

各種養生材の保温性能の比較実験

五洋建設(株)	正会員	○小笠原 哲也
五洋建設(株)	正会員	河上 清和
第一建工(株)	正会員	林 孝幸

1. はじめに

寒中コンクリート対策や、マスコンクリートにおける内部拘束型温度ひび割れの対策として、コンクリート表面を保温養生する場合がある。保温養生材などでコンクリート表面の温度を保持することで、寒風などによる急冷を防止することや、内部と表面の温度勾配を緩和して温度応力を低減でき、コンクリートの品質を確保できる。ただし、保温養生には各種の方法があるため、養生材を取り付けたコンクリート板を水槽の中に設置し、温水によりコンクリート板に給熱して、各種養生材の保温性能を比較した。

2. 実験方法

図-1 に実験装置概略図¹⁾、写真-1 に実験装置を示す。長さ 1,100mm×幅 1,100mm×深さ 250mm (内寸法) の水槽に対して、側面および底面に 50mm 厚さの発泡スチロールを設置して周囲への熱の逸散を抑制した。水を加熱する装置として、サーモスタットを装備した電熱器を用い、攪拌装置により常に水を攪拌して水温をなるべく均一に保つようにした。水槽の中央に 100mm 厚さのコンクリート板を設置し、コンクリート板の周囲に厚さ 250mm の発泡スチロールを取り付け、コンクリート板内の熱移動をほぼ一次元になるようにした。コンクリート板内には熱電対を設置して、実験中に温度を測定した。熱電対の設置位置は、図-1 の赤丸に示すように水側(下側)のコンクリート表面から上に 5mm, 50mm, 95mm の位置とした。他に、水温(2ヶ所)、および外気温を測定した。養生材は、図-1 に示すようにコンクリート板の上面に設置し、表-1 に示すように①型枠なし、②鋼製型枠、③鋼製型枠に厚さ 24mm の発泡スチロールをはめ込んだもの、④③で使用した発泡スチロールを鋼製型枠に 2 枚重ねて厚さ 48mm としてはめ込んだもの、⑤鋼製型枠を発泡ポリウレタンにより 50mm 程度被覆したものとした。また鋼製型枠のリブを被覆することの影響を把握するため、⑥鋼製型枠を発泡ポリウレタンで被覆し、さらにリブまで厚く被覆したケースも実施した。水温については、約 50℃、約 60℃の 2 ケースとし、熱電対によりコンクリート温度が安定するまでの期間を確認した結果によって、試験期間を約 1 日とした。実験装置を室内に静置したため、ほぼ無風の環境であった。

3. 実験結果

各ケースにおける水温、および水面から 50mm および 95mm におけるコンクリート温度測定結果(定常状態)を表-1 に示し、温度測定結果の例を図-2 に示す。図-2 の実測値に示すとおり、電熱器により水を加熱するとコンクリートに給熱され、コンクリート温度は上昇し、しばらくして温度が安定し定常状態となった。

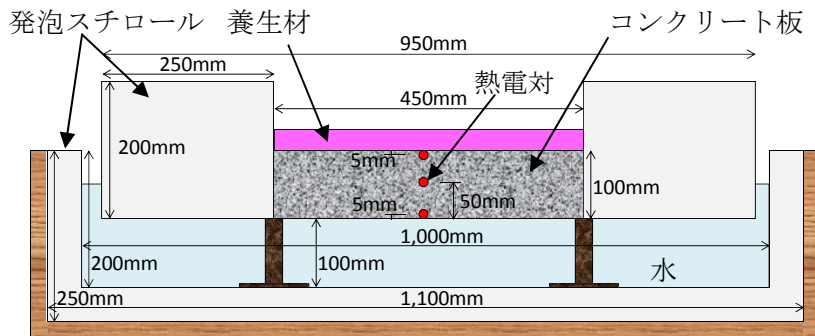


図-1 実験装置概略図

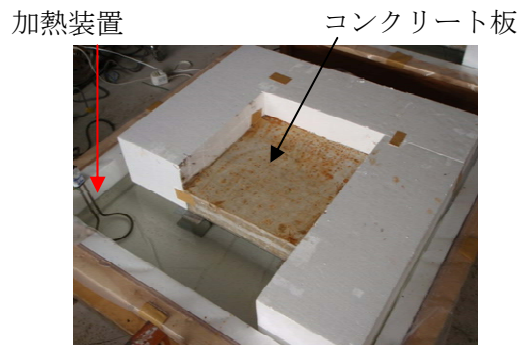


図-1 実験装置

キーワード 保温養生, 熱伝達率, 発泡スチロール, 発泡ポリウレタン

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設(株)技術研究所 TEL 0287-39-2109

表－1 温度測定結果（定常状態）および熱伝達率算定結果

実験ケース		水温 (℃)	供試体温度(℃)				熱伝達率 (W/m ² ℃)	熱伝達率 平均値 (W/m ² ℃)
			水面から 50mm		水面から 95mm			
			実測	解析	実測	解析		
①	型枠なし	48.2	43.1	43.3	38.7	38.7	16.4	16.8
		57.4	52.2	50.6	44.5	44.5	17.1	
②	鋼製型枠	48.2	44.5	44.4	40.7	41.0	10.5	10.5
		57.5	53.8	52.5	45.9	48.1	10.5	
③	発泡スチロール1枚	48.1	45.2	46.2	44.5	44.5	4.6	4.8
		57.5	54.7	54.7	52.3	52.3	4.9	
④	発泡スチロール2枚	48.4	46.5	46.6	45.1	45.0	4.0	4.1
		57.6	55.1	55.2	53.1	53.1	4.1	
⑤	ポリウレタン被覆	48.2	47.0	46.9	45.9	45.9	2.5	2.9
		57.7	55.6	55.7	54.0	54.0	3.3	
⑥	ポリウレタン被覆+リブ	48.3	46.9	47.1	46.1	46.1	2.6	2.5
		57.8	56.1	56.4	55.1	55.1	2.3	

各ケースにおける水温約 50℃で定常状態のコンクリート断面内の温度勾配を図－3 に示す。養生方法ごとに傾きが異なり、型枠がない場合や鋼製型枠の場合と比較して、保温養生材を設置すると温度勾配が緩やかになることがわかる。

4. 温度解析による熱伝達率の算定

養生材の熱伝達率を変化させて温度解析を行い、実測値と解析値をフィッティングして養生材の熱伝達率を求めた。解析には、温度応力解析ソフトとして汎用されている ASTEA-MACS を用いた。コンクリートの熱物性は、コンクリート標準示方書[設計編]²⁾の一般的な値を用い、熱伝導率 2.8W/m℃、密度 2,400kg/m³、比熱 1.05J/g℃とした。水温および外気温には実測値を用いた。実測値と解析値をフィッティングした例を図－2 に示す。図－2 および表－1 に示すように実測値と解析値をほぼ一致させることができ、そのときの各養生材の熱伝達率を算定することができた。なお、求めた熱電対については、水温約 50℃と約 60℃の差による影響は、あまり見られなかったため、両者の平均値として評価する。コンクリート標準示方書[設計編]³⁾では、型枠なしおよび鋼製型枠の熱伝達率は 14W/m²℃であり、これは風速 2～3m/s における値である。風速 1m/s 当り 2.3～4.6W/m²℃程度の増加割合と言われており、今回の実験では無風状態であり、鋼製型枠についてはほぼ妥当な値と考えられる。型枠のないものでは、やや熱伝達率が大きい値であったが、コンクリートが露出していることで水分蒸発などによる熱の発散が考えられるが、原因は明確でない。また、一般に発泡スチロールの熱伝導率は 0.04W/m℃程度、発泡ポリウレタンの熱伝導率 0.03～0.04W/m℃程度と言われており、発泡ポリウレタンの熱伝導率が低い。今回の熱伝達率の算定結果でも、発泡スチロールより発泡ポリウレタンの熱伝達率が低く保温性が高かった。なお、本実験では鋼製型枠のリブまで発泡ポリウレタンで被覆しても熱伝達率はあまり変わらなかった。そのため鋼製型枠のリブまで、被覆しなくても保温性を保持できる可能性が示唆された。

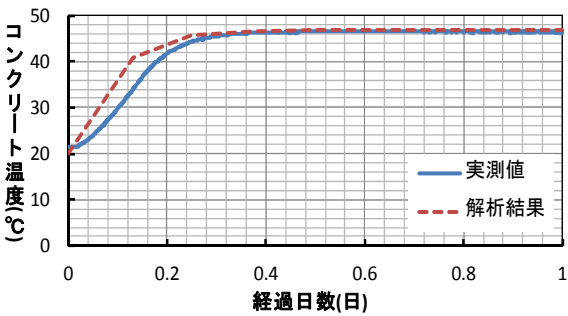
5. まとめ

保温性の低い鋼製型枠を、発泡スチロールや発泡ポリウレタンにより覆うことによって、保温養生効果があることがわかった。特に発泡ポリウレタンは熱伝達率 3W/m²℃程度であり、非常に高い保温性能を有した。得られた熱伝達率を、実構造物の温度応力解析に使用することで、精度の高い検討を実施できると考えられる。

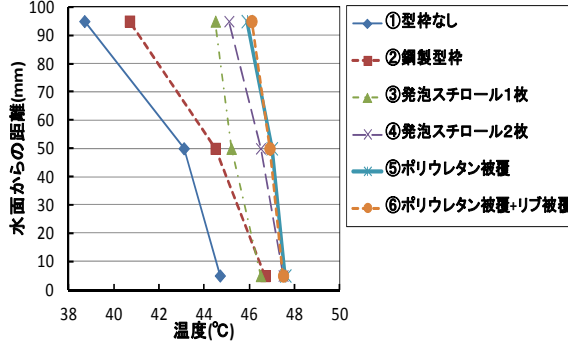
参考文献

1) 師山 裕, 塩永 亮介, 倉田 幸宏: 各種養生方法の熱伝達率と風速の関係についての実験的検討, 第 59 回土木学会年次学術講演会講演概要集, 5-458, pp.913-914, 2004.9
2) 土木学会: 2012 年制定コンクリート標準示方書[設計編], 2012.12

ケース⑤ポリウレタン被覆 熱電対位置50mm コンクリート板中心



図－2 コンクリート温度測定結果例および解析値とのフィッティング例



図－3 コンクリート断面内温度勾配 (水温約 50℃)