

三次元温度応力解析を用いた養生に関する検討

奥村組土木興業株式会社 正会員 ○辰巳 佑太
奥村組土木興業株式会社 正会員 吉田 和人

1. はじめに

本工事は、高速道路の下部工工事であり、鉄道や国道を跨ぐ路線であるため、柱高が高く、部材断面が大きい。また、周辺の骨材事情により単位セメント量が多い。さらに、下部工の施工は基礎杭と躯体工の繰返しとなり、打設時期の自由に設定することができない。そのため、温度応力ひび割れ抑制として、部材内外の温度差が大きくならないように、コンクリート温度を緩やかに外気温に近づける必要がある。

本稿は、マスコンクリートの温度ひび割れ抑制に有効な養生方法を策定するため、下部工の型枠外面に発泡ポリエチレン製の断熱パネルを設置して温度計測を実施し、計測結果を三次元温度応力解析に反映させて、断熱パネルの効果的な設置範囲を検討したものである。

2. 検証方法

同一形状の下部工の底版と柱の施工時に、型枠外面への断熱パネル設置の有無によるコンクリート温度の違いを比較・検証した。温度計測は、部材中心と部材側面（表面より10cm内側）で行い、計測結果からコンクリートの熱特性（終局断熱温度上昇量、温度上昇速度）と境界条件（熱伝達率）を導き出した。得られた熱特性と境界条件から、内外温度の推移による効果の確認、温度計測結果を反映させた三次元温度応力解析によるひび割れ発生予測を行い、施工時期に応じた断熱パネルの設置範囲を検討した。検証は、4月中旬および5月中旬のコンクリート打設で行った。

3. 使用材料

(1) レディーミクストコンクリート

コンクリートの配合を表-1に示す。底版には24-8-20N (W/C=59.9%)、柱には30-8-20N (W/C=50.0%)を使用した。

(2) 断熱パネル

断熱パネルには、サーモフィッターを使用した。サーモフィッターは、コンクリート内部の放熱及び外気の影響を抑制する効果がある。部材内外の温度差を低減するため、通年の使用を計画した。

(3) 型枠材

断熱パネルを設置した型枠の外観を写真

1-1に示す。型枠材については、底版に加工が容易な合板を使用し、柱には鋼製型枠を使用した。

4. 検証結果

(1) 温度計測

温度計測結果を図-1, 2に示す。底版、柱の打込み温度は18℃程度であり、部材中心温度は、断熱パネル設置の有無に関わらず同様に推移した。一方、部材側面温度は、断熱パネルを設置した場合、底版では10℃程度。柱では5℃程度上昇し、断熱パネルの保温効果が確認できた。

表-1 コンクリートの配合

部材	セメント種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
				水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
底版	N	59.9	44.0	169	282	786	1037	2.256
柱	N	50.0	43.3	168	336	760	1031	2.520

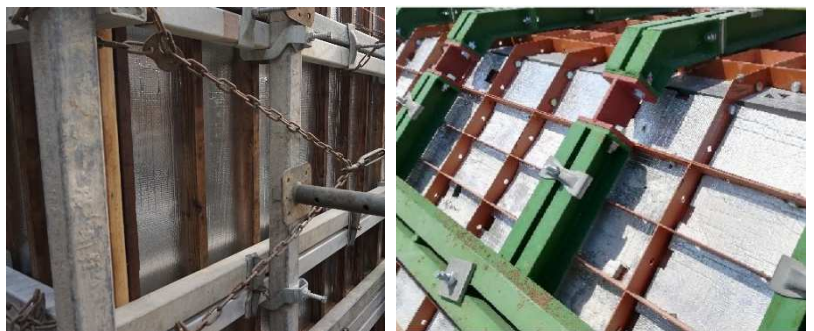


写真-1 型枠の外観（左：合板、右：鋼製型枠）

キーワード 三次元温度応力解析、サーモフィッター、熱特性、熱伝達率、温度ひび割れ

連絡先 〒552-0016 大阪市港区三先 1-11-18 TEL 06-6572-5262 FAX 06-6572-0545

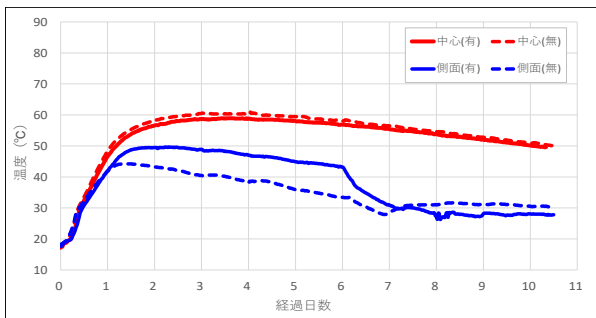


図-1 底版の温度計測結果（合板型枠）

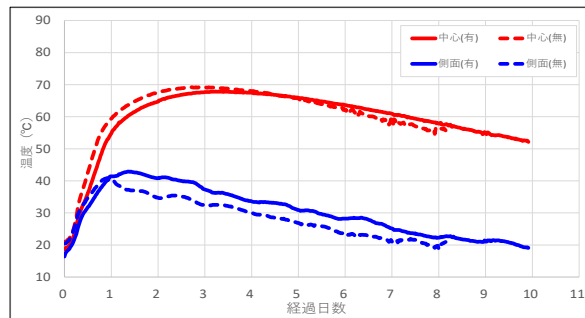


図-2 柱の温度計測結果（鋼製型枠）

(2) 熱特性および境界条件の抽出

温度計測の結果から実際に使用されたコンクリートの熱特性と型枠材および断熱パネルの境界条件を抽出した。示方書に示される熱特性および境界条件との比較を表-2に示す。

表-2より、終局断熱温度上昇量および温度上昇速度は、示方書の定数よりも低い傾向を示した。型枠材の熱伝達率は示方書よりも低く、断熱パネルを設置した場合の型枠材は熱伝達率が高くなった。

(3) 三次元温度応力解析

表-2の温度計測結果から得られた熱特性および境界条件を用いて、三次元温度応力解析を行い、効果的な断熱パネルの設置方法を検討した。三次元温度応力解析の比較を表-3に示す。断熱パネルの有・無と放熱の多い隅角部のみでの設置で検討した場合、隅角部だけに断熱パネルを設置することで、ひび割れ指数の改善が見られた。

表-2 熱特性および境界条件の比較

部材	断熱 パネ	終局断熱温度 上昇量 Q_{∞}		温度上昇 速度 r		境界条件の 熱伝達率 η	
		示方書	温度 計測	示方書	温度 計測	示方書	温度計測
底版	無	48.301	44.8	1.101	0.98	合板: 8	合板: 4.5
	有	48.361		1.049		断熱パネ: 1.56	断熱パネ: 1.8
柱	無	54.575	50.0	1.391	1.33	鋼製枠: 14	鋼製枠: 10
	有	54.660		1.284		断熱パネ: 1.7	断熱パネ: 7

表-3 三次元温度応力解析の比較（夏季）

条件	断熱パネル設置無し	断熱パネル全面設置	断熱パネル隅角部のみ設置
凡例	最小指数: 0.95 発生確率: 58% 発生材齢: 2.5日	最小指数: 0.96 発生確率: 57% 発生材齢: 2.5日	最小指数: 1.00 発生確率: 50% 発生材齢: 2.5日
	最小指数: 1.06 発生確率: 42% 発生材齢: 2.5日	最小指数: 1.14 発生確率: 33% 発生材齢: 3.0日	最小指数: 1.14 発生確率: 33% 発生材齢: 3.0日
	最小指数: 1.08 発生確率: 40% 発生材齢: 3.5日	最小指数: 1.06 発生確率: 42% 発生材齢: 12.0日	最小指数: 1.22 発生確率: 26% 発生材齢: 7.0日
ひび割れ 指数			

5. おわりに

コンクリート内部の温度計測結果から得られた熱特性および境界条件を用いて三次元温度応力解析を行うことで、再現性の高いひび割れ予測を行うことが可能となる。これにより、マスコンクリートのひび割れ抑制に有効な断熱パネルの設置範囲を検証した結果、放熱の多い隅角部を集中的に保温することがひび割れ抑制に有効であることがわかり、実施工に反映させることで、高品質な構造物を構築することができた。



写真-2 完成写真