

超速硬セメントを用いた鋼床版上 SFRC 舗装の寒中施工対策 (その2) 温度解析

鹿島道路(株)

正会員 ○一瀬八洋, 伊藤清志, 児玉孝喜

(株)NIPPO

鈴木隆広

住友大阪セメント(株)

正会員

鈴木康範

1. はじめに

道路橋鋼床版疲労対策として近年施工例のみられる SFRC 舗装工法は, SFRC とデッキプレートの接合に高耐久型エポキシ系接着剤を用いている。また, 高速道路上では, 交通規制の制約から SFRC に超速硬セメントを使用し養生時間の短縮が行われている。しかしながら, 寒中施工においては, コンクリートに必要な養生の 3 時間よりも, 接着剤の養生時間の方が長くなる場合がある。そのため, 外気温度が 5°C 程度での施工においては, 夏期に比べ施工延長が短くなる傾向であり, 接着剤の養生時間の短縮が課題となっている。

エポキシ接着剤の本工法における必要強度は, 積算温度 $110^{\circ}\text{C}\cdot\text{hr}$ にて $1\text{N}/\text{mm}^2$ 以上が得られることが確認¹⁾されている。接着剤の硬化を早めるには SFRC の上面から給熱し養生温度を上げる方法が考えられた。そこで, 接着剤の養生時間の短縮を目的として, 給熱養生シートなどを用いた試験施工を実施し, その効果を確認した²⁾。

本報はこの試験施工で得られたコンクリート温度履歴について, 温度応力解析を用いて検討した結果を報告するものである。

2. 試験施工の概要

筆者らは文献²⁾に示すように, 防炎シートなどを 3 重にした標準養生, コンクリート給熱養生シート A, B の 2 種類, 市販品のホットカーペット, 農業用ジェットファンの 5 タイプの養生方法について試験施工を実施した。その結果, 給熱養生シート A, B を用いることで, 標準養生よりも養生時間を 30 分程度短縮できることを確認した。試験施工は **写真 1** のように, アスファルト舗装をビニールシートで保護し, その上に実施工と同厚の SFRC ($t=50\text{mm}$) を打ち込んだ。試験日の天候は晴れ, 天空に雲はほとんどなく, 風速は $0\text{m}/\text{s}$ の状況であった。

試験開始時の気温と湿度は約 5°C と 40% であったが, 徐々に気温は低下, 湿度は上昇しコンクリートの養生中には 1°C と 80% を記録した。試験に用いた鋼繊維補強超速硬コンクリートの配合を表 1 に示す。

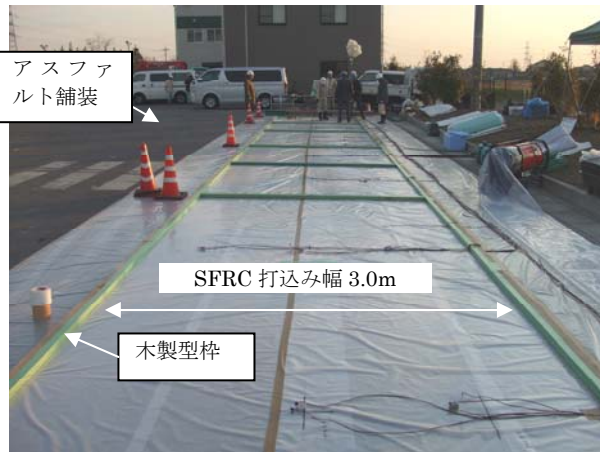


写真 1 試験施工状況

表 1 鋼繊維補強超速硬コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)				
		W	C	S	G	SF
39.5	51.2	170	430	851	858	100

※単位水量には減水剤を含む

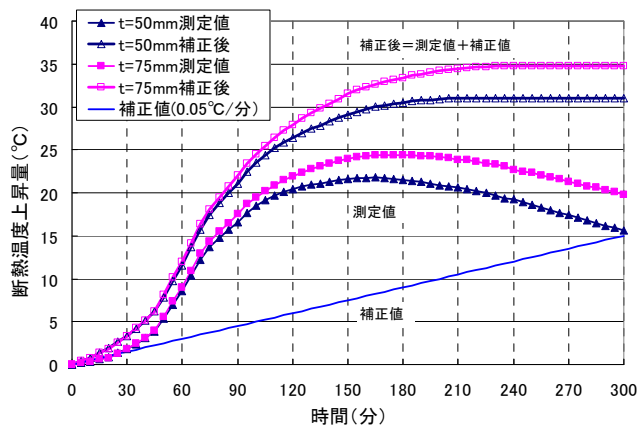


図 1 超速硬コンクリートの断熱温度上昇量

3. 超速硬コンクリートの断熱温度上昇量

断熱温度上昇量は, 発泡スチロール箱に実施工と同厚の $t=50\text{mm}$ と, 1.5 倍厚の $t=75\text{mm}$ を打ち込み, 簡易的に測定した。簡易的な測定では, 完全に断熱できないため補完する方法が種々提案されているが, ここでは, 単純に最高温度以降の温度低下勾配 ($0.05^{\circ}\text{C}/\text{分}$) を測定値に加えたものを断熱温度上昇量 (図 1) とした。その結果, 約 180 分後に最高温度に達し, $t=50\text{mm}$ と $t=75\text{mm}$ では約 5°C の温度差が生じており, SFRC 厚により発熱量が異なることを確認した。また, SFRC の温度は上面, 厚

キーワード 超速硬セメント, 水和熱 FEM 解析, 高耐久型エポキシ系接着剤, SFRC 舗装, 寒中施工

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

さ中心、下面で一定であった。

4. FEMによる水和熱の解析

FEM解析モデルを図2に、材料特性を表2に示す。解析はSFRC (t=50mm)、アスファルト舗装 (t=60mm)、路盤 (t=250mm) を三次元でモデル化した。

給熱シートの熱量は、SFRCとシートが完全に密着しておらず、空気の層を介して伝達されることから、SFRC表面の外気温度として定義した。コンクリート打ち込み時の実測温度は約10℃であり、おおむね外気温+5℃であった。実測値とFEM解析値の比較について、標準養生を図3に、給熱シート養生を図4に示す。SFRCは1.5～2時間で最高温度に達し、養生シート撤去と同時に急激に温度が下降する傾向である。

FEM解析におけるSFRC表面の熱伝達係数はマスコンクリートの温度解析で一般的に用いられるシート養生6W/(m²・℃)、養生なし14W/(m²・℃)とした。シート養生(3時間後)までは実測値とFEMが比較的一致しており、このとき、コンクリートの発熱はほぼ終了していることから、本検討のような断熱温度上昇量の設定でもシート養生までは温度履歴を精度良く再現している。

一方、シート撤去以降は実測値とFEMが大きく乖離した。そこで、逆解析にてシート撤去以降の熱伝達係数を推定したところ、20～30W/(m²・℃)の値となった。当日はほとんど風の影響はないが、シート養生の時間が短いため、撤去時のSFRC温度が高いこと、水分の蒸発により熱が奪われたこと、天空に雲がほとんどなく天空放射による影響があったことなどが原因と推測される。

5. まとめ

外気温が1～5℃時において、水和熱による温度履歴は、簡易的に測定した断熱温度上昇量を用いたFEM解析と実測値がほぼ一致した。そのため、FEM解析にて超速硬セメントを用いた薄層コンクリートの水和熱による挙動を再現できると考えられる。

今回の条件では、シート撤去以降の熱伝達係数が20～30W/(m²・℃)と大きめの値となった。今後実橋においても温度計測を実施する予定であるため、種々の条件での熱伝達係数を検証していく考えである。

参考文献

- 1) 児玉ほか：鋼床版上SFRC舗装の寒冷地への適用に関する一検討，第10回北陸道路会議，平成18年6月
- 2) 伊藤ほか：超速硬セメントを用いた鋼床版上SFRC舗装の寒中施工対策（その1），平成21年度全国大会第64回年次学術講演会

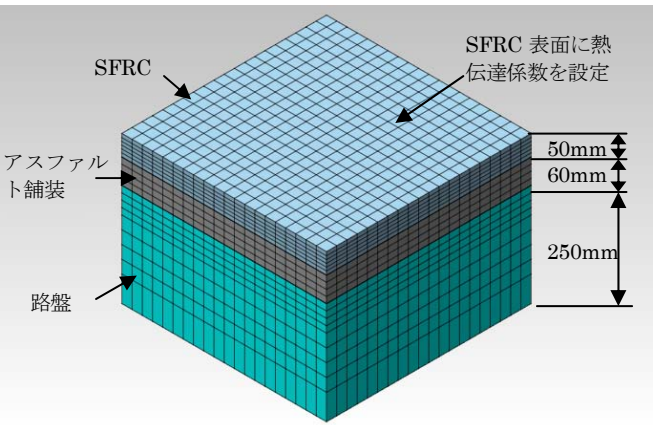


図2 FEM解析モデル図

表2 材料特性

	単位	SFRC	アスファルト 舗装	路盤
要素高	mm	50	60	250
弾性係数	N/mm ²	材料非線形性を考慮 1年後 40,000	2,000	300
ポアソン比	—	0.2	0.35	0.35
線膨張係数	—	1.0e-005	1.0e-005	1.0e-005
熱伝導率	W/(m・T)	2.7	1.5	1.0
比熱	J/(kg・T)	1160	920	810

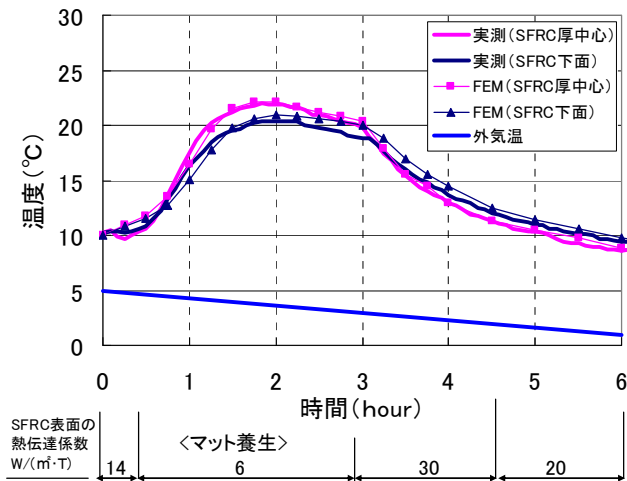


図3 標準養生の実測値とFEM解析値の比較

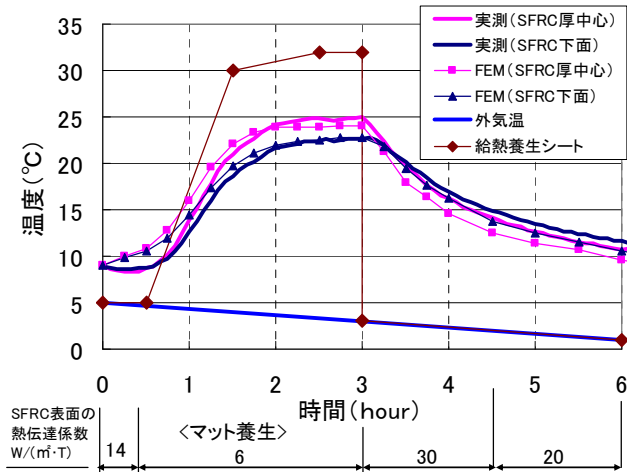


図4 給熱シート養生の実測値とFEM解析値の比較