

工学論文

[1141] セメントの水和発熱過程の定量化によるコンクリートの温度解析手法に関する研究

正会員○横江憲一 (大成建設土木設計部)  
 正会員 大竹明朗 (大成建設土木設計部)  
 正会員 岡本修一 (大成建設技術研究所)  
 正会員 松岡康訓 (大成建設技術研究所)

1. 研究の目的

近年の構造物の大型化に伴い、マスコンクリート構造物が多くなっており、セメントの水和熱による温度ひびわれに関する問題が増加している。現状では、マスコンクリートの温度ひびわれ抑制対策を行ううえでの予測解析精度が高いとは言い難く、コストを要する温度ひびわれ抑制対策工ができない場合もある。本研究は、予測解析の精度を向上させることを目的として、コンクリート内部の温度上昇量を事前に正確に算定する手法についての検討を行った。

2. 研究の手法

2.1 概要

従来、コンクリート内部の温度上昇量を算定する場合、事前に正確な予測を行うためには以下の問題点があった。

- ①セメントの発熱特性……(a)断熱温度上昇試験精度, (b)発熱特性の温度依存性
- ②コンクリートと外界との熱収支……(a)温度差, (b)日射, (c)降雨

本論文では、上記の内、特に解析結果に対する影響が大きい①のセメントの発熱特性について検討を行った。尚、セメントの発熱特性として、鈴木らが提案している水和発熱モデルを適用した。本研究では、高炉セメントB種(高炉スラグ微粉末混入率55%)にフライアッシュを20%混入した3成分の低発熱セメントを用いて、初期温度(20~30℃)、単位セメント量(270~340 kg/m<sup>3</sup>)、及び水セメント比(45~55%)を変えて断熱温度上昇試験を行った。試験結果からセメントの水和発熱過程の定量化を行い、断熱温度上昇試験、及び水和発熱過程定量化の精度の確認を行った。そして、上記セメントを用いた実構造物での温度計測値と解析値を比較することにより、水和発熱の定量化モデルの妥当性を検証した。また、RC示方書、JCI指針に示されているような時間依存型の水和発熱モデルと定量化モデルの比較検討を行った。

2.2 水和発熱過程の定量化による温度解析手法

コンクリートの温度解析の基本式は、式(1)に示す熱伝導方程式によって表される。

$$c \rho \frac{dT}{dt} = K \nabla^2 T + H \dots\dots\dots (1)$$

ここに、C;比熱, ρ;密度, K;熱伝導率, T;温度, t;時間, H;水和発熱速度  
 鈴木らの方法による水和発熱モデルを式(2)に示す。

$$H = H(T_s, Q) \times \exp\left(-\frac{E(Q)}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s}\right)\right) \times C \dots\dots\dots (2)$$

ここに、H(T<sub>s</sub>, Q);基準水和発熱速度, -E(Q)/R;セメントの温度活性  
 T<sub>s</sub>;基準温度, Q;積算発熱量, C;単位セメント量

数値解析には、以下の関数を数値データとして与える。

①積算発熱量と基準水和発熱速度との関係、②積算発熱量とセメントの温度活性との関係

これらの数値データは、初期温度の異なる断熱温度上昇試験を行うことにより、計算により求めることができる。

### 3. 得られた主な成果

①3成分系の低発熱セメントの中には、初期温度(20~30℃)、単位セメント量(270~340 kg/m<sup>3</sup>)、及び水セメント比(45~55%)に影響されることなくセメント1kg当りの発熱特性がほぼ同一となるセメントが存在する。(図-1、図-2)

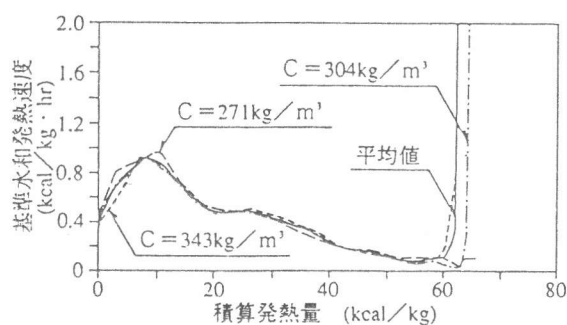


図-1 積算発熱量とセメントの規準水和発熱速度 (T<sub>s</sub>=20℃)との関係(FMBB, A社)

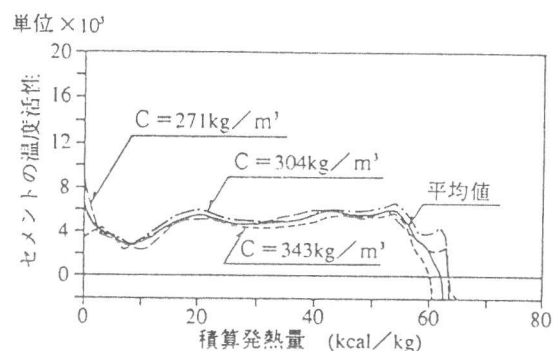


図-2 積算発熱量とセメントの温度活性との関係 (FMBB, A社)

②上記セメントを用いた実構造物で予測解析を行い、コンクリート打設後の実測値と比較したところ、計算値が全断面にわたって1~2℃の精度で一致した。

③市販の断熱温度上昇試験装置の中には、初期温度が30℃の場合、測定値が小さめの傾向をもつ装置があることが、室内試験及び実構造物での実測値により確認された。

### 4. 結論

コンクリートの温度上昇量の予測をする場合、初期温度を変えた断熱温度上昇試験(標準として10, 20, 30℃)を行い、セメントの水和発熱過程の定量化を行うと、以下の理由により、従来の解析手法より精度の高い解析を行うことができる。

①断熱温度試験精度のチェックをすることができる。

②初期温度によるセメント発熱特性の補正が必要ない。

③得られた発熱特性は、セメント1kg当りで表現されるため、配合の変化に対しても、適用が可能である。

[本論文は、「コンクリート工学論文集」Vol. 2, No. 2, 1991. 2に掲載されたものである]