

膨張材を適用した3H工法高橋脚の膨張収縮挙動とひび割れ抑制効果

株式会社 奥村組 技術研究所 フェロー会員 ○東 邦和
 株式会社 奥村組 技術研究所 正会員 川口昇平
 株式会社 奥村組 西日本支社 正会員 桑原昭浩
 国土交通省中国地方整備局三次河川国道事務所 石川庄嗣

1. はじめに

3H工法は、従来のRC橋脚で用いられてきた軸方向鉄筋をH形鋼に置き換え、さらに鋼材を軸方向鉄筋とスパイラル筋で囲った構造（スパイラルカラム）である。ひび割れ抑制のために、事前の検討から膨張コンクリートを最下段リフトに使用した。本リフトと2段目のリフトにおいて、効果を確認するために計測を実施した。膨張コンクリートの効果を解析で評価する手法として、提案している3次元FEM解析モデルに初期の有効ヤング係数補正係数と膨張ひずみを与える方法¹⁾を適用した。また、配置鋼材のモデル化の有無による解析結果を測定結果と比較して、ひび割れ抑制効果を検討した。

2. 計測概要

使用材料と配合を表-2に、配置鋼材の鉄筋比と種類を表-3に示す。3H橋脚躯体と計測位置を図-1に示す。計測器の配置を図-2に示す。中空断面橋脚の橋軸直角方向幅は8.5m、高さ7.0m、壁厚さ1mである。計測器設置位置はリフト高さ5.4mの中間2.7m位置であり、スパイラルカラムの間である。水平方向には帯鉄筋に拘束され、鉛直方向には縦筋とH形鋼に拘束されている。

3. 計測結果

温度測定結果を図-3に示す。打設温度は16℃、ピーク温度は材齢2.5日で42.2℃であった。コンクリートひずみ測定結果を図-4に示す。橋軸直角方向ひずみは 238×10^{-6} 、橋軸方向ひずみ（壁厚さ方向）は 457×10^{-6} である。鉛直方向ひずみは 291×10^{-6} である。壁厚さ方向に比べて拘束の大きい橋軸直角方向、鉛直方向のひずみは小さい。3H橋脚構造は中間帯鉄筋の役

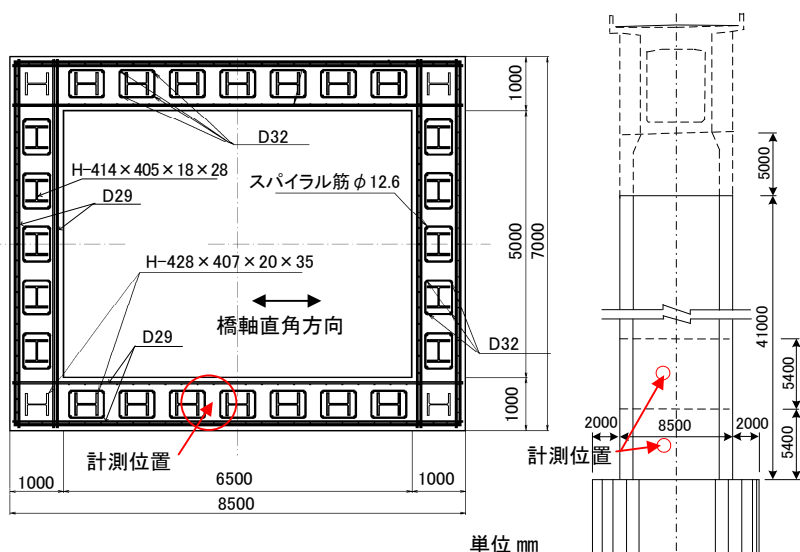


図-1 3H橋脚躯体と計測位置

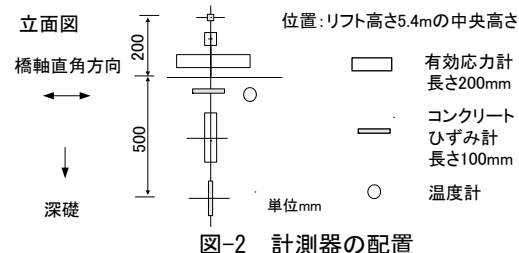


図-2 計測器の配置

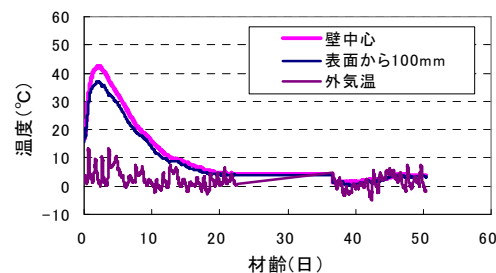


図-3 温度測定結果（第1リフト）

キーワード：3H工法，マスコンクリート，膨張コンクリート，温度応力解析，ひび割れ，鉄筋拘束

連絡先 〒300-2612 茨城県つくば市大砂 387 (株)奥村組 技術研究所 TEL 029-865-1521 FAX 029-865-1522

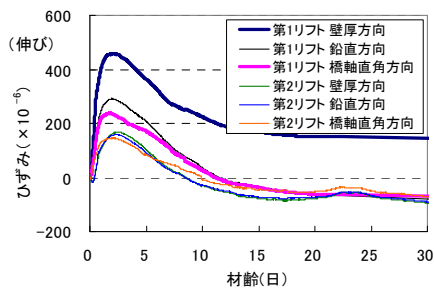


図-4 コンクリートひずみ測定結果

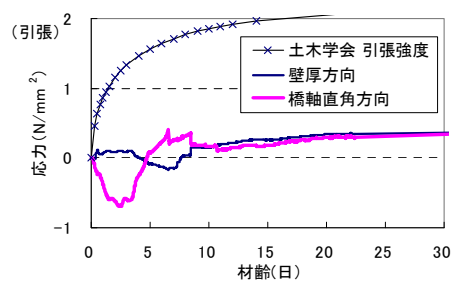


図-5 有効応力測定結果(第1リフト)

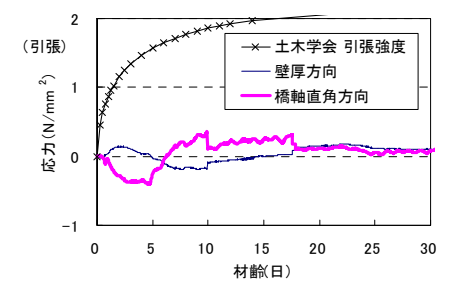


図-6 有効応力測定結果(第2リフト)

割をスパイラルカラムが受け持っているが、壁厚さ方向もこの拘束を受けて膨張ひずみが自由膨張の値 (700×10^{-6} 程度) より小さい結果となった。膨張材のない第2リフトのコンクリートひずみは各方向とも違いはなく $150 \sim 170 \times 10^{-6}$ である。有効応力計による応力の測定結果を図-5, 6に示す。第1リフトでは橋軸直角方向で -0.69 N/mm^2 の圧縮応力が導入され、橋軸方向(壁厚方向)では -0.17 N/mm^2 と小さい値であるが、実際にもひび割れが防止された。第2リフトでは外部拘束が小さくひび割れ発生に繋がる引張応力は測定されていない。

4. 解析モデルと解析結果

鉄筋モデルと無筋モデルの解析を行なった。拘束圧依存性を表す双曲線式を用いて、時間軸における膨張ひずみの増分を各軸方向の拘束圧に従って低減して計算した¹⁾。双曲線式を式(1)に示す。

$$\varepsilon_{ci} = (\varepsilon_0 - \varepsilon_f) / (1 + a\sigma_i) + \varepsilon_f \quad (1)$$

ここに、 ε_{ci} : i 方向の膨張ひずみ

ε_0 : 無拘束の膨張ひずみ、 ε_f : 拘束無限大の膨張ひずみ

a : 拘束圧依存パラメータ、 σ_i : i 方向の拘束圧 (N/mm^2)

双曲線式のパラメータは $\varepsilon_f / \varepsilon_0 = 0.05$, $a = 5$ とした。解析条件を表-4に示す。圧縮強度、ヤング係数と材齢の関係は標準示方書に準拠した。解析に用いた膨張ひずみの特性を図-7に示す。第1リフト解析モデルを図-8に示す。鉄筋モデルでは橋軸直角方向と鉛直方向の鋼材をモデル化し、スパイラル筋はモデル化していない。コンクリートひずみの解析結果を図-9に示す。解析されたコンクリートひずみは橋軸直角方向で 195×10^{-6} 、橋軸方向(壁厚さ方向)で 709×10^{-6} 、鉛直方向で 224×10^{-6} である。コンクリート応力解析結果を図-10に示す。鉄筋モデルの解析値は橋軸直角方向で -0.49 N/mm^2 と無筋モデルの -0.23 N/mm^2 より測定値(図-5)に近く、圧縮応力ピーク値の鋼材の有無による比は 0.47 である。本構造物のような鋼材量の大きい構造物の解析では、膨張ひずみを与える場合には鋼材を考慮した解析モデルを用いるなど、鋼材による拘束に配慮した検討が必要である。

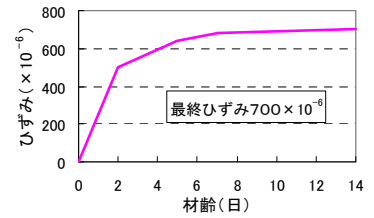


図-7 解析に用いた膨張ひずみ

表-4 解析条件

設定定数	
コンクリート	断熱温度上昇特性 $Q_{\infty} 56.7$, $\gamma 0.646$
	打設温度 16°C , 圧縮強度 $f'_c(28) 24 \text{ N/mm}^2$
	有効ヤング係数補正係数 ϕ : 材齢 2.0 日まで 0.34, 材齢 5 日以降 1.0, その間を線形補間
	熱伝導率 $2.7 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, 比熱 $1.1 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, 単位体積質量 2400 kg/m^3 , 線膨張係数 $10 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$, 熱伝達率: $14 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$
鋼材	ヤング係数 $2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$, 線膨張係数 $10 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$

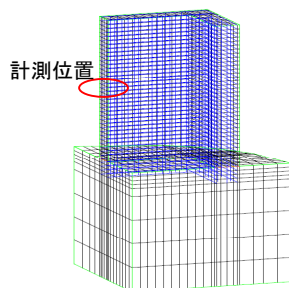


図-8 解析モデル(1/4モデル)

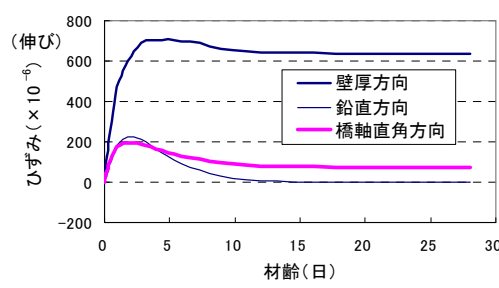


図-9 コンクリートひずみ解析結果(鉄筋モデル)

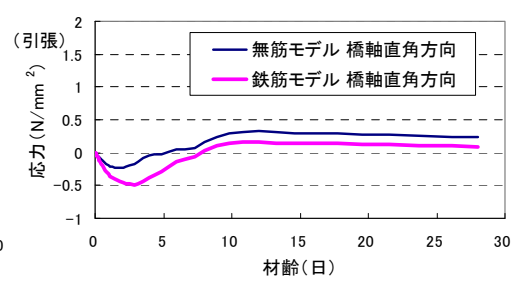


図-10 コンクリート応力解析結果

5. まとめ

鉄筋比の大きい中空橋脚において、膨張材を用いたリフトでの圧縮応力導入とひび割れ抑制効果が確認できた。また、鋼材を考慮した解析モデル用いて膨張材の効果を精度よく表せることを示した。

参考文献 1) 東 邦和, 中村敏晴, 増井 仁, 梅原秀哲: 膨張材による RC 梁の膨張収縮挙動と解析手法の適用, 土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集, v, pp.851-852, 2009.9