

各種センサ等によるコンクリート工事における品質管理の高度化技術の開発（その2）

東京大学大学院工学系研究科 正会員 北垣 亮馬 正会員 野口 貴文 正会員 ○友寄 篤
 児玉(株) 正会員 西島 茂行 正会員 山本 秀之
 日本国土開発(株) 正会員 山内 匡

1. はじめに

コンクリートは、打ち込まれた直後から数日間、水和熱による温度上昇が生じるが、この際、中心から表面までの温度差や、硬化状態における物性の違いなどによってひび割れが生じることがある。このような問題の発生を防ぐために、打ち込まれるコンクリートの配合と部材寸法を組合せた温度解析を事前に実施したり、コンクリートの中心部に温度センサを埋め込み、内外温度をモニタリングするなどの品質管理対策がとられることがある。ここで、中心温度の測定においては、センサの設置に手間がかかることや、センサのリード線が構造物に残ってしまうことに対する懸念があり、限られた場合にのみ行われているのが実情であるが、コンクリート工事現場にとって、手間なく中心温度を把握することは、品質管理上、依然として要望が高いものと考えられる。既報¹⁾では、型枠に搭載された2基の温度センサのみから、コンクリートの内部温度推定を実現するために、数式モデルおよび測定方法を提案し、試験体を用いて検証した結果について報告した。

そこで本稿では、実構造物を用いて測定を行った結果について報告する。

2. 実験概要

測定した現場は、岩手県の防潮堤のフーチングのコンクリート工事と、福島県の防潮堤の上部のコンクリート工事の二箇所である。樹脂型枠²⁾のユニットを連結し、垂直方向に3000～3600mm、水平方向に幅10mを確保できるように一体化した大版型枠を作製した。図-1のように、大版型枠に含まれるすべてのユニット(600×900mm)の中心部には、コンクリート側の内壁表面温度と、周辺環境側の雰囲気温度を測定する温度センサが搭載されているが、今回は、コンクリートの中心温度推定に際して、大版型枠の垂直・水平方向の中心部にあるセンサユニットによって測定される内壁表面と雰囲気温度データを利用した。そして、コンクリートの中心部温度は、前述の測定ユニットと同じ高さで、コンクリートの中心部深さとなる位置(フーチング)に熱電対を設置して測定した。

打ち込んだ時期は、フーチングは1月頃、上部コンクリートは8月頃である。ここで、フーチングのコンクリート工事は日射の影響を受けないが、上部コンクリート工事であると、風や日射の影響を受けることになる。

次に、既報¹⁾では、図-2に示されるように、発熱項を含む熱伝導方程式を用い、大きな発熱が生じている場合の発熱速度と測定初期に得られた型枠とコンクリートの温度変化から熱物性に関するパラメータを得ることで、温度

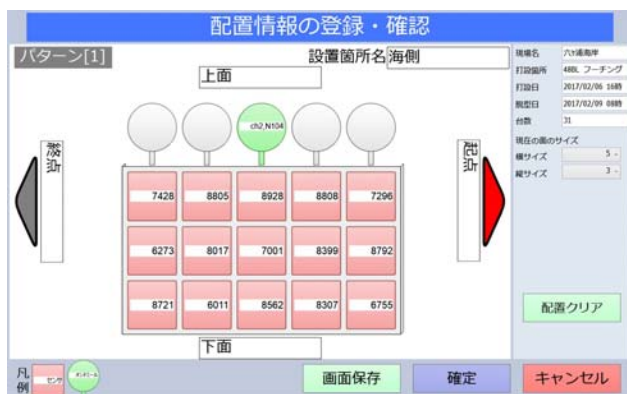


図-1 型枠ユニットのオンタイム温度表示画面

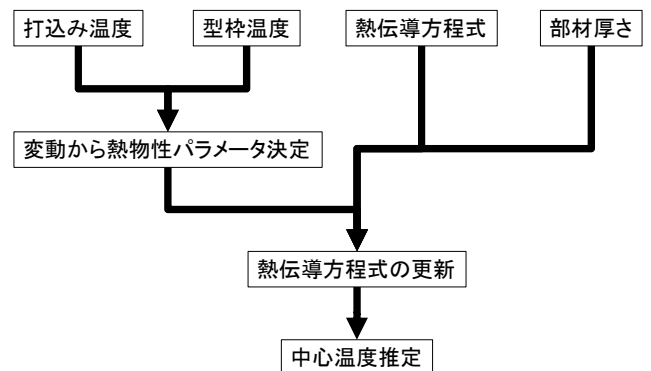


図-2 中心温度推定のプログラムフロー

キーワード 内部温度推定, スマートセンサ型枠, コンクリート, 情報化施工

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 工学部 1 号館 B04 号室

勾配が決定され、中心温度が推定される仕組みとなっている。しかし、このモデルの場合、発熱速度が低下していくと、中心温度の推定精度が劣化しやすい可能性がある。そこで、中心温度が低下しはじめる時刻以降については、放出された熱流分だけ、コンクリート全体の温度が下がるという発熱項のない単純なモデルに切り替えるようなモデルに修正した。

3. 実験結果および考察

フーチング部のコンクリート工事における結果を図-3 に、防潮堤の上部のコンクリート工事における結果を図-4 に示す。ここで、フーチング部のコンクリート工事においてはほぼ日射や風の影響がなく、型枠表面付近の雰囲気温度はノイズの少ない滑らかな日変動を示したのに対して、防潮堤の上部分のコンクリート工事においては、型枠表面付近の雰囲気温度が、通常の日変動よりも、より大きな周波数で 10～13℃ 程度の温度変動を示していた。そこで、この影響を排除するために、前後 1 時間の温度変化を平均化してスムージングした温度データを用いて、内部温度を推定した。

結果として、どちらのコンクリート工事も、本モデルで行った中心温度の推定と実測結果は比較的良好に一致していたと考えられる。しかしながら、防潮堤の上部分のコンクリート工事における中心温度推定に関しては、日変動の影響はないものの天候による影響と思われる不定期な型枠の温度変化が見られ、これが中心温度推定に影響を与えている期間が存在する。確認したところによると日射や風の影響があり、天候による変動が依然として強く残っているものと考えられる。

4. まとめ

本報告で考案したコンクリートの中心温度推定手法によって、実構造物（防潮堤）のコンクリートの中心温度を推定したところ、比較的良好に一致した。ただし、型枠の雰囲気側の表面が日射、風などにさらされると、中心温度推定に誤差が生じやすいため、さまざまな部材断面をもつコンクリートや工事場所の気象情報などを検討する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 北垣ほか：型枠の内外温度を用いたコンクリートの中心温度推定手法に関する基礎的研究，V-383，土木学会全国大会 第 72 回年次学術講演会，2017
- 2) 北垣ほか：センサ搭載型枠によるコンクリート工事管理の効率化，コンクリート工学 Vol. 55, No. 9 平成 29 年 9 月号

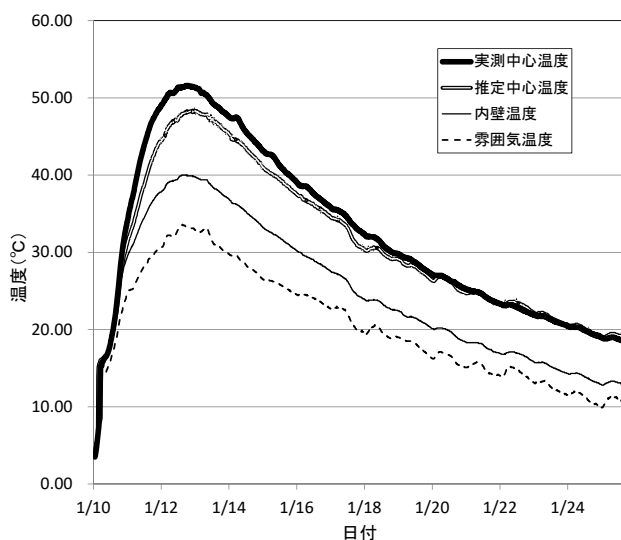


図-3 フーチング部の中心温度推定

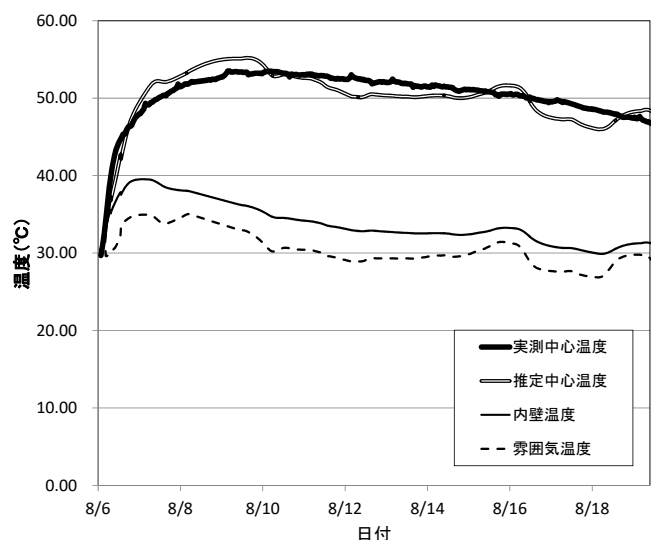


図-4 上部コンクリートの中心温度推定