

普通セメントに低収縮型早強性混和材を配合したSFRC材の上面補強 における応力低減効果

日本大学大学院 学生会員 ○野口博之 日本大学 正会員 阿部 忠 日本大学 正会員 川井 豊
鹿島道路株式会社 正会員 一瀬八洋 鹿島道路株式会社 正会員 山下雄史

1. はじめに

鋼床版は大型車両の繰り返し走行により局部応力が発生し貫通き裂¹⁾が生じている。そこで本研究では、鋼床版の損傷に対する補強材として普通セメントに低収縮型早強性混和材を配合した SFRC 材を提案する。また、補強法には界面にエポキシ樹脂接着剤を塗布し、本提案する SFRC 材で上面補強した後、輪荷重走行疲労実験を行い、デッキプレートのたわみおよび応力の低減効果を検証し、鋼床版の予防保全型維持管理計画における補強対策の一助とした。

2. 使用材料および供試体寸法

(1) 鋼材 本供試体の鋼材には SS400 を用いる。SS400 の材料特性値はミルシートより、降伏強度 341N/mm^2 、引張強度 462N/mm^2 、ヤング係数 200kN/mm^2 である。

(2) SFRC セメントには普通セメントを用い 15mm 以下の粗骨材、5mm 以下の砕砂、低収縮型早強性混和材と長さ 30mm の鋼繊維を 1.27Vol.%で配合した。SFRC の圧縮強度は 36 時間で平均 33.2N/mm^2 、4 日で平均 56.6N/mm^2 である。

(3) 供試体寸法 鋼床版のデッキプレートは厚さ 12mm、幅 1,765mm、全長 2,500mm、U リブは厚さ 8mm、幅 318mm、高さ 250mm 用いた。U リブの位置は主げた G1 から 206mm の位置、また G2 げたから 301mm の位置に接合する。ここで、鋼床版の供試体寸法を図-1に示す。

3. 供試体作製方法

鋼床版の SFRC 上面補強供試体は、「橋梁補修設計マニュアル」²⁾に準拠した補強法で作製した。

補強前に輪荷重走行を荷重 50kN で 40,000 回走行させ疲労を与えた。その後、デッキプレート上面にショットブラストで 1 種ケレン相当の研掃を行い、防錆剤を塗布する。その後、接着剤を 1.0mm 厚で塗布し、混練した SFRC を 40mm 厚で打設し、養生を行う。

4. 実験方法および等価走行回数

(1) 実験方法 輪荷重走行疲労実験は供試体の端部の横リブから 400mm を起点に 1,500mm の範囲を繰り返し走行させた。鋼床版は初期荷重 50kN で 40,000 回走行させ疲労損傷を与える。その後、1 往復させてた

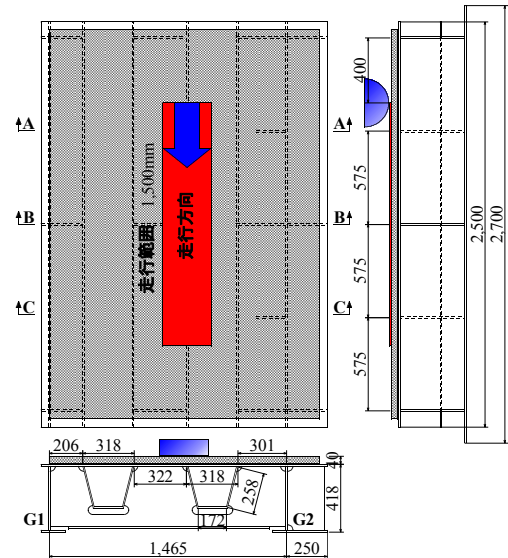


図-1 供試体寸法

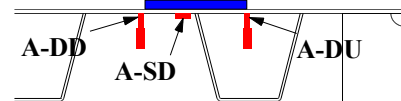


図-2 たわみおよびひずみの計測位置

わみおよびひずみを計測する。その後、SFRC で補強する。補強後は初期荷重 50kN で 40,000 回、荷重 100kN、120kN、140kN、150kN で、それぞれ 20,000 回走行させる。計測は輪荷重が断面 A から C を折り返す 1 往復を動的に計測する。

(2) 等価走行回数 本実験は 20,000 回走行ごとに荷重を増加させたことから、等価走行回数 N_{eq} を算出し SFRC の補強効果および耐疲労性を検証する。SFRC の寿命評価について、水越ら³⁾は SFRC の疲労ひび割れに進展状況を考慮した生存確率 95%の S-N 曲線式(1)を提案している。

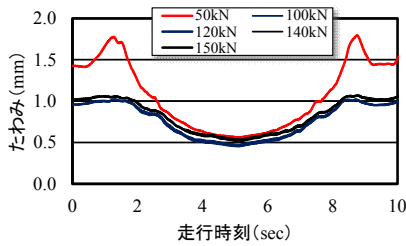
$$S = -9.69 \log N + 102.79 \quad (1)$$

ここに、S (%) : 上限応力比 (=100× 作用最大曲げ応力/静的曲げ強度)

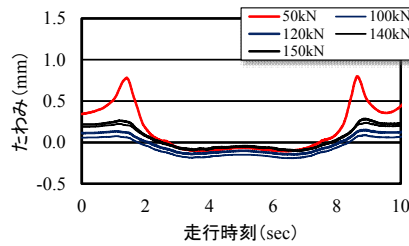
式(1)における S-N 曲線式は上限応力比 (%) であることから S-N 曲線の傾きの逆数 m の絶対値は $m=10.32$ である。SFRC の等価走行回数 N_{eq} の算定には、水越ら³⁾が提案する式(1)より、マイナー則に従うと仮定すると片対数であることから式(2)として与

キーワード：鋼床版、接着剤塗布型 SFRC 上面補強、輪荷重走行疲労試験、局部応力、局部変形

連絡先 〒 275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部土木工学科 TEL 047-474-2459

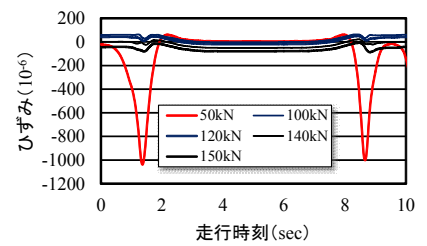


(1) A-DD



(2) A-DU

図-3 たわみと走行時刻の関係

図-4 ひずみと走行時刻の関係
(A-SD)

えられる。基準荷重 $P_0=72\text{kN}$ における上限応力比 S_0 が SFRC の静的強度の $1/3$ を考慮する。

$$N_{eq} = \sum_{i=1}^n [10^{(S_i - S_0)/M}] \times n_i \quad (2)$$

$$S_i = 1/3 \times (P_i/P_0)$$

ここで、 N_{eq} ：等価走行回数(回)、 P_i ：載荷荷重(kN)、 P_0 ：基準荷重(=72kN)、 S_0 ：上限応力度(SFRCの静的強度の $1/3$ (=0.333))、 n_i ：実験走行回数(回)、 M ：S-N曲線の傾きの絶対値(=0.0969)

5. 結果および考察

5.1 等価走行回数 接着剤塗布型 SFRC 上面補強した鋼床版の等価走行回数は式(2)より 146.287×10^6 回であり、0.05mm 程度の微細なひび割れは生じたがひび割れの貫通およびはく離はみられないことから疲労実験を終了した。

5.2 たわみと走行時刻の関係 たわみの計測位置を図-2、たわみと走行時刻の関係を図-3、計測結果を表-1に示す。たわみの計測位置はデッキプレート(A-DD)とUリブ内のデッキプレート(A-DU)とする。

(1) 計測点A-DD 計測点 A-DD の補強前後で最大たわみおよび変動範囲を比較すると 41%、57%低減する結果が得られた。また、補強前は局部変形が発生していたが SFRC 上面補強を施すことにより局部変形から全体変形に移行する結果が得られた。

(2) 計測点A-DU 計測点 A-DU の補強前後で最大たわみおよび変動範囲を比較すると 64%、57%低減する結果が得られた。この位置は局部変形に加え、正負のたわみが発生していることからたわみの交番による疲労き裂が発生し易いと考えられる。しかし、SFRC 上面補強を施すことにより局部変形およびたわみの交番が抑制される結果が得られたことから SFRC の補強効果が評価される。

5.3 ひずみと走行時刻の関係 ひずみの計測位置を図-2、ひずみと走行時刻の関係を図-4、計測結果を表-1に示す。ひずみの計測位置は載荷輪直下のデッキ(A-SD)とする。計測点 A-SD の補強前後で変

表-1 動的計測結果

計測点	補強前			補強後		
	最大値	最小値	変動範囲	最大値	最小値	変動範囲
たわみ(mm)						
A-DD	1.80	0.56	1.24	1.07	0.54	0.53
A-DU	0.80	-0.11	0.91	0.29	-0.10	0.39
ひずみ(10^{-4})						
A-SD	62	-1038	1100	-88	-8	80

動範囲を比較すると 93%低減する結果が得られた。補強前は輪荷重が通過する際、局部的にひずみの増加や正負のひずみが確認されていることから局部応力および交番応力の繰り返しによる疲労き裂が発生し易いと考えられるが、SFRC 上面補強を施すことにより局部応力および交番応力が抑制されることから疲労き裂の発生が抑制されることが考えられる。

6. まとめ

- (1) SFRC 上面補強した鋼床版の輪荷重走行疲労試験における等価走行回数は 146.287×10^6 回であるが、この時に貫通ひび割れおよびはく離は見られないことから SFRC 材の耐疲労性が評価できる。
- (2) デッキプレートの最大たわみおよびたわみの変動範囲、ひずみの変動範囲が大幅に低減していることから提案する SFRC 材の補強効果が評価できる。
- (3) デッキプレートは輪荷重の繰り返し走行により局部変形や局部応力および交番応力が発生し易く疲労き裂の進展が促進される。しかし、接着剤塗布型 SFRC 上面補強を施すことで剛性が向上し、局部変形、局部応力および交番応力の発生が抑制されることで疲労き裂の発生を抑制できると考えられる。

参考文献：

- 1) 土木学会：鋼構造シリーズ 19 鋼床版の疲労 2010 年改訂版，2010。
- 2) (社)建設コンサルタンツ協会近畿支部公共土木施設の維持管理に関する研究委員会道路分科会橋梁 WG ②(補修・補強)：2. 橋梁補修設計マニュアル(案)，2012.7。
- 3) 水越睦視，松井繁之，東山浩士，内田美生：SFRC の曲げ疲労ひび割れ進展寿命の評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.22，No.3，pp.199-204，2000。