

現場外気温データを用いたリアルタイム温度応力解析システムの開発

(株) フジタ技術センター 正会員 ○藤倉 裕介

(株) フジタ技術センター 非会員 関原 弦

1. はじめに

土木構造物をはじめ部材寸法の大きなコンクリートはマスコンクリートと呼ばれ、セメントの水和発熱に起因した温度応力が発生してひび割れを生じる。そのため、設計者あるいは施工者は温度応力によるひび割れ発生確率を事前に照査するとともに、有害なひび割れ幅以下となるような対策を検討する必要がある。近年では、学協会の指針類による照査方法が確立され3次元FEM法による汎用の解析ソフトが開発されている。しかし、実際に打ち込まれたコンクリートの温度分布や応力状態、ひび割れの発生状況が事前の照査結果と異なることが多いのが現状である。そのため、打設したコンクリートに計測機器を埋め込み、温度やひずみの計測も行われるが、計測結果の情報はあくまでもコンクリート断面の点の情報であり、任意の点における情報が得られるものではない。また、現場計測結果は事後の評価として活用されることが多く、リアルタイムで計測結果を把握しひび割れ対策などの施工管理に利用されることが少ないのが現状である。

以上の背景から、本研究では現場計測の手間を軽減するとともに打設したコンクリートの温度分布、ひずみやひび割れ指数の分布などの情報をリアルタイムでビジュアル的に把握し施工管理に適用する手法を構築する目的で、現場に設置した温湿度計によるデータを取り込み、そのデータを境界条件として温度応力解析を逐次実施することで、現状のコンクリートの温度分布やひび割れ指数を推定するシステムを開発した。

2. 本システムの概要

本システムの概要を図-1に示す。本システムでは現場に設置した温湿度計の計測データを逐次パソコンに取り込み、そのデータをコンクリートの養生条件である外気温度として使用して温度応力解析を行うものである。外気温湿度計は複数個設置することができ、コンクリート構造物の打設リフトごと、あるいは仮囲いやシートに覆われ加温された条件など、任意の場所に計測機器を設置することでコンクリートの養生環境を考慮した解析を実施する。事前の解析結果と実際に打ち込まれたコンクリートの温度やひずみなどの計測データとが異なる理由としては、解析対象のモデル化、解析ステップなどの問題もあるが、温度応力解析時に設定する境界条件の一つである外気温度（コンクリートの養生温度、雰囲気温度）とコンクリートの打込み温度（初期温度）が実際とは異なることが主な要因であると考えられる。本システムではこれらの点に着目し、汎用FEM温度応力解析ソフトに改良を加え、現場の外気温データを用いながら逐次解析する手法を構築したものである。外気温湿度は数分ごとにパソコンに取り込まれ、温度応力解析は最短で30分～1時間ごとのステップで実施

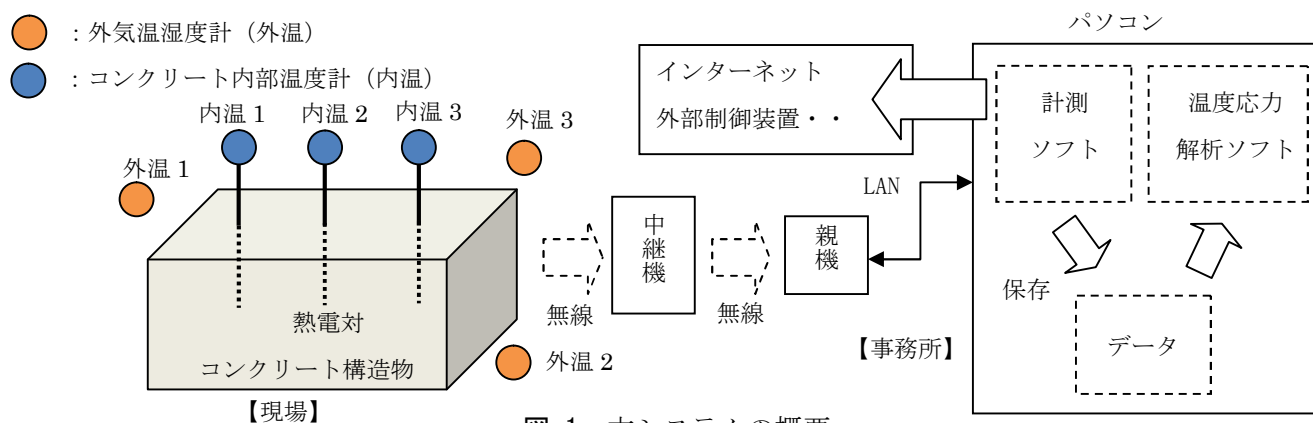


図-1 本システムの概要

キーワード マスコンクリート、温度応力解析、現場計測、外気温度、リアルタイム、施工管理

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 (株) フジタ技術センター TEL 046-250-7095

し、解析結果を逐次更新することで現時点のコンクリートの状況を表示する。

また、図-1に示すようにコンクリートの内部温度を計測する場合には、計測結果を無線で取り込み、解析結果と比較することも可能である。すなわち、特殊な配合条件のケース等において、計測結果と解析結果が異なる場合には、計測結果に基づいてコンクリートの断熱温度上昇特性等の熱物性を見直すことにより解析精度を向上させることもできるシステムとしている。

3. 現場適用例

本システムを導入した事例としてフーチング（8m×12m×高さ 4m）における適用例を示す。解析結果は温度分布やひび割れ指数の分布（コンター図）、任意節点におけるコンクリート温度、ひび割れ指数として随時更新、図化される。図-2に計測結果、解析結果の表示画面の状況を示す。現状のコンクリートの温度分布やひび割れ指数がリアルタイムで把握できるため、状況を把握するだけでなく養生方法や施工法などの対策を迅速に実施することが可能となる。

図-3はフーチング部材断面の中央と表面部分の比較を示す。材齢7日の脱型以降は若干の違いがみられるが、計測結果と解析結果がおおよそ一致していることが分かる。解析結果の予測精度の更なる向上には同一日に打設されるコンクリートのモデル化も課題である。すなわち、実際のコンクリート打設は数時間あるいは7～8時間を要して行われ、打設開始時と打設終了時での部材中のコンクリート温度や発熱状況も異なる。しかし、解析のモデルでは、ある時刻に部材が瞬時に打設される設定としていることが多い。部材中のモデルを分割

し、著者らが提案している打設管理システム¹⁾から得られた打設時刻と高さの情報を組み合入れることで、より実際のコンクリート打設状況を考慮した解析が実施できるものと考えられる。更には、強度推定が可能な計測システム²⁾を併用することで、応力解析すなわちひび割れ指数の推定精度も向上するものと考えられる。

4. まとめ

今後は現場の適用事例を増やし解析精度の向上について検討を行うとともに、コンクリート構造物の品質の向上、温度ひび割れの低減効果について検証を行う予定である。また、温度ひび割れ対策のための養生、制御システムと本解析システムとを連携させることで、より合理的な施工管理手法を構築する予定である。

参考文献

- 1) 藤倉裕介, 小幡克実: コンクリート打込み状況のリアルタイム・ビジュアル化, 建築学会「第19回 建築の自動化技術シンポジウム」梗概集, pp.67-72, 2012.1.
- 2) 藤倉裕介: 静電容量の変化によるコンクリートの打込みから硬化、乾燥過程の水分量評価手法に関する基礎的検討, 第4回 コンクリート構造物の非破壊検査シンポジウム, 「成熟社会におけるコンクリート構造物の非破壊検査の役割」論文集, 2012.8.

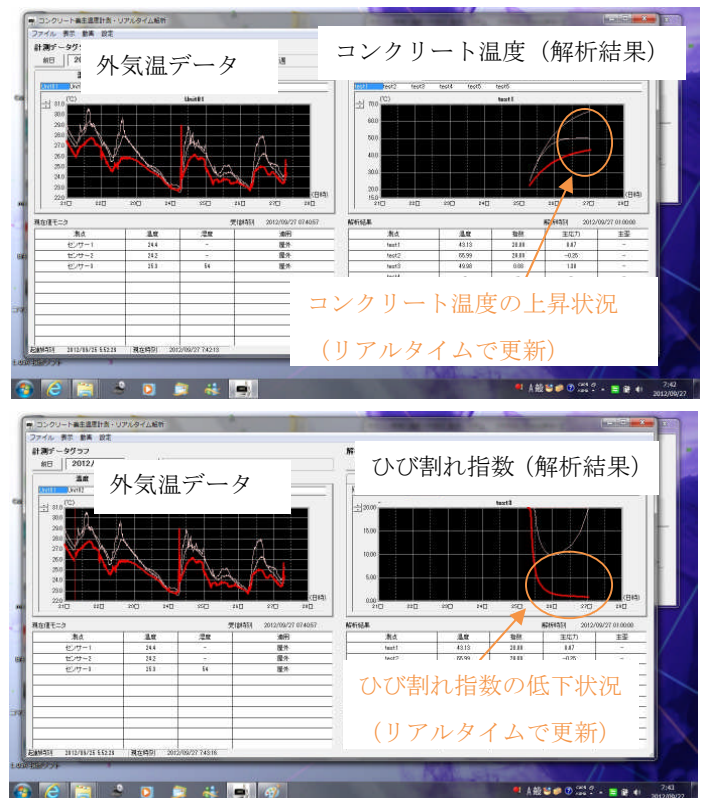


図-2 本システムのパソコン表示状況

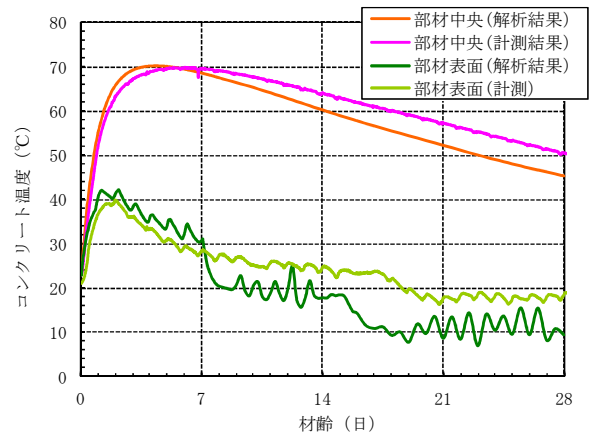


図-3 計測結果と解析結果の比較