

V-475 高強度コンクリート版モデルの温度計測と 熱伝導解析によるシミュレーションについて

近畿コンクリート工業(株) 正員 青野 健治
近畿コンクリート工業(株) 中岡 勇

はじめに

ダムのエブロンや水たき等の洗掘箇所における補修に耐摩耗性の高い高強度コンクリートが使用されている。高強度コンクリートは、セメント量が普通コンクリートより極めて多いことから、打ち込み後の水和熱等によるひびわれの発生が懸念される。断面の大きいマスコンクリートにおいては、水和熱の影響等による実験的、解析的研究は行われているが、洗掘等の補修として使用されるような断面の比較的小さいコンクリート版において温度応力によるひびわれの発生有無に関する検討はほとんど行われていない。

本件は、比較的小さい断面の高強度コンクリート版試験体で行った温度計測結果と熱伝導解析による解析値の実測値への再現を行うことにより、解析により温度分布を推定し、温度応力によるひびわれ発生の有無の推定を試みるものである。今回、高強度コンクリート版モデルの計測結果と熱伝導解析におけるシミュレーション結果について報告するものである。

1. 高強度コンクリート版モデル試験体による温度計測

1.1 試験体の概要

打ち込んだ試験体の形状並びに配合を図-1、表-1に示す。試験体は、周囲に拘束されていない試験体（NF試験体）と底部が拘束されている試験体（F試験体）2種類打ち込み、NF試験体では室外に放置したもの（NF-1）と低温（約4℃）の室内に放置したもの（NF-2）それぞれ1体ずつ計3体の試験体を使用し、それぞれの試験体には熱電対で打ち込みからの温度履歴を計測した。

1.2 温度計測結果

それぞれのNF試験体中央部における打ち込み後の温度計測結果を図-2に示す。使用したコンクリートの断熱温度上昇量は51.6℃に対し、試験体の計測結果では、最大で約20℃程度であり、水和熱による温度上昇より、周囲への熱の流出が上回っているのがわかる。

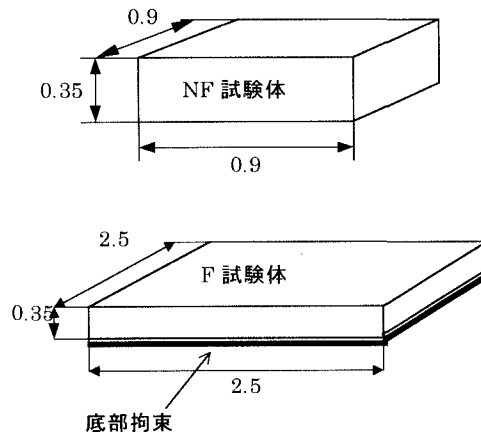


図-1 試験体概要(単位:m)

表-1 配合表

水/結合材		単 位 量 (kg/m3)							スランプ [°]	空気量
(%)	s/a (%)	W	C	SF	EXP	S	G	(cm)	(%)	
33	34	160	405	50	30	561	1097	14.5	4.5	

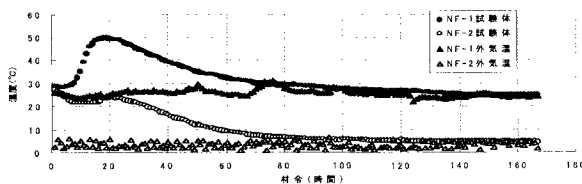


図-2 NF試験体温度計測結果

特に低温管理された NF-2 試験体では、打ち込み温度より水和熱による温度上昇が低く、水和熱による温度上昇のピークが他の試験体より数時間程度遅れている。これは NF-2 試験体に保温養生を行わなかったため、熱の流出が他の試験体より極めて大きくなり、凝結の遅延も伴ったためであると考えられる。

2. FEM 解析によるシミュレーション結果(解析コード:コスモス M)

NF 試験体による温度履歴に整合するような熱特性値を推定した上で、同じ熱特性値を使って F 試験体による温度履歴のシミュレーションを行い、整合性について検討した。熱特性値には、比熱、断熱温度上昇量、熱伝導率、熱伝達係数が通常使われるが、熱伝達係数は、外部環境の変化、養生状態により大きく変化する。

また、断熱温度上昇量は、ほぼ確立された試験方法により通常随時試験が行われる。従ってここでは、これらの特性値は、外部環境の状況により推定あるいは既知のものとして取り扱い、個々のコンクリートの特性である比熱、熱伝導率におけるシミュレーションを行った。解析に使用した熱特性値を表-2に示す。

NF 試験体における試験体中央部の温度履歴の実測値と計算値との比較並びに F 試験体による試験体中央部における実測値と計算値との比較をそれぞれ図-3、図-4に示す。図-3、図-4より、それぞれの最高温度はほぼ一致するが、最高温度に達する材令は、NF-2 以外は計算値の方が数時間程度遅れている。

NF-2 試験体は実測値の方が計算値より大きく遅延している。これは低温環境における凝結時間の遅延の影響を解析では考慮できていないためである。水和熱による温度上昇は解析では断熱熱温度上昇量から算定する時間当りの熱発生量をもとに計算しているため、外部環境によって生じるコンクリート内部の水和反応の変化には対応できない。また、側面近傍では、熱伝達係数の影響を大きく受けるため、ある程度適切な設定値を与えることが整合性を高めるためには重要である。今回使用した熱特性値は、通常のマスコングリートにおけるコンクリート標準示方書¹⁾並びに既往の研究論文²⁾での参考値を適用したものであるが、いずれも温度履歴の傾向並びに最高温度はほぼ一致していることから、今回のような小断面であるがセメント量の多い高強度コンクリートの場合でもコンクリートの基本的な熱特性に大きな変化はないものと考えられる。

3. 今後の課題

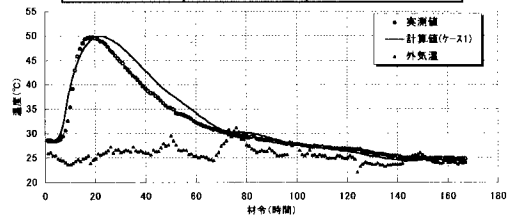
今後は適切な熱伝達係数の推定について検討した上でこれらの温度解析結果をもとにした熱応力解析を行い実測値との比較を行いながら、熱応力によるひびわれ発生有無の推定方法について検討を行う。

【参考文献】

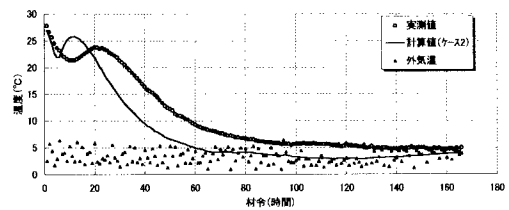
- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書（施工編）
- 2) 秋田大 徳田弘 庄谷征美：コンクリートの熱特性値の測定と二、三の考察，土木学会論文集 1973.4

表-2 熱特性値^{1),2)}

比熱 kcal/kg°C	熱伝導率 kcal/m・h	単位体積重量 kg/m ³
0.3	2.3	2337



NF-1試験体



NF-2試験体

図-3 実測値と計測値との比較(NF 試験体)

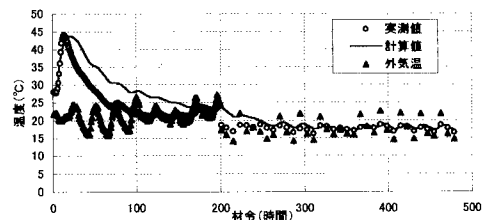


図-4 実測値と計算値との比較(F 試験体)