

鋼床版上 S F R C 舗装の疲労に関する一検討

鹿島道路(株) 正会員 ○児玉 孝喜

鹿島道路(株) 正会員 加形 護

神奈川県平塚土木事務所 近藤 充志

正会員 岩下 幸生

千葉 浩幸

(株)建設技術研究所

古中 仁

1 はじめに

20 年程度経過した橋梁鋼床版において、車両通過時の繰返しによる疲労亀裂の発生が確認されており本格的な補強対策の確立が望まれている。著者らは、接着剤で鋼床版と鋼繊維補強超速硬コンクリートを一体化させることによって鋼床版の剛性向上を図る鋼床上 S F R C 舗装工法を検討している。本報では、接着剤により一体化された鋼床版と S F コンクリートの疲労特性の一検討として、接着剤種類・最適塗布量の選定と疲労載荷試験結果について報告するものである。

2 試験概要

2.1 接着剤の選定

疲労載荷試験に先立ち接着剤の仕様を検討した。接着剤の付着力は、建研式引張試験による付着強度で評価した。接着剤は、ショットブラストで研掃した 500mm×500mm×9mm 鉄板の四辺を同一の鉄板で 70mm 立上げた箱状型枠内に所定量を塗布した。コンクリートの打設は、専用固定具で所定位置に定置された内径 100mm 高さ 70mm の塩ビの内面にテフロンシートを貼付けた塩ビ製型枠内に打設した。試験用端板は、表面のモルタルを除去した後に引張試験実施の 1 時間前に別途用意した速硬性接着剤で固着させた。なお、コンクリートには鋼繊維補強超速硬コンクリートを、接着剤の選定試験にはアクリル系 2 種類およびエポキシ系 1 種類を用いた。なお、目標値は施工後 3～4 時間で 1.0N/mm² 以上とし、材料選定試験は気温 20℃ で塗布量検討試験は気温 10℃ で行った。

2.2 疲労載荷試験

研掃した模擬鋼床版（1.5m×1.4m×12mm(t)、Uリブ厚さ 6mm）上にエポキシ系接着剤を 1.0mm/m²塗布した後に、鋼繊維補強超速硬コンクリート（ $\sigma_{3h \cdot c} = 24\text{N/mm}^2$ ）を打設した。疲労載荷試験（定点）は表 - 1 に示す 2 ケースについて行った。なお、CFRP（炭素繊維グリッド、100×100×6mm）はひび割れ幅の抑制効果を期待し採用したものである。交通量は、神奈川県湘南大橋をモデルケースとし、平日ならびに休日の 24 時間交通量データから 1 年間の累積 5 トン換算輪数を 200 万輪とした。最走行頻度位置の走行回数を「コンクリート舗装要綱（（社）日本道路協会）」に示される車輪の走行位置と走行頻度の関係を参考に全体の 3 割として乗じた。試験機は、（独）土木研究所所有の「大型構造物繰返し載荷試験装置（繰返し最大荷重 50tf、載荷面積 20cm×20cm×2 枚版、版間 10cm）」を用いた。繰返し載荷荷重は過積載車両も考慮し、ステップ毎に 20 年以上とし合計で 60 年を超えるよう、第一ステップとして 10t 荷重で 100 万回、第二ステップとして 15t 荷重で 20 万回、第三ステップとして 20t 荷重で 5 万回の合計 125 万回載荷した（FEM 解析モデルは図-2、表-2 を参照）。さらに、最終的には模擬鋼床版下面の Uリブ近傍を長さ 60cm で切断し横桁に相当する壁部分を撤去し破壊に至るまで静的載荷を行った。なお疲労載荷試験での載荷位置は Uリブと鋼床版溶接部をはさんだ位置、最終の静的載荷試験では載荷版を 1 枚とし載荷位置を Uリブ間中央部直上とした。

表 - 1 試験水準

ケース	舗装内容
1	S F R C のみ
2	S F R C + C F R P（炭素繊維）



写真 - 1 疲労載荷試験

キーワード：鋼床版上 S F R C 舗装、鋼床版、S F コンクリート、疲労、接着剤

連絡先：〒112-0566 東京都文京区後楽 1-7-27 TEL 03-5802-8014

3 試験結果

3.1 接着剤選定試験結果

選定試験結果を図 - 1 に示す。エポキシ系接着剤がアクリル系接着剤よりも大きな値を示し目標値も満足したことから、エポキシ系を選定した。エポキシ系接着剤を用いた場合の塗布量と付着強度の関係を図 - 2 に示す。塗布量は、個々のバラツキ等も考慮して最低 $0.5\text{mm}^2/\text{m}^2$ 、平均 $1.0\text{mm}^2/\text{m}^2$ とした。

3.2 疲労载荷試験結果

125 万回の繰返し疲労载荷前後での静的载荷による荷重応答について、鋼床版下面中央部での鉛直変位量を図 - 3 に、コンクリート内中央部、鋼床版下面中央部、鋼床版溶接部近傍の U リブ外面のひずみ (ε 、いずれも橋軸直角方向) を図 - 4 ~ 6 に示す。いずれのケースも疲労载荷前後での変化が認められなかったことから、繰返し载荷に対する接着剤の有効性が確認された。

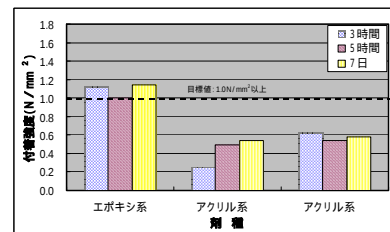


図 - 1 選定試験結果

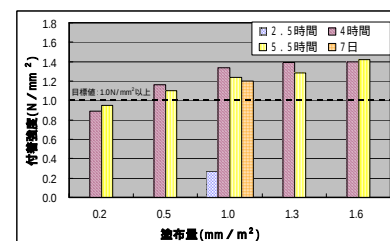


図 - 2 塗布量と付着強度

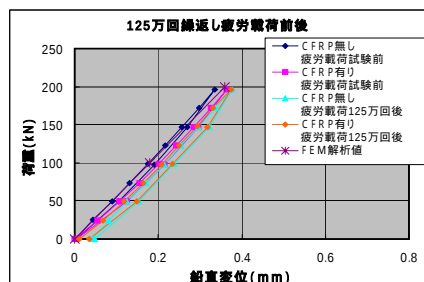


図 - 3 中央部鉛直変位量

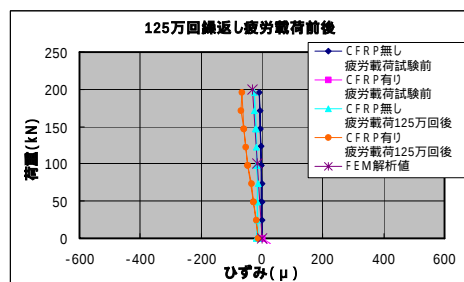


図 - 4 ε (コンクリート内中央部、橋軸直角方向) 図 - 7 FEM解析モデル

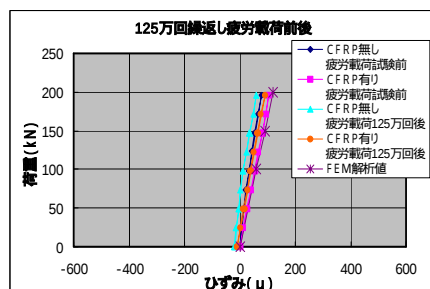
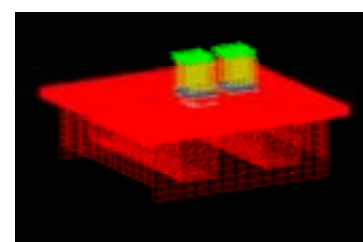


図 - 5 ε (鋼床版下面・橋軸直角方向)

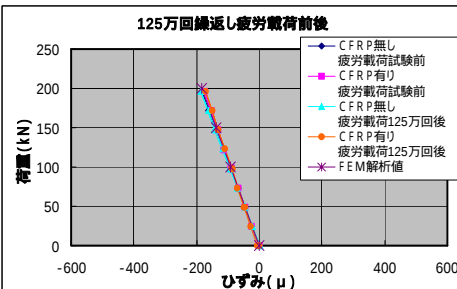


図 - 6 ε (Uリブ外面・鉛直方向)

表 - 2 FEM計算条件

項目	内容
ソフト	汎用3次元解析ソフト
要素	舗装: ソリッド ($t=70\text{mm}$)
	鋼床版: 板要素 ($t=12\text{mm}$)
	Uリブ: 板要素 ($6 \times 320 \times 240\text{mm}$) *長さ 1188mm
	縦横桁: 板要素 ($t=12\text{mm}$)
	節点数: 32,426 点
境界条件	横桁底部を完全拘束

疲労試験後に実施した最終破壊試験結果を図 - 8 ~ 10 に示す。CFRP の有無にかかわらず、U リブ間の鋼床版とコンクリート版との剥離は、鋼床版中央部の鉛直変位量が 4mm の時点で確認された。最終的には接着剤上面とコンクリート版との間でせん断により破壊した (ひび割れはなし)。

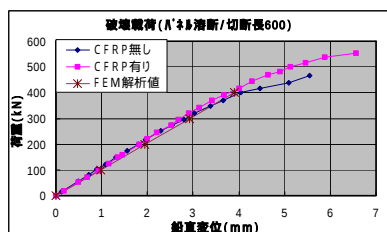


図 - 8 中央部鉛直変位量

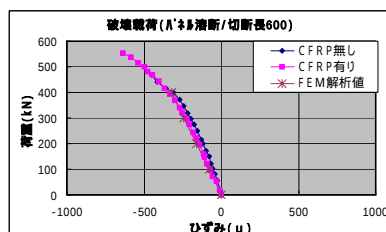
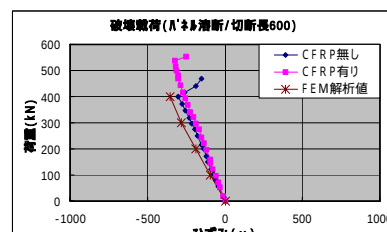


図 - 9 ε (非切断側 U リブ外面・鉛直方向) 図 - 10 ε (切断側 U リブ外面・鉛直方向)



4 まとめ

- (1) 支間中央部に着目して疲労载荷を行った結果、疲労に対するエポキシ系接着剤の有効性が確認された。
- (2) 本载荷試験条件ではひび割れの発生がなかったため、CFRP の効果は確認できなかった。
- (3) 最終的な破壊モードは、接着剤上面とコンクリート版との間におけるせん断破壊であった。せん断に対する疲労抵抗性と主桁直上等部位毎の本工法の有効性については今後の課題である。最後に、貴重な助言や指導を頂いた独立行政法人土木研究所有馬主任研究員に謝意を表します。