

鋼床版上 SFRC 舗装の FEM を用いた乾燥収縮に関する検討

鹿島道路(株)

正会員 ○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, 小林哲夫

1. はじめに

道路橋鋼床版の疲労対策工法である鋼床版上 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にて一体化させる構造である(図-1)。そのため、SFRC の乾燥によって収縮する挙動を、デッキプレートが拘束し、SFRC にひび割れの原因となる引張応力が発生することとなる。実橋での SFRC 舗装のひび割れは、施工後半年以上経って発生する場合があります、ここでのひび割れの原因は、走行車両などによる外力によるものと、壁高欄などと同様に SFRC の乾燥収縮が外部拘束されることの複合劣化によるものと考えられている。しかしながら、今までコンクリートと鋼板を接着剤にて一体化させた構造における乾燥収縮の外部拘束度については、必ずしも明らかとされていない。また、外部拘束によって生じる拘束ひずみは、コンクリートの収縮特性、橋梁の構造、気象環境に依存し橋梁毎に異なることから、設計の段階で拘束ひずみの影響を評価するためには、解析的に拘束ひずみを求めることが必要である。

筆者らは今まで SFRC の乾燥収縮に着目し、室内での乾燥収縮を小型試験体にて計測するとともに、有限要素法(以下、FEM)にて、乾燥収縮の挙動を再現するためのモデル化の検討を実施した¹⁾。また、栃木県小山市の O 高架橋において 3.5 ヶ月間のひずみ計測を実施し、橋軸方向と橋軸直角方向でひずみの挙動に違いがあることを確認した²⁾。本報では、これらの検討を踏まえ、FEM を用いて O 高架橋での SFRC の乾燥収縮による挙動を再現する検討を実施したので、ここに報告する。

2. O 高架橋の概要とひび割れ状況

O 高架橋は車道幅員 8.25m、支間 40+56+50m の 3 径間連続鋼床版箱桁橋であり、支承は固定部にピン支承、可動部にピンローラー支承が使用されている。

全面交通止めでの施工が可能であったことから、SFRC には早強セメントを用いた。また、乾燥収縮によるひび割れを抑制するために、膨張材と高性能 AE 減水剤を使用し材料面からの対策を実施した。ひずみ計測は図-2、

図-3 に示すように支間中央の箱桁上で実施した。

SFRC のひび割れは、交通開放から 1 年 7 ヶ月後において、橋軸方向には伸縮装置近傍の主桁直上に約 1m の延長で発生し、橋軸直角方向には発生していない。交通開放から 2 年後では、主桁直上にひび割れが 1 本発生し、橋軸直角方向には幅 0.1mm 以下のひび割れが発生した。尚、ひび割れ部の SFRC とデッキプレートの界面は、打音検査にて付着していることを確認した。

3. O 高架橋のひずみ計測結果の概要

ひずみ計測では、①橋軸方向の計測ひずみは、長期的な変化が生じないこと、②橋軸直角方向の計測ひずみは、徐々に圧縮ひずみが生じ、③降雨時には、発生した圧縮ひずみがキャンセルされることが明らかとなった(詳細は文献 2)を参照)。FEM による検討では、上記①、②に着目して、シミュレーションを実施することとした。

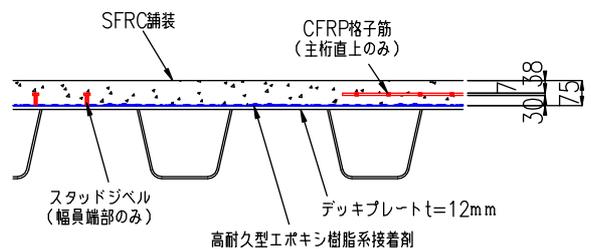


図-1 SFRC舗装の断面図

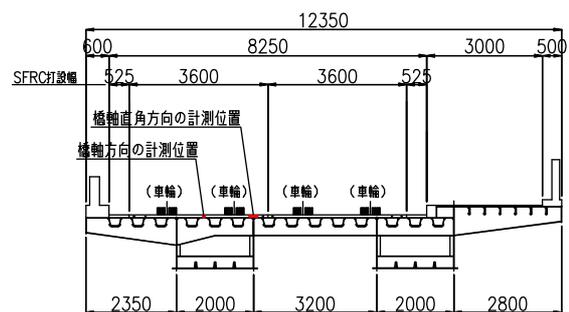


図-2 橋梁の断面図

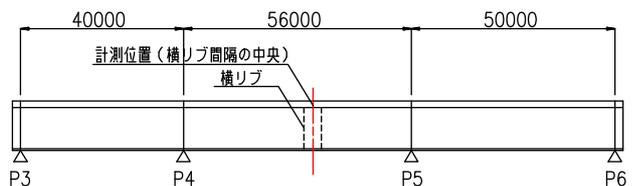


図-3 橋梁の側面図

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

4. FEM

解析は図-4に示すように1/4モデルとし、SFRC、接着剤、デッキプレートをソリッド要素、その他を板要素とした。解析に用いた材料特性を表-1に示す。SFRCは文献1)に示すように厚さを8分割し、乾燥収縮量は30日後にSFRC表面で -190×10^{-6} 、下面で -38×10^{-6} の台形分布で定義した。メッシュサイズは、着目部の支間中央付近は100mm、その他は、橋軸直角方向に300mm程度、橋軸方向に1250mmとした。解析プログラムはMIDAS-IT社のMIDAS-FEA Ver.3.0.0を使用した。支承の拘束条件は、鉛直方向と橋軸直角方向は固定とし、橋軸方向については、可動(FREE)と固定(FIX)の2ケースを実施した。

5. 計測とFEMの比較

計測ひずみは、直射日光による温度差や雨水の影響を受けることから、FEMとの比較を実施する際には、温度差の影響が少ない早朝6時の値を使用した。また、比較する期間は雨水の影響がない、11月13日を基点(ゼロ)とする30日間とした。ひずみの比較を図-5に示す。橋軸直角方向のひずみは、計測とFEMは比較的に一致し、日数が経過するに従い圧縮ひずみが増加する傾向となった。また、橋軸方向のひずみもFEMと比較的に傾向が一致し、特に橋軸方向の支承条件を固定(FIX)とした方が一致する傾向である。これは、支承は摩擦係数分の水平力を拘束することや、壁高欄をモデル化していないことなどが原因ではないかと推測される。

FEM(FREE)における30日目の橋軸方向の拘束ひずみの分布を図-6に示す。拘束ひずみは、無拘束時の乾燥収縮量(-190×10^{-6})から解析ひずみを差し引いた値とした。主桁腹板上(①、③)および主桁腹板間中央(②)のいずれの位置においても、橋梁の全長に渡って $125 \sim 150 \times 10^{-6}$ の拘束ひずみが生じている。このことから、乾燥収縮に起因する橋軸直角方向のひび割れは、橋面全体に生じる可能性があるかと推測される。

6. まとめ

- 今回のFEMの範囲において以下の知見が得られた。
- 乾燥収縮の拘束ひずみは、FEMにおいてSFRCの厚さ方向に乾燥収縮量を変化させることで推定可能である。
- ひずみ計測と同様に、FEMにおいても橋軸方向と橋軸直角方向では、鋼床版による拘束度が異なる。
- 拘束ひずみは橋軸直角方向の値は小さく、橋軸方向は全長にほぼ一律に大きな値が生じる。

参考文献 1)一瀬ら：鋼床版上SFRC舗装における乾燥収縮による拘

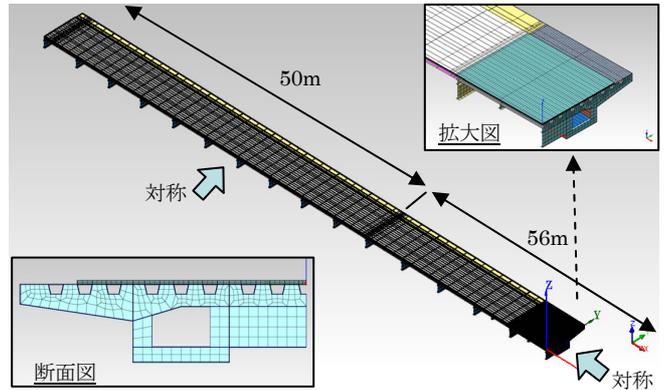


図-4 FEMモデルの鳥瞰図

表-1 材料特性

	要素		弾性係数 (N/mm ²)	ポアソン比
	種類	数		
SFRC	ソリッド	55,048	30,000	1/6
接着剤	ソリッド	6,881	2,000	0.3
デッキプレート	ソリッド	8,339	200,000	0.3
その他	板	12,469	200,000	0.3

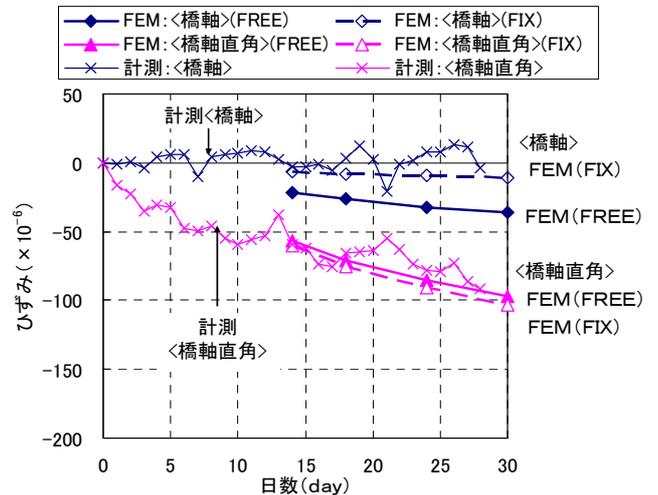


図-5 計測とFEMの比較

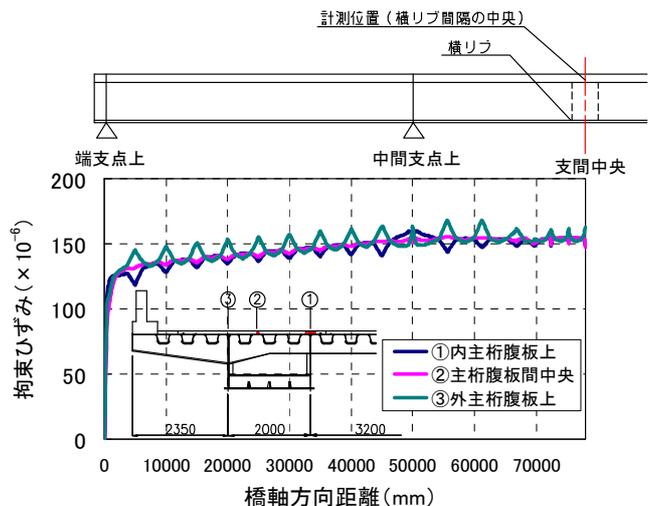


図-6 FEMによる橋軸方向の拘束ひずみ

束ひずみの推定, 土木学会第63回年次学術講演会, 平成20年9月
2)一瀬ら：鋼床版上SFRC舗装の乾燥収縮に関する一検討, 土木学会第65回年次学術講演会, 平成22年9月