

上面補修した道路橋RC床版の輪荷重疲労試験における補修効果

鹿島道路(株) 正会員 ○伊藤清志 日本大学 正会員 阿部 忠
 日本大学大学院 学生会員 今野堯祥 住友大阪セメント(株) 正会員 大野 晃

1. はじめに

道橋橋 RC 床版の維持管理において、橋面舗装の打換え工と防水工に併せて RC 床版上面の補修が施される。この上面補修には強度発現が早く、圧縮強度も高いことから超速硬性無収縮セメントモルタル(URCM)が補修材として使用されている。しかし、早期にはく離や割れが生じ、再補修が施さる事例もある。そこで本研究では、床版上面損傷の専用補修材として提案された超速硬性繊維補強セメントモルタル (URFCM) の耐疲労性を、輪荷重走行疲労実験により検証する。

2. 供試体概要

(1)RC床版材料 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 5mm 以下の砕砂、5mm ~ 20mm の砕石を用い、コンクリートの圧縮強度は 35N/mm² である。また、鉄筋には D13 を用いた。鉄筋の降伏強度は 377N/mm²、引張強度は 511N/mm² である。

(2)補修材 従来より一般的に使用されている URCM は、材齢 3 時間の目標圧縮強度が 24N/mm² 以上を目標とし、本実験における実測値は材齢 3 時間で 28.3N/mm² である。この URCM 材で補修した RC 床版供試体を RC.U と称し、補修効果を検証するための基準供試体とした。次に、RC 床版の補修材として提案されている URFCM 材は初期材齢(3時間)の目標強度の異なる URFCM-1 (12N/mm² 以上) と URFCM-2 (24N/mm² 以上) の 2 タイプとし、それぞれの補修材を適用した供試体を RC.UM1、RC.UM2 と称した。本実験における実測値は材齢 3 時間で、それぞれ 19.8N/mm²、27.9N/mm² である。なお、各補修材の配合条件を表 1 に示す。また、URFCM を用いた補修法では、既設 RC 床版の付着界面に脆弱部補強用接着剤と高耐久型エポキシ樹脂接着剤を用いた。両接着剤の材料試験の結果を表 2 および表 3 に示す。

(3)供試体寸法および鉄筋配置 供試体寸法は全長 1600×1600mm、床版支間 1400mm、床版厚 150mm、主鉄筋および配力筋は D13 を 120mm 間隔で配置し、有効高さはそれぞれ 125mm、105mm である。供試体寸法および鉄筋配置を図 1 に示す。

(4)補修箇所 補修範囲は走行面中央部を幅 600mm、長さ 1000mm、深さ 18mm の範囲を切削し、補修箇所とする。また、道路橋 RC 床版はアスファルト舗装から浸透した雨水などが床版上面に滞水し、湿潤状態であることから、本実験供試体は 1200×1200mm の範囲を水張りの状態で輪荷重走行疲労実験を行うものとする。補修および水張りの範囲を図 1 に併記する。

表1 補修材の配合

項目	配合 (kg/m ³)		
	プレミックスパウダー	ビニロン短繊維	水
URCM	1850	—	338
URFCM-1	1850	5	296
URFCM-2	1850	5	278

表2 脆弱部補強用接着剤の材料試験結果

項目	測定値(平均)
引張強さ	58.2N/mm ²
曲げ強さ	92.8N/mm ²
圧縮強さ	104.4N/mm ²
圧縮弾性係数	3172N/mm ²

表3 高耐久型エポキシ樹脂接着剤の材料試験結果

項目	基準値	備考
外観	主剤 白色ペースト状	異物混入なし
	硬化材 青色液状	
混合比 (主剤:硬化材)	5:1	質量比
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 以上	JIS K 6850
コンクリート付着強さ	3.7N/mm ² または母材破壊	JIS K 6909

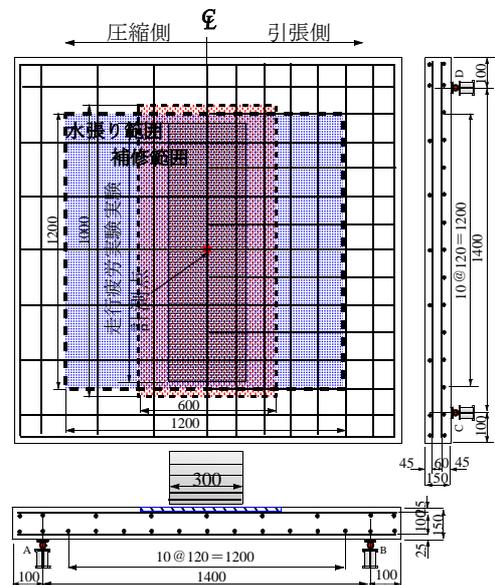


図1 RC床版供試体寸法

(5)補修方法 従来型の URCM による補修方法は、切削面を清掃後に直接 URCM を打込む。次に、URFCM による補修では、はつりにより発生したひび割れや脆弱化したコンクリートの表面補強として脆弱部補強用接着剤をプライマーとして塗布し、これに重ねて高耐久型エポキシ樹脂接着剤を塗布してから URFCM を打込んで補修する。これらの補修を本実験では 3 回繰り返した。

キーワード: 上面補修, 輪荷重走行疲労実験, 等価走行回数, 破壊, 接着剤, 超速硬性繊維補強セメントモルタル
 連絡先 〒112-8566 東京都文京区後楽1丁目7番27号 鹿島道路(株) 生産技術本部技術部 TEL03-5802-8045

表 4 等価走行回数

供試体	RC床版	1次補修(湿潤状態)		2次補修(湿潤状態)		3次補修(乾燥状態)		補修合計		3次補修までの合計	
		等価走行回数	補修効果								
RC	14,391,598	—	—	—	—	—	—	—	—	14,391,598	—
RC.U	7,865,598	1,685,974	—	1,621,127	—	10,493,077	—	13,800,178	—	21,665,776	1.5
RC.UM1	7,865,598	2,160,639	1.3	2,010,198	1.2	10,045,337	1.0	14,216,174	1.0	22,081,772	1.5
RC.UM2	7,865,598	3,685,775	2.2	3,250,670	2.0	42,350,384	4.0	49,286,829	3.6	57,152,427	4.0

3. 実験方法 本実験は輪荷重走行疲労実験を行い、RC床版供試体のたわみが床版支間 L の 1/400、すなわち進展期から加速期程度の疲労損傷を与えた後に、上面補修を施すこととする。また、再劣化に対しては補修後の疲労実験におけるたわみが床版支間 L の 1/400 に達した時点で再補強を施し、これを繰り返し行った。実験では初期荷重 100kN で 2 万回走行し、その後は 2 万回走行ごとに 20kN 増加した。この間に床版たわみが 1/400 に達した時点で補修を施すこととした。次に、本実験では段階荷重載荷としたことから等価走行回数を算定して補修効果を検証する。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。基準荷重は活荷重 100kN のモデル化による 3/5 を乗じ、衝撃係数と安全率を考慮し、72kN とする。また、松井らが提案する S-N 曲線の傾きの逆数 m には 12.7 を適用する。

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

ここで、 N_{eq} : 等価走行回数 (回)、 P_i : 載荷荷重 (kN)、 P : 基準荷重 (= 72kN)、 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表 4 に示す。供試体 RC の等価走行回数は 14.39×10^6 回であり、この等価走行回数を基準に耐疲労性を評価する。RC.U の等価走行回数は 21.67×10^6 回、回数比が 1.5 倍となった。RC.UM1 の等価走行回数は 22.08×10^6 回であり、1.5 倍となった。RC.UM2 の等価走行回数は 57.15×10^6 回であり、4.0 倍となった。以上の結果から URFCM-1 は従来品と同等以上の耐疲労性であり、URFCM-2 においては従来品と比べ耐疲労性の向上が確認された。

(2)たわみと等価走行回数の関係 本実験におけるたわみと等価走行回数の関係を図 2 に示す。たわみが床版支間 L の 1/400 を超えた付近からたわみの増加が著しくなり破壊に至っている。破壊時のたわみは供試体 RC.U は 6.7mm、URFCM を用いた供試体 RC.UM1 は 6.9mm、RC.UM2 は 9.49mm である。

(3)破壊状況 破壊形状を図 3 に示す。RC.U のひび割れは 2 方向ひび割れが発生している。また、ダウエル効果の及ぼす範囲ではく離が見られる。次に、RC.UM1、RC.UM2 は同様に、2 方向ひび割れが発生しているが、ダウエル効果の及ぼす範囲のはく離は減少している。

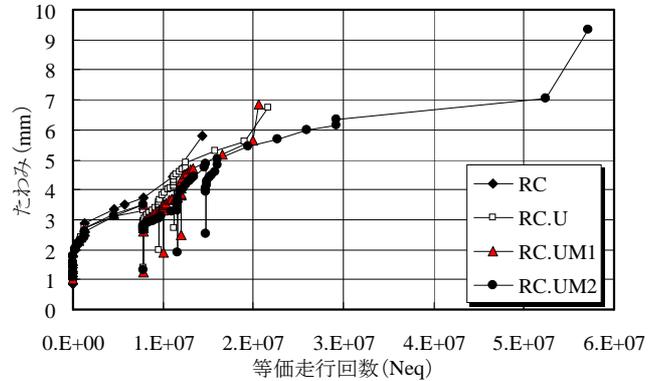


図 2 たわみと等価走行回数回数

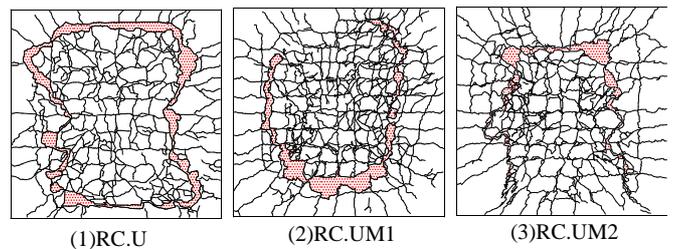


図 3 破壊形状

これは、RC 床版と URFCM の一体性が確保された結果、はく離が抑制されたと考えられ、最終的な破壊モードは全供試体において押抜きせん断破壊となった。

5. まとめ

(1)等価走行回数より、RC.U と比較して RC.UM1 は 1.0 倍で、一次・二次補修後はそれぞれ 1.3 倍、1.2 倍であった。RC.UM2 は 2.6 倍、一次・二次補修後は 2.2 倍、2.0 倍の耐疲労性となり、耐疲労性が評価された。

(2)たわみと等価走行回数の関係から、RC.U と同様に URFCM を用いて繰り返し補修を行った供試体においても、たわみが L/400 付近から著しく増加し、破壊に至った。

(3)供試体 RC.U と比べ、URFCM と接着剤を併用した供試体は、はく離範囲が減少している。これは、付着界面に接着剤により、RC 床版と URFCM の一体性が確保された結果、はく離の抑制に寄与したものと考えられる。

参考文献

1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I, II, III(2002)
 2) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理, 森北出版, 2007.