

簡易装置と熱伝導解析の併用による コンクリートの断熱温度上昇特性の推定手法に関する検討

富山県立大学大学院 ○田治 愛里（学生会員） 伊藤 始（正会員）

1. はじめに

コンクリート構造物では、セメントの水和熱による温度上昇に起因して温度ひび割れが発生し、耐久性の低下を招く場合がある。土木学会コンクリート標準示方書¹⁾では、部材寸法の大きいマスコンクリートの設計や施工の際に、温度ひび割れ発生を予測して、制御することが示されている。その予測においてセメントの水和発熱を表す物性値が断熱温度上昇特性である。

従来の断熱温度上昇試験装置は、コンクリート供試体の温度をもとに周辺温度をヒーターなどで制御する方式である。しかし、この方式は施工現場での適用には不向きである。そのため、本研究では現場で比較的簡単に計測可能な発泡スチロール製の簡易装置を用いる。この簡易装置と熱伝導解析の併用によるコンクリートの断熱温度上昇特性の推定手法の比較を研究の目的とした。

2. 簡易断熱温度上昇試験

簡易断熱温度上昇試験では発泡スチロールで作製した保温型枠にコンクリートを打ち込み、熱電対を用いてコンクリート内部および空気層の温度を計測した。試験ケースを表-1に、簡易装置の概要を図-1

表-1 試験ケース

ケース名	コンクリート寸法 (空気層の幅)	設置温度	空気層
200-20	200×200×200mm (50mm)	20℃	なし
200-20-A			あり
150-20-A	150×150×150mm (25mm)	20℃	
150-40-A		40℃	あり
150-IN-A		室内	

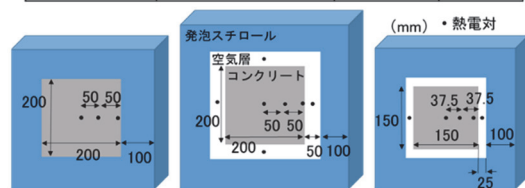


図-1 簡易装置

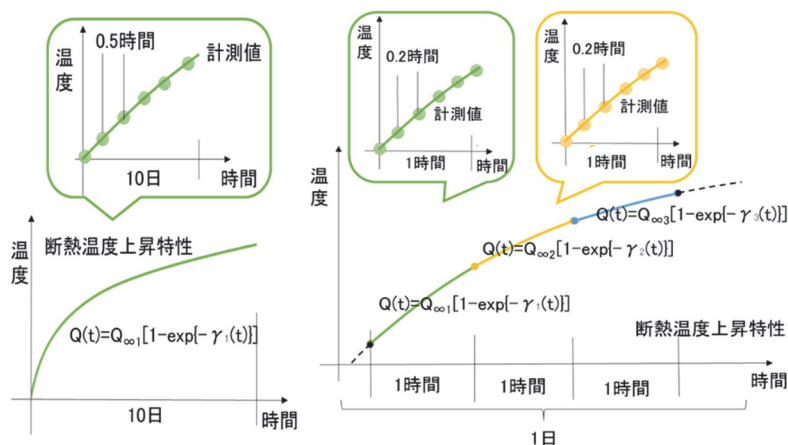


図-2 逆解析の推定方法

に示す。今回の試験は空気層の有無、設置温度、コンクリート寸法を変化させた5ケースで行った。

3. 熱伝導解析を用いた断熱温度上昇特性の推定

(1) 推定方法

熱伝導解析として順解析と逆解析を行った。順解析は解析モデルに解析条件を入力して結果を得る手法である。一方で、逆解析は計測データから未知の解析条件を推定する手法であり、温度ひび割れ判定の精度向上に役立てることができる。今回の順解析には土木学会の断熱温度上昇特性の式を用い、逆解析には簡易断熱温度上昇試験における温度の計測値を入力し、逆解析の結果として断熱温度上昇特性を導き出した。

逆解析は2通りの方法を用いた。推定方法①は図-2(a)に示す全区間推定である。推定する全測定日数の逆解析を一回で行う方法であり、今回は全測定日数を10日とし、0.5時間間隔で逆解析を行った。推定方法②は図-2(b)に示す区間別推定である。これは、全区間を細かく分け、区間ごとに逆解析を複数回行う方法である。今回は全区間を1日とし、1区間を1時間として逆解析を行った。

【キーワード】 断熱温度上昇特性、簡易装置、熱伝導解析、マスコンクリート、水和熱

【連絡先】 〒939-0398 富山県射水市黒河 5180 TEL 0776-56-7500 FAX 0766-56-0396

(2) 逆解析の結果

150-20-A の材齢 10 日までの結果である図-3(a)より、順解析に比べ逆解析（方法①）を用いた方が、試験との温度の整合性が高いことがわかる。また、材齢 1 日までの結果を示した図-3(b)より、逆解析（方法②）を用いることで、細かいところまで温度履歴をフィッティングさせることができた。

図-4 に試験との温度差の比較を示す。材齢 1 日までの 0.5 時間ごとに順解析、逆解析(方法①)、逆解析(方法②)と試験の温度差を算出し、その温度差の絶対値をとり正の値となったものを平均した。その結果、200-20 は他の 4 ケースと比べ全体的に温度差が大きい。これは、他の 4 ケースは熱伝導解析に空気層の温度履歴を入力しているためである。

(3) 断熱温度上昇特性

図-5 に 150-20-A と 150-IN-A の逆解析より得られた断熱温度上昇特性を示す。逆解析（方法②）を用いると初期の時間遅れも再現することができ、逆解析（方法①）より正確な真に近い断熱温度上昇特性であると考えられる。

(4) 熱伝導解析の比較

図-4 を解析方法で比較すると、順解析の温度差が大きく、逆解析の方が試験との整合性が高いことが分かる。順解析では仮の断熱温度上昇特性として土木学会の式を入力している。一方、逆解析では真に近い断熱温度上昇特性を用いているため、試験との温度差が小さくなり精度が良くなったと考えられる。逆解析の推定方法で比較すると、方法①に比べ方法②の方が試験との温度差が小さい。従って、逆解析（方法②）は試験の再現性が良いことがわかる。

表-2 に熱伝導解析の比較を示す。順解析を用いて熱伝導解析を行うと時間はかからないが、精度はそれほど良くない。逆解析（方法①）は精度も時間も 3 ケースの中で中間である。逆解析（方法②）を用いて熱伝導解析を行うと、精度は良いが時間がかかる。このように、精度と時間がそれぞれ異なるため、状況に応じて使い分けることが必要である。

4. まとめ

簡易装置は空気層を用いることで解析精度が良くなった。熱伝導解析を比較すると、順解析よりも逆解析を用いた方が、試験との温度の整合性が高い。逆解

析による推定を行うことで、真に近い断熱温度上昇特性を求めることができた。

参考文献

- 1) 土木学会：2017 年制定コンクリート標準示方書
- 2) 日本コンクリート工学会：マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008

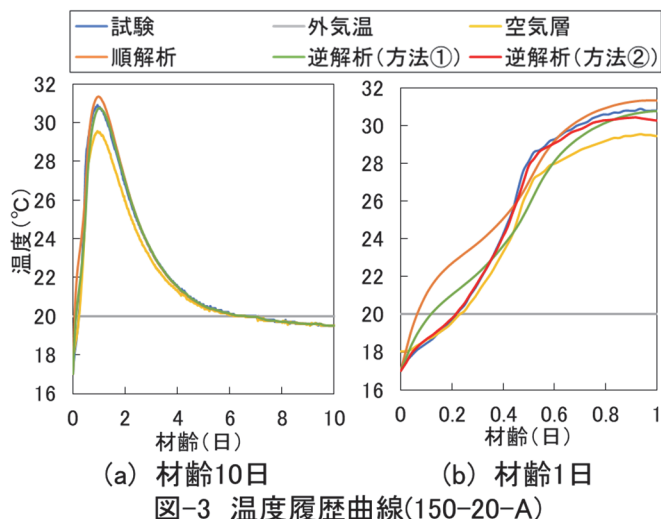


図-3 温度履歴曲線(150-20-A)

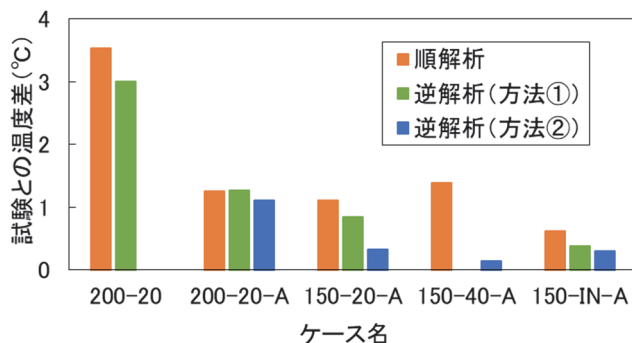


図-4 試験との温度差(材齢1日までの平均値)の比較

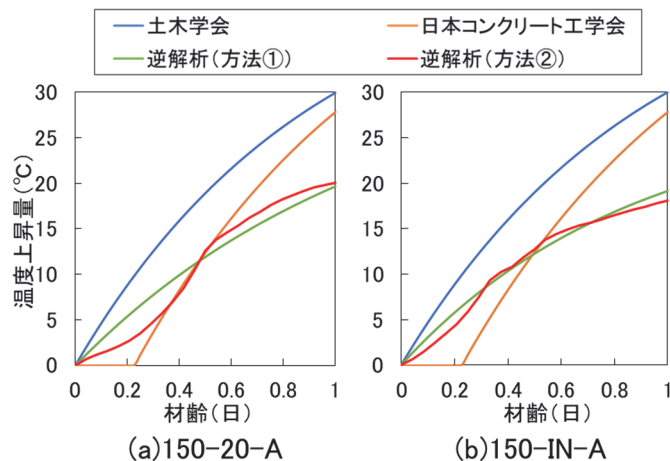


図-5 断熱温度上昇特性

表-2 熱伝導解析の比較

	順解析	逆解析 (方法①)	逆解析 (方法②)
精度	△	○	◎
時間	◎	○	△