

水和熱抑制剤を適用したコンクリート構造物の温度解析方法に関する検討

飛島建設 建設事業本部 正会員 ○川里麻莉子

飛島建設 建設事業本部 正会員 槇島 修

飛島建設 建設事業本部 正会員 寺澤 正人

フローリック コンクリート研究所 正会員 高田 良章

1. はじめに

マスコンクリートの温度応力ひび割れの抑制対策の一つとして、コンクリートに水和熱抑制剤を添加する方法ある。水和熱抑制剤を添加したコンクリートは、水和熱抑制効果に温度依存性があることや、添加量に応じてその効果が変化すること¹⁾²⁾³⁾が確認されている。また、コンクリートの打設温度や添加量を変化させて行った簡易断熱温度上昇試験（以降、簡易試験と称す）による発熱特性の推定および圧縮強度や静弾性係数等の実験的な評価から、温度応力解析によって水和熱抑制剤のひび割れ抑制効果を評価できることが確認されている²⁾³⁾。本検討は、水和熱抑制剤を添加したコンクリートを実構造物に適用し、部材温度の計測結果と温度解析結果との比較を行うことで、解析の予測精度について確認した結果を示すものである。

2. 実構造物への適用概要

適用した構造物は、約 50m³ のマスコンクリート構造であり、下層を拘束体とした外部拘束による温度応力ひび割れの発生が懸念された。対象のコンクリートは、高炉セメント B 種を使用した設計基準強度 24N/mm²、目標スランプ 12cm、水セメント比 54.0%、単位セメント量 322kg/m³ の配合である。ひび割れ抑制対策として使用する水和熱抑制剤は、多価アルコールと無機塩を含む多価アルコール脂肪酸エステルを主成分とするものとし、2.5kg/m³ を後添加した。

3. 解析結果と実構造物での温度計測結果の比較

図-1 に、使用するコンクリートによる簡易試験から推定した断熱温度上昇曲線と断熱温度上昇試験（以降、断熱試験と呼ぶ）から得られた断熱温度上昇曲線および高炉セメント B 種を用いた過去の実験結果³⁾から推定した断熱温度上昇曲線を示す。なお、本研究で行った簡易試験は、厚さ 100mm の発泡スチロールで全周を覆った三辺を 400mm 角とするコンクリート試験体の中心温度を測定したものである。簡易試験から得られた温度上昇曲線は、図-1 に示すように、過去の実験結果³⁾から推定したものとほぼ同等となったが、断熱試験の曲線と傾向が異なることが確認された。これは、水和熱抑制剤の効果に温度依存性があるため、熱伝達境界条件の異なる試験では、水和反応の過程に違いが生じ、断熱温度上昇特性に差異が生じたものと推察される。

図-2 に、実構造物の部材中心部の温度計測結果と簡易試験から推定した断熱温度上昇曲線を用いた温度解析結果を示す。予測された最高温度 63.5℃に対して、実構造物で計測された最高温度は 63.8℃であり、ほぼ一致した。最高温度の発生材齢は、温度解析結果の 5.5 日に対して実構造物の温度計測結

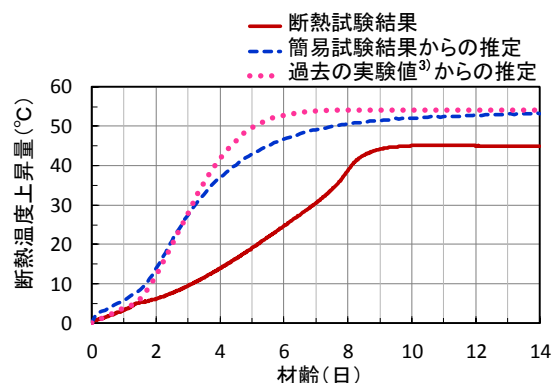


図-1 解析に用いた断熱温度上昇曲線

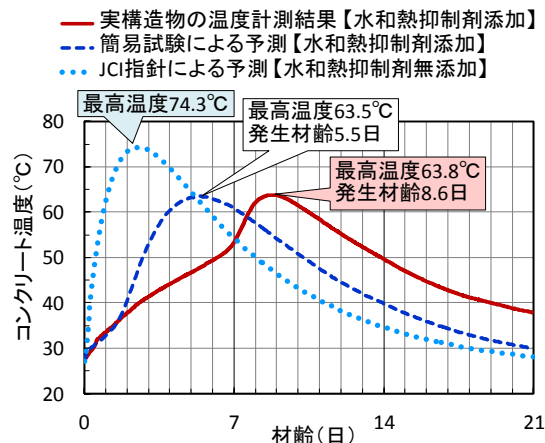


図-2 簡易試験に基づく予測値と実測値

キーワード 水和熱抑制剤, 断熱温度上昇特性, 発熱特性, 温度解析, 温度計測

連絡先 〒213-0012 川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP R&D 棟 2F TEL 044-829-6716

果が 8.9 日となり、解析による予測が約 3 日早い結果となった。また、水和熱抑制剤を添加しない場合の温度解析結果では、最高温度が 74.3℃と予測され、水和熱抑制剤の高い水和熱抑制効果が確認された。

次に、実構造物の温度計測結果と断熱試験に基づく予測の比較を図-3 に示す。予測された最高温度は、55.4℃となり、実構造物の温度計測結果に比べて 8.4℃低い結果となった。なお、最高温度の発生材齢は、両者がほぼ一致した。以上より、異なる断熱温度上昇試験によって得られる断熱温度上昇曲線を温度解析に適用することで、予測結果に差異が生じることを確認した。

図-4 に示す簡易試験結果および実構造物の温度測定結果から得られた温度上昇量履歴のように、最高温度の発生材齢が長いものは、初期材齢での温度上昇量が大きい傾向が見られた。そこで、コンクリートの打設温度や水和熱抑制剤の添加量の異なる各種試験条件で行った簡易試験結果³⁾および実構造物の温度計測結果（合計 12 ケース）を対象に、材齢 0.5 日時点での温度上昇量と最高温度の発生材齢の関係を図-5 に示すように整理した。材齢 0.5 日時点での温度上昇量と最高温度の発生材齢には一定の相関関係が認められ、材齢 0.5 日時点での温度上昇量から最高温度の発生材齢を推定できる可能性があるものと考えられる。

4. まとめ

以下に得られた結果をまとめる。

- (1) 簡易試験に基づいた温度解析によって、水和熱抑制剤の高い水和熱抑制効果が確認でき、最高温度を精度よく予測できたが、最高温度の発生材齢の予測と実構造物の測定結果に差異が認められた。
- (2) 断熱試験に基づいた温度解析では、最高温度の発生材齢を精度よく予測できたが、最高温度の予測値と実構造物での計測値に差異が認められた。
- (3) 水和熱抑制剤を添加したコンクリートの最高温度の発生材齢は、初期材齢の温度上昇量と相関が見られ、材齢 0.5 日時点での温度上昇量から最高温度の発生材齢を推定できる可能性がある。

水和熱抑制剤を適用したコンクリートの簡易試験結果に基づいた温度解析によって、実構造物の部材温度を精度良く予測できることを確認した。一方、最高温度の発生材齢の予測精度には課題があることから、初期材齢の温度上昇量に着目した温度計測データの蓄積等により、予測精度の向上につなげていきたい。

参考文献

- 1) 高田良章, 松沢友弘, 隅田孝弘, 田中恭一, 川中政美, 高山亨, 阿部弘康, 立山創一: 水和熱抑制剤を用いたコンクリートの基礎的性状, 土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集, V-130, 2011.9.
- 2) 川里麻莉子, 佐藤友厚, 田畑美紀, 北倫彦: 早強ポルトランドセメントに対する水和熱抑制剤の効果検証試験, 土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集, V-348, 2011.9.
- 3) 川里麻莉子, 槇島修, 佐藤友厚, 寺澤正人: 水和熱抑制剤の温度ひび割れ抑制効果に関する検討, 土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集, V-508, 2012.9.

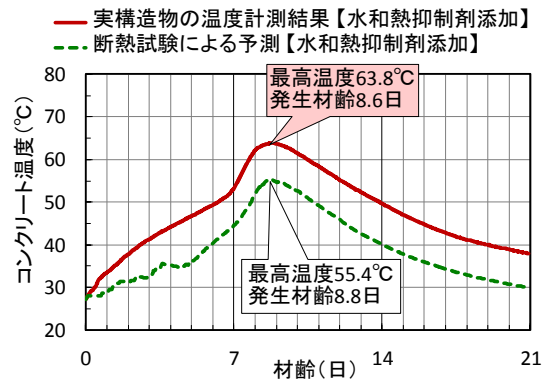


図-3 断熱試験に基づく予測値と実測値

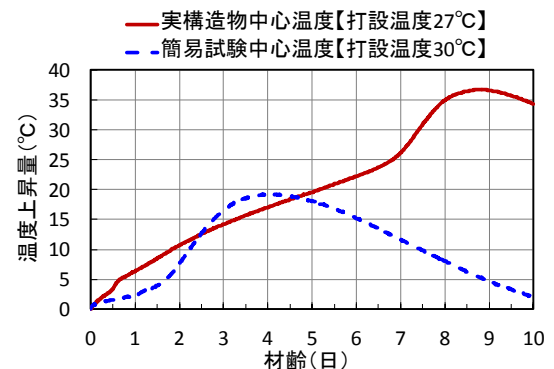


図-4 簡易試験および実構造物の温度上昇履歴

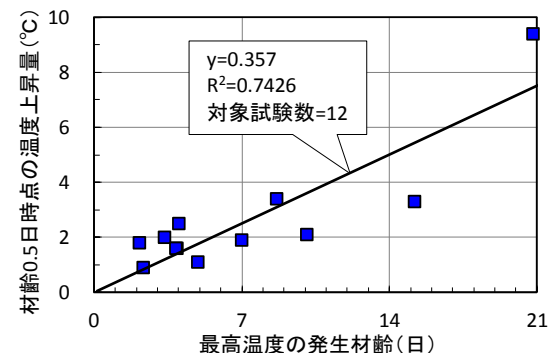


図-5 材齢 0.5 日時点での温度上昇量と最高温度の発生材齢の関係