

セメントの種類を変えた部材中心温度の実測値と解析値の比較検討

安藤建設株式会社 正会員 ○川中 政美
 安藤建設株式会社 高山 亨
 安藤建設株式会社 安部 弘康
 安藤建設株式会社 立山 創一

1. 目的

マスコンクリートは温度ひび割れが問題となる場合が多く、部材の中心温度を精度よく求める必要がある。今回、よく用いられているセメント（普通ポルトランドセメント、高炉B種）を用いて、ほぼ同一条件で試験体の中心温度を測定し、解析値との整合性を検討したので報告する。

2. 実験概要

1) 試験体寸法

試験体は、マッシュでありながら放熱をある程度期待できる寸法（1.5mの立方体）とした。型枠は全期間を通して存置させた。その外観を図-1に示す。



図-1 型枠状況

2) 使用材料と配合

使用材料を表-1に示す。また、コンクリートの配合を表-2に示す。セメントの種類および配合は、普通ポルトランドセメント（以下Nと略す）、高炉セメントB種（以下BBと略す）および高炉セメントB種+膨張材（以下BB+EXと略す）の3種類とした。コンクリートはレディーミクストコンクリートを使用した。

表-1 使用材料

材料	物性値
セメント	普通ポルトランドセメント：密度 3.16g/cm^3 、比表面積 $3310\text{cm}^2/\text{g}$ 高炉セメントB種（BB）：密度 3.04g/cm^3 、比表面積 $3850\text{cm}^2/\text{g}$
粗骨材	砕石：石岡産、最大寸法 20m 、絶乾密度 2.66g/cm^3 、吸水率 0.52% 、粗粒率 6.54
細骨材	陸砂：神栖産、最大寸法 5m 、絶乾密度 2.56g/cm^3 、吸水率 1.54% 、粗粒率 2.42 砕砂：佐野産、最大寸法 5m 、絶乾密度 2.66g/cm^3 、吸水率 1.69% 、粗粒率 3.07
混和材	低添加型コンクリート用膨張材（構造用）、石灰系膨張材
混和剤	AE減水剤、標準型 I種：リグニンスルホン酸塩とオキシカルボン酸塩

3) 打設場所と打設日

打設と測定は茨城県の実験ヤードで行った。打設日は2010年2月におこない、同一日に3試験体を順次打設した。

表-2 コンクリートの配合

配合の種類	スランブ (cm)	空気量 (%)	W/(C+E) (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)					
					W	C	E	S	G	AE減水剤
N	8	4.5	52	42.8	157	300	0	792	1073	3
BB	8	4.5	51	42.8	153	300	0	792	1073	3
BB+膨張材	8	4.5	51	42.8	153	280	20	792	1073	3

4) 測定項目

温度計測は、試験体中心部、外気温を測定した。

5) 断熱温度上昇試験

BBは、断熱温度上昇試験を実施した。試料は、トラックアジテータ車から採取し、フレッシュ性状を確認後速やかに試験を開始した。

6) 温度解析

温度解析は、各学会が提唱している断熱温度上昇特性式を用いて実測値との整合性を確認する目的で行った。解析は、

表-3 解析条件

項目	種類	設定値
熱伝導率	地盤	$1.0 (\text{W/m}^2\text{C})$
	コンクリート	$2.7 (\text{W/m}^2\text{C})$
密度	地盤	$1600 (\text{kg/m}^3)$
	コンクリート	$2400 (\text{kg/m}^3)$
比熱	地盤	$2.6 (\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C})$
	コンクリート	$1.2 (\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C})$
初期温度	地盤	$16 (^{\circ}\text{C})$
	コンクリート	N: 11.8°C 、 BB: 12.7°C 、 BB+膨張材: 14.6°C
断熱温度 上昇特性	コンクリート	jsce式、jci式、 断熱温度上昇試験値 (BB)

3次元非定常温度応力解析プログラムを用いた。解析条件を表-3に示す。断熱温度上昇特性は、土木学会式（以下jsce式）、日本コンクリート工学協会式（jci式）及び断熱温度上昇試験の結果（BB断熱試験）を用いた。

キーワード：終局断熱温度上昇量、温度上昇速度、高炉セメントB種、普通ポルトランドセメント、膨張材

連絡先：〒108-8544 東京都港区芝浦3-12-8 安藤建設（株）土木本部技術部 TEL 03-3457-9385

3. 実験結果および考察

3.1 中心温度の比較

中心温度の測定結果を図-2 に示す。打設は3試験体とも同一日に行ったが打設時のコンクリート温度および打設開始時間に差が生じた。中心温度を比較するために、温度については打設時のコンクリート温度を基準として温度上昇量を取り、材齢は、打設開始時刻を0とした。

その結果、最高温度が $N > BB+EX > BB$ の順になった。

3.2 断熱温度上昇特性の比較

1) 終局断熱温度上昇量 (Q_{∞})

BB の終局断熱温度上昇量は各学会式とも概ね整合しているが、試験値は、約 10°C 低い結果となった(図-3))。N の終局断熱温度上昇量は、jci 式と jsce 式で約 5°C の差を生じた。

2) 温度上昇速度 (r)

BB の温度上昇速度は、jci 式と試験値が近似した(図-3)。N の温度上昇速度は、jci 式と jsce 式で異なった。

3.3 中心温度の解析値と実測値の比較

1) 高炉セメントB種

中心温度は、BB 実測値と BBjci 式が最も整合した(図-4)。また、BB 断熱試験も概ね整合した。この理由は、実際と両式の温度上昇速度が適切だったものと推測する。

マッシュな試験体ではあるが、ある程度の放熱が考慮できる寸法であったため、終局断熱温度上昇値よりも温度上昇速度の影響を受けたものと推測する。

2) 高炉セメントB種+膨張材

実験値に対して jci 式の解析値が概ね整合した(図-5)。断熱温度上昇特性の jci 式の温度上昇速度が適切だったものと推測する。

3) 普通ポルトランドセメント

実験値に対して jci 式の解析値が概ね整合した(図-6)。断熱温度上昇特性の jci 式の温度上昇速度が適切だったものと推測する。

4. まとめ

今回の実験条件では、解析による試験体中心温度は、jci 式が実験値を良く再現していた。放熱の影響が比較的大きいマスコンクリートにおいては、部材中心温度を予測する際に温度上昇速度の影響が大きいものと推測する。

参考文献

- 1) 土木学会：2007 制定 コンクリート標準示方書【設計編】，pp342～343
- 2) 日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008，pp47～50

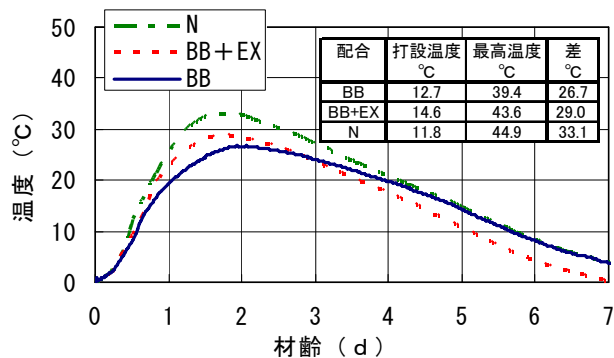


図-2 中心温度

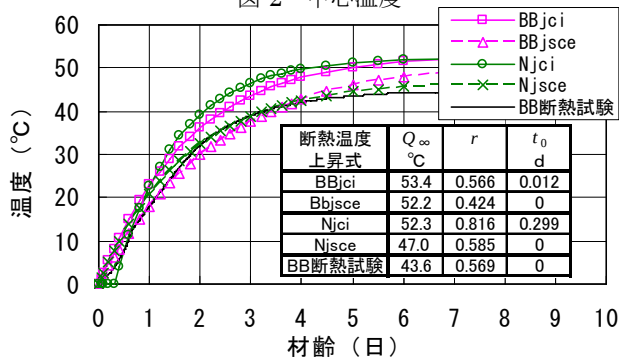


図-3 断熱温度上昇特性

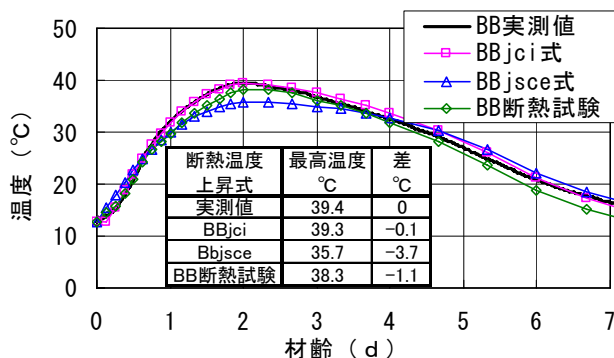


図-4 中心温度の解析値と実測値の比較 (BB)

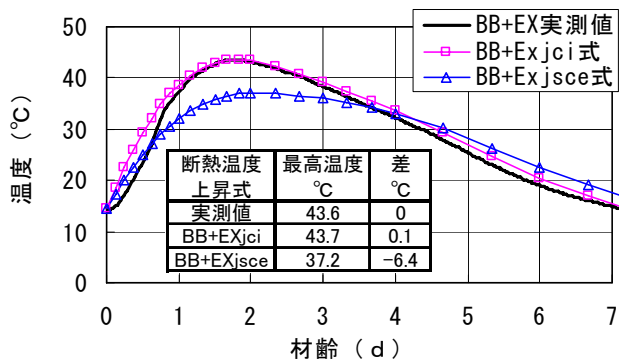


図-5 中心温度の解析値と実測値の比較 (BB+EX)

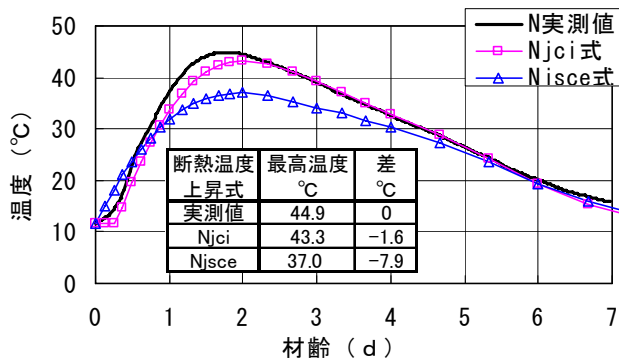


図-6 中心温度の解析値と実測値の比較 (N)