

鋼床版上 SFRC 舗装の乾燥収縮に関する一検討

鹿島道路(株)

正会員

〇一瀬八洋, 伊藤清志, 児玉孝喜, 加形護

住友大阪セメント(株)

正会員

鈴木康範

1. はじめに

近年施工例のみられる鋼床版上 SFRC 舗装は, SFRC とデッキプレートを, 高耐久型エポキシ系接着剤を用いて一体化させる道路橋鋼床版の疲労対策工法である. SFRC は, 乾燥収縮に対してデッキプレートからの外部拘束を受けることと主桁腹板上等局部変形が大きいことから SFRC のひび割れ発生は避けられない. SFRC は内在するひび割れの進展を鋼繊維が拘束するものであり, ひび割れ発生後の優れた靱性から鋼繊維が用いられている. さらに, 主桁腹板上の局部変形に対するひび割れ後の剥離抑制として主桁腹板上に幅 1m 程度の CFRP 格子筋が用いられている. しかし, 耐久性確保の観点からは発生するひび割れについては, より発生本数が少なく, かつそのひび割れ幅が小さいことが望まれる. 筆者らはひび割れの発生原因や発生後の SFRC 耐久性に関する研究を行っている. 実橋における乾燥収縮ひずみの挙動を把握することを目的として, 栃木県小山市の O 高架橋において, ひずみ計測を実施したので, ここに報告する.

2. 計測の概要

早強セメントを用いた SFRC 舗装を, 2007 年 10 月 29 日 15:00 に鋼床版上に打設し, 1 日間の封緘養生後に 6 日間のマット+散水養生を行った. 計測の開始は, コンクリートの凝結終了後からを想定し打設から 7 時間後とした. 交通開放は 11 月 7 日に行った. 計測期間は 2 月 12 日までの約 3.5 ヶ月間としたことから, 11 月 7 日以降のデータは供用下の計測となっている. 使用材料を表 1 に, コンクリートの仕様を表 2 に, 用いた配合を表 3 に示す.

SFRC 舗装上にアスファルト舗装を設けない, 1 層タイプの SFRC 舗装であることから, 計測時は, 乾燥収縮や直射日光の影響を受けることとなる. ひずみ計 (KM-100BT) を, SFRC 舗装厚 75mm の 1/2 の位置に設置し, 橋梁支間中央付近の横リブ間隔の中央において橋軸方向 (箱桁中央) と橋軸直角方向 (主桁腹板上) を計測した. SFRC 舗装の断面図を図 1 に, 橋梁の断面図を図 2 に, 側面図を図 3 に示す.

表 1 使用材料

材料	仕様等	製造
セメント	早強セメント, $D_s=3.13\text{g/cm}^3$	住友大阪セメント(株)製
混練水	地下水	
細骨材	砕砂, $D_s=2.63\text{g/cm}^3$, $FM=3.00$	栃木県佐野市
	細目砂, $D_s=2.60\text{g/cm}^3$, $FM=1.90$	千葉県栄町
粗骨材	硬質砂岩, $D_s=2.64\text{g/cm}^3$, $G_{max}=13\text{mm}$	栃木県葛生町
鋼繊維	$\Phi 0.62\times 30\text{mm}$	神鋼建材工業(株)製
混和剤	ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤	BASF ポリリス(株)製

表 2 コンクリートの仕様

項目	内容
設計基準圧縮強度	30N/mm^2 (材齢 7 日)
鋼繊維混入量	120kg/m^3
粗骨材の最大寸法	13mm
スランプ	$6.5\pm 1.5\text{cm}$ (鋼繊維混入後)

表 3 用いた配合

W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)					
		W	B		S	G	SF
			C	EX			
43.0	57.9	175	387	20	956	700	120

※EX: 膨張材, ※※高性能 AE 減水剤 3.66 kg/m^3 使用

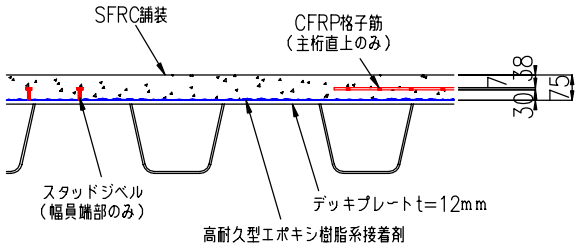


図 1 SFRC 舗装の断面図

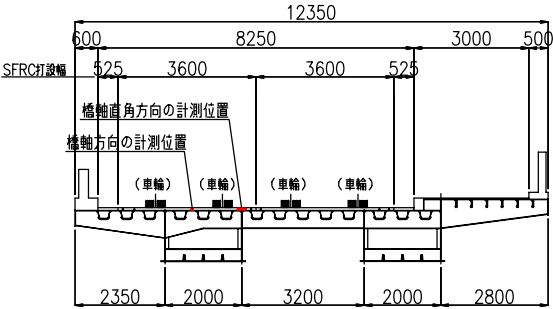


図 2 橋梁の断面図

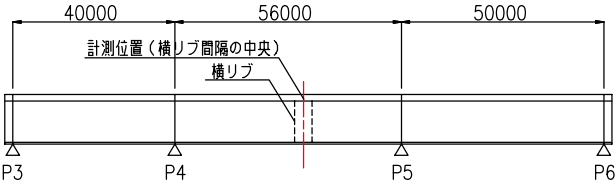


図 3 橋梁の側面図

キーワード 乾燥収縮, 鋼床版, SFRC 舗装, 高耐久型エポキシ系接着剤, ひずみ計測, 疲労
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) 構造物解析・対策グループ TEL03-5802-8014

3. 計測結果

橋軸方向と橋軸直角方向のひずみ、SFRCの内部温度、桁温度、降水量の計測結果を図4に示す。

乾燥収縮による拘束ひずみは、図5に示すように、自由収縮ひずみから計測ひずみを差し引いた値となる。ここでは、自由収縮ひずみを計測していないことから、土木学会コンクリート標準示方書での乾燥収縮の推定式を用い、図4にあわせて示した。

橋軸直角方向ひずみは、養生終了後から乾燥収縮による収縮ひずみが生じるが、降雨によりひずみが戻る傾向である。また、降雨の影響がほとんどない11月12日から12月12日までの1ヶ月間で -140×10^{-6} のひずみが生じた。このことから、SFRCに生じる拘束ひずみは1ヶ月間の自由収縮ひずみ -190×10^{-6} から -140×10^{-6} を差し引いた 50×10^{-6} （自己収縮ひずみを含む）と考えられる。

一方、橋軸ひずみは初期に収縮ひずみが生じその後引張ひずみが生じる。これは、桁は外気温の低下とともに収縮するが、SFRCは発熱によりほとんど収縮しないため、桁の変形に追従し収縮ひずみ約 -30×10^{-6} が生じ、その後、SFRCの温度低下に伴い拘束ひずみ 50×10^{-6} が生じたと推測される。この時のSFRC内部と桁の温度差は 6°C であり、SFRCの線膨張係数を 11×10^{-6} と仮定すると、拘束ひずみは 66×10^{-6} （温度 $\times$ 線膨張係数）となる。その後、日々の温度変化にともない $50 \times 10^{-6} \sim 100 \times 10^{-6}$ のひずみが周期的な変動が見られるが、全体的なひずみはほとんど変化してない。前者は、SFRC内部と桁の温度差（ $4 \sim 8^{\circ}\text{C}$ ）が原因で、拘束ひずみは $-44 \times 10^{-6} \sim -88 \times 10^{-6}$ （温度 $\times$ 線膨張係数）となり計測結果とほぼ一致する。また、全体的な変化がないのは、乾燥収縮によるひずみをCFRP格子筋と桁が拘束していることが原因と推測される。このことから、SFRCに生じる乾燥収縮による拘束ひずみは1ヶ月間の自由収縮ひずみ 190×10^{-6} （自己収縮ひずみを含む）がそ

のまま生じていると考えられる。

膨張材の効果は、橋軸方向についてはCFRP格子筋と桁に拘束されているため、ひずみが発生していない。つまり、SFRCには圧縮ひずみ生じていると考えられる。一方、橋軸直角方向には、初期に 10×10^{-6} 程度の膨張ひずみが生じているが、コンクリートの発熱をデッキプレートのみが拘束することにより生じる収縮ひずみとの合計値であると考えられ、膨張材の効果については、本計測だけでは不明であり今後の検討課題であると考えられる。

4. まとめ

実橋での3.5ヶ月間のひずみ計測を実施し、鋼床版の構造が、SFRCの乾燥収縮、温度差などに与える影響について検討を実施した。その結果、以下の知見が得られた。

- ・箱桁中央部の橋軸方向と主桁腹板上の橋軸直角方向では、鋼床版による拘束効果が異なっている。とくに橋軸方向はデッキプレートに加えCFRP格子筋と桁によってSFRCの乾燥収縮を拘束するため、乾燥収縮によるひび割れは橋軸直角方向に発生し易いと考えられる。
- ・箱桁中央部の橋軸直角方向はデッキプレートのみ拘束であり、この程度の拘束では乾燥収縮は降雨により膨張する（戻る）傾向にある

なお、本計測は主桁上（橋軸直角方向）、横リブ間中央の橋軸方向の計測であり、横リブ上などの部位は計測していない。今後は、FEM解析などを用いて、他の部位の拘束度合いなどについて、検討していく考えである。

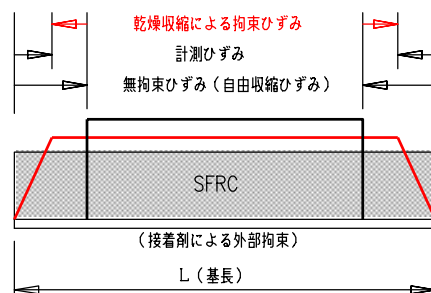


図5 乾燥収縮ひずみの概念図

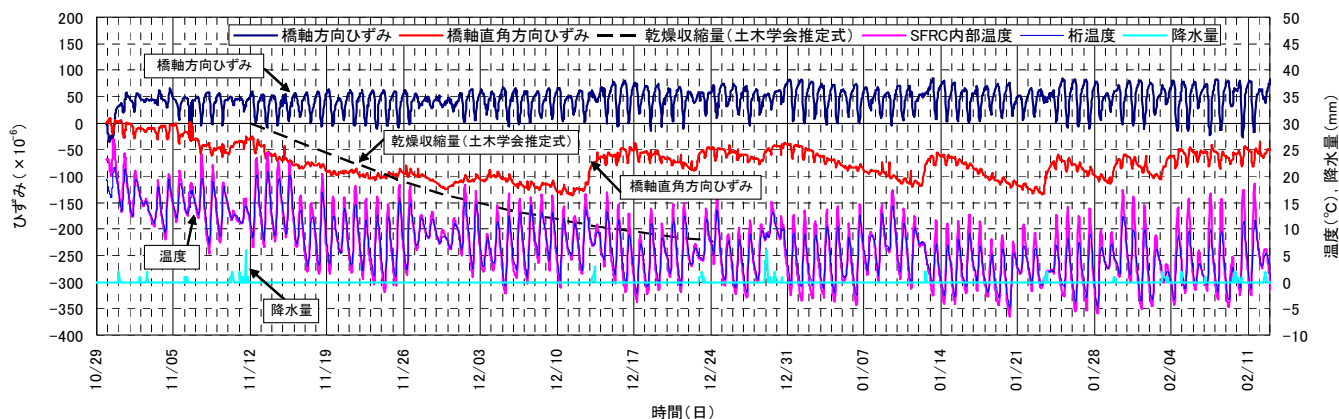


図4 計測結果