4 においても同様な結果であった。したがって、既設床版上面を乾燥状態あるいは湿潤状態で接着剤を塗布して上面増厚を行った場合は、たわみが床版支間 L の 1/400 に達した時点を超修時期とみなすことができる。なお、補強後はたわみについてのモニタリングを提案する。

4. まとめ

① RC 床版の等価走行回数と比較して、SFRC 上面増厚補強を行った RC 床版は、接着剤の塗布面が乾燥状態では 12.6 倍、湿潤面では 10.6 倍となり、本実験では湿潤状態が接着剤に及ぼす影響は見られなかった。

② たわみと等価走行回数の関係では、RC 床版のたわみは床版支間 L の 1/400 に達した直後に急激に増加している。また、接着剤を塗布した SFRC 上面増厚補強 RC 床版では、たわみは床版支間 L の 1/400 に達した付近が再補修時期と見なすことができる。

参考文献：1)阿部忠ほか：輪荷重走行疲労実験における RC 床版上面増厚補強法の耐疲労性の評価法，構造工学論文集 Vol. 56A, pp. 1270-1281(2010)。2)松井繁之：道路橋床版設計・施工と維持管理。森北出版(2007)。3)日本道路協会道路橋会：道路橋示方書・同解説 I，II(2004)。

供試体		荷重				等価走行回数 合計	平均 RC/RC.S
		80 kN	100 kN	120 kN	130 kN		
RC-1	実験走行回数	20,000		10,010		7,347,928	7,347,928
	式(1)	772,664	6,575,264				
RC.S-A1	実験走行回数	20,000		20,000	6,214	261,284,425	(乾燥)式(1)
	式(1)	772,239	13,138,048	133,086,087	114,288,051		
RC.S-A2	実験走行回数	20,000		20,000	6,214	261,284,425	(乾燥)式(2)
	式(2)	292,123	4,272,438	37,660,701	30,223,292		
RC.S-WA1	実験走行回数	20,000		20,000	6,100	259,188,072	(湿潤)式(1)
	式(1)	772,239	13,138,048	133,086,087	156,325,458		
RC.S-WA2	実験走行回数	20,000		20,000	6,100	259,188,072	(湿潤)式(2)
	式(2)	292,123	4,272,438	37,660,701	41,094,609		

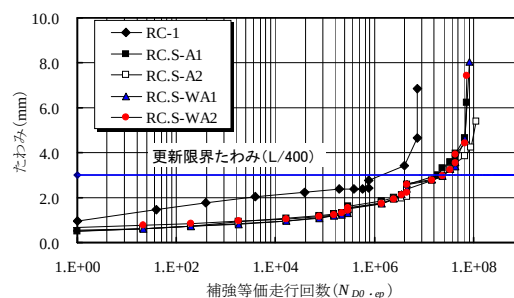


図-2 たわみと等価走行回数の関係