

## 膨張材の効果を検討した場所打ち PC 床版の有限要素法解析

(社) 日本橋梁建設協会 正会員 ○倉田 幸宏  
 (社) 日本橋梁建設協会 正会員 江頭 慶三  
 (社) 日本橋梁建設協会 正会員 師山 裕  
 (株) CRCソリューションズ 和内 博樹

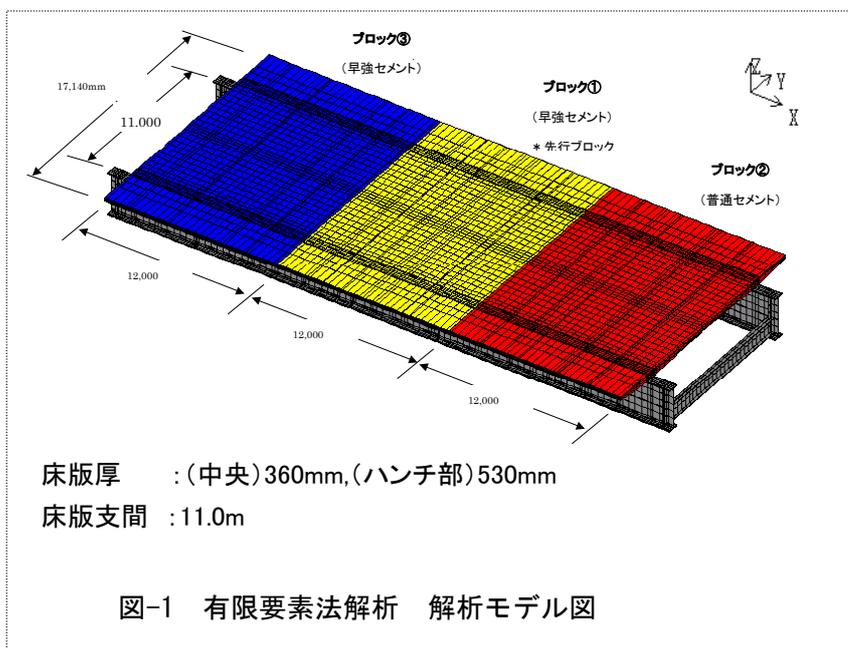
### 1. はじめに

移動型枠による場所打ち PC 床版のひび割れ原因と考えられる以下の内容に着目して、「実物大模型を用いた検証実験」の施工ステップに対応した有限要素法解析を実施した。

- 1) 水和熱によって上昇したコンクリート温度が低下する際の床版に生じる引張応力に対する膨張材効果の定量的な把握
- 2) PC 鋼材の緊張による橋軸方向の引張応力の定量的な把握
- 3) 移動型枠のリバウンドおよび隣接径間施工時の不曲げに起因する床版の引張応力の定量的な把握

### 2. 解析モデルと解析手法

解析モデルは図-1 に示すように実験供試体を再現した立体モデルとして解析を実施した。なお、鋼桁上フランジと床版下面は同一節点としてモデル化した。解析手法としては非線形温度応力解析と線形応力解析を同一節点モデルで解析を実施して、コンクリート打設による水和熱の影響や外気温、乾燥収縮および膨張材の効果に対しては非線形温度応力解析を、床版自重や PC 鋼線の緊張、ジャッキアップ荷重については線形応力解析を実施して、それぞれの応力の6成分を足し合わせることにより、実験時におけるステップ毎の応力分布、変形挙動を評価した。



### 3. 解析諸元

温度解析で用いた断熱上昇量を図-2 に示す。ここで断熱温度上昇量とはコンクリート内部温度を算出する基礎データとなるものあり本解析では断熱温度上昇試験による試験結果を用いた。熱伝達率は大気との間に熱の出入りがある境界での特性値で部材表面部の温度に大きな影響を及ぼすため型枠の有無、種類、養生方法、周囲の風速など考慮して決定する必要がある。本解析については計測結果を反映して決定した（表-1 参照）。

表-1 熱伝達率

部位	材 齢	養生方法	熱伝達率(W/m <sup>2</sup> °C)
床版上面	0~6(r)	養生なし	140
	6(r)~3日	養生マット+散水	120
	3日~7日	シート被覆	120
	7日~	養生なし	140
床版側面	0~4日	移動(鋼製)型枠	60
及び下面	4日~	養生なし	140
鋼桁表面		養生なし	120

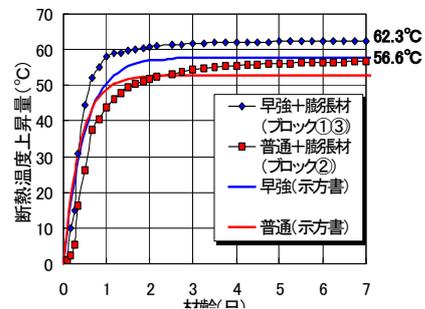


図-2 断熱温度上昇量

キーワード：場所打ち PC 床版、温度応力、非線形温度応力解析、膨張材、線膨張係数、実物大実験

連絡先：〒104-0061 東京都中央区銀座 2-2-18 日本橋梁建設協会 床版研究委員会 TEL03-3561-5225

コンクリートの乾燥収縮や膨張材を添加したことによる膨張材の効果は床版の各節点が様に収縮／膨張するとして解析に反映した。本解析での収縮・膨張ひずみは別途実施した1m供試体の実験結果からデータをそれぞれ早強／普通と分けて整理し、床版厚36cmと53cmの結果の平均値を入力値として用いた（図-4参照）。なお解析の際の線膨張係数は表-2の値を用いている。

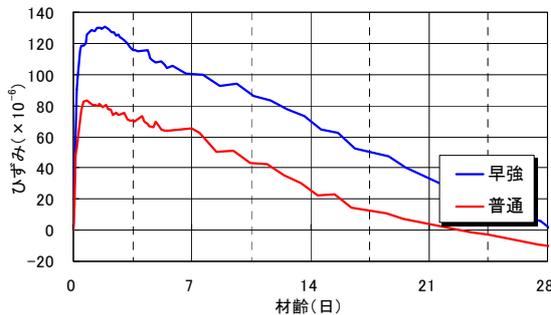


図-3 収縮・膨張ひずみ（1m供試体試験結果）

表-2 解析におけるみかけの線膨張係数

	事後解析（早強）	事後解析（普通）
温度上昇時 材齢 (0～4日)	$\alpha = 4.65$ $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	$\alpha = 6.55$ $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
温度下降時 材齢 (0～4日)	$\alpha = 8.7$ $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	$\alpha = 8.25$ $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
材齢4日 以降	$\alpha = 10.0$ $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	$\alpha = 10.0$ $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

#### 4. 解析結果

移動型枠による場所打ちPC床版の施工において発生する可能性の高いひび割れとして以下の2タイプについて着目して解析結果を総括する。

- ・タイプ① 打継目に発生する橋軸方向ひび割れ
- ・タイプ② 主桁と横桁交差部から発生する橋軸直角方向ひび割れ

タイプ①のひび割れは橋軸直角方向の応力が卓越した時に発生するひび割れで、プレストレスを導入すれば発生しないが、プレストレスを導入するまでに水和熱などにより床版に引張応力が卓越する場合発生する。本実験ではプレストレス導入直前が床版中段面の応力が最大となっている（図-4参照）。膨張材の効果は拘束の大きなこの位置で最も発揮されており、③ブロック（早強）については $1.5\text{N}/\text{mm}^2$ 程度の効果が確認される。グレードアップとして実施した1次緊張の効果は床版中段位置では $0.36\text{N}/\text{mm}^2$ の圧縮応力が確認される。

タイプ②のひび割れは主桁と横桁の交差部に橋軸方向応力が卓越する時に発生すると考えられ、本実験ではジャッキアップ時(34ton×4)に発生すると考えられ、床版中段の引張応力が最大となっている（図-5参照）。この位置における膨張材の効果は、③ブロック（早強）について $0.5\text{N}/\text{mm}^2$ 程度の効果が確認される。

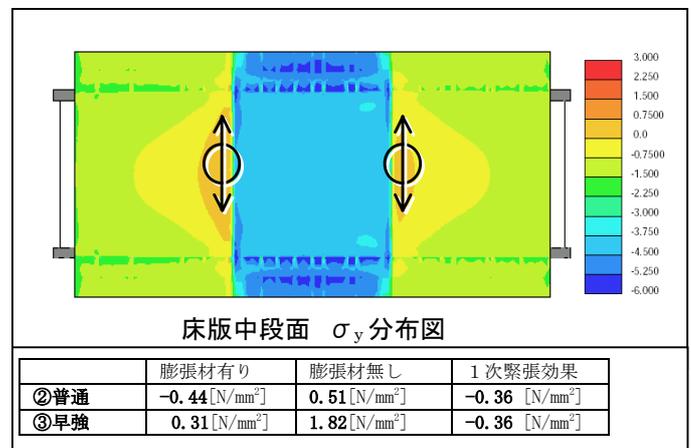


図-4 橋軸直角方向床版中断面応力分布図

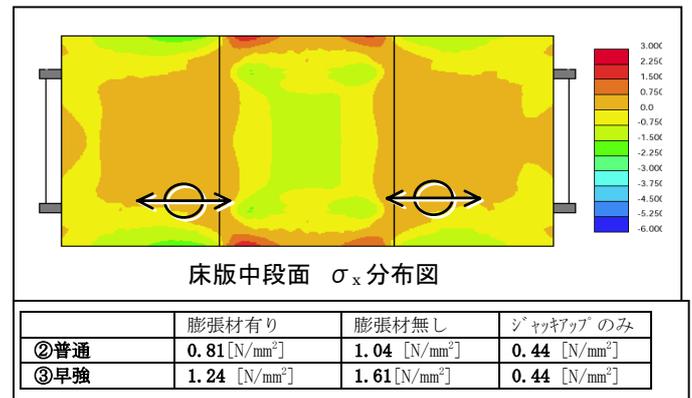


図-5 橋軸方向床版中断面応力分布図

#### 5. まとめ

非線形温度解析における膨張材の効果について、実験・解析結果より以下の点が明らかになった。

- ・ 膨張材の効果はPC緊張直前の打ち継ぎ目に発生する橋軸直角方向引張応力に最も効果がありその値は $1.5\text{N}/\text{mm}^2$ であった。
- ・ 橋軸方向については主桁と横桁交差部及び床版支間内部で発揮され効果として $0.5\text{N}/\text{mm}^2$ であった。
- ・ 別途、実ひずみについて実測値と解析値の比較をした結果、解析は精度良く再現されたことが確認できた。