

V-413

構造物の温度実測結果に基づくコンクリートの発熱特性の推定

前田建設工業 技術研究所 正会員 小嶋 和弘

前田建設工業 技術研究所 正会員 三島 徹也

前田建設工業 技術研究所 正会員 渡部 正

1. はじめに

近年、コンクリート構造物を施工するに当たって、温度応力によるひび割れの検討を行うことが多くなっている。コンクリートの温度応力解析の実施において、種々の熱物性データを設定する必要があるが、最も重要となる熱特性値は、コンクリートの発熱特性である。

本報告は、コンクリートの発熱特性が不明であり、断熱温度上昇試験が困難な場合において、簡易的に発熱特性を推定する方法として、実構造物で計測された温度データより、逆解析を行い発熱特性を推定する方法を検討したものである。

2. 簡易的断熱温度上昇試験

コンクリートの発熱特性は一般に断熱温度上昇式として(1)式で表わされ、 K 、 α なる定数を決定することによりコンクリートの発熱をモデル化している。本来この定数 K 、 α は、使用するコンクリートの配合により断熱温度上昇試験を実施して決定するものであるが、現在では数多くの実験結果から、それぞれのセメントの種類における単位セメント量に対応した推定式よりこの定数 K 、 α を設定し、解析データとして使用するケースが多い。しかしながら、断熱温度上昇試験機を利用できない場合もあり、実構造物の温度を実測し逆解析により簡易的に発熱特性を推定する方法を検討した。

$$T(t) = K \times \{1 - \exp(-\alpha t)\} \quad \text{---(1)}$$

T : 断熱温度上昇量(°C)
 K : 終局断熱温度上昇量(°C)
 α : 発熱速度に関する定数
 t : 材齢(日)

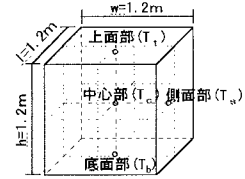


図-2.1 対象構造物および温度測定位置

今回温度を測定した構造物は、図-2.1に示すような各辺とも1.2mの立方体により温度の実測を行った。温度の測定は図の○の位置に熱電対を設置し

た。また、躯体の周囲は発泡スチロールにより養生を施した。コンクリートの配合を表-2.1に示す。

3. コンクリート発熱特性値の逆解析手法

水平方向、鉛直方向の温度は放物線状に分布すると仮定すると、水平方向の温度分布は次式によって表すことができる。

$$T(x) = a_1 + a_2x + a_3x^2 \quad \text{---(2)}$$

ここで温度分布曲線は左右対称として $a_2=0$ 、側面部において $T(w/2)=T_s$ 、中心部において $T(0)=T_c$ とすると

$$a_1 = T_c \quad \text{---(3)}, \quad a_3 = (T_s - T_c) / (w/2)^2 \quad \text{---(4)}$$

鉛直方向も同様に考えて、

$$T(y) = b_1 + b_2y + b_3y^2 \quad \text{---(5)}$$

$T(-h/2) = T_b$, $T(0) = T_c$, $T(h/2) = T_t$ より、

$$b_3 = (2T_c - T_t - T_b) / [2(h/2)^2] \quad \text{---(6)}$$

(2)(5)式より $\partial^2 T / \partial x^2 = 2a_3$, $\partial^2 T / \partial y^2 = 2b_3$

表-2.1 コンクリートの配合

No.	Mix. Aggr. size Slump	Concrete Composition (kg/m ³)									A/C Ratio	W/C Ratio	
		Cement	P.F.A. (%)	G+ P.F.A.	Aggregates			Free Water	Admix 1 (DARATARD)	Admix 2 (HYGOL)			Admix 3 (Daracem)
					20mm	10mm	Fines						
A	40/20-150mm	320	130 (28.9%)	450	710	350	650	175	1.121	1.067	6.6	3.800	0.399
B	40/20-100mm	370	130 (26.0%)	500	695	435	480	195	1.245	1.185		3.220	0.391

一方、非定常の熱伝導式は次式によって表される。

$$\rho c \Delta T / \Delta t = \lambda \{ \partial^2 T / \partial x^2 + \partial^2 T / \partial y^2 \} + \Delta Q / \Delta t \quad \text{---(7)}$$

ρ : 比重(kg/m³), c : 比熱(kcal/kg・°C)

Δt 時間の発熱量 ΔQ は

$$\Delta Q = \rho c \Delta T - 2\lambda(a_3 + b_3)\Delta t \quad \text{---(8)}$$

断熱温度上昇量 H (°C)と発熱量 Q (kcal/m³)には $Q = H \rho c$ なる関係がある。したがって、 Δt 時間における断熱温度上昇量 ΔH は次式で表すことができる。

$$\Delta H = \Delta T - 2\lambda / \rho c (a_3 + b_3) \Delta t \quad \text{---(9)}$$

以上より、この(9)式に(4)(6)式の実測温度データを代入し、断熱状態でのコンクリートの温度上昇量を推定する。

4. 逆解析結果および考察

温度の実測結果および逆解析により得られた結果を図に示す。さらに逆解析により得られた、断熱温度上昇式の定数 K 、 α を使用した二次元有限要素法による非定常温度解析の結果を図に示す。

温度分布を放物線状と仮定するため若干差が見られるものの、ほぼ解析結果と実測値は同じと見なして良いと思われる。したがって、この逆解析手法は、簡易的にコンクリートの断熱温度上昇特性を推定するのに有効であると考えられる。

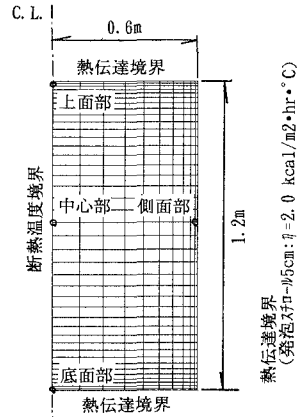


図-4.1 温度解析モデル

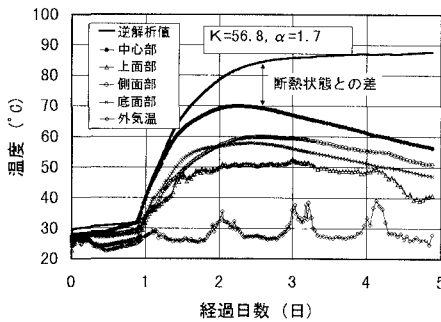


図-4.2 温度測定値および逆解析値(A配合)

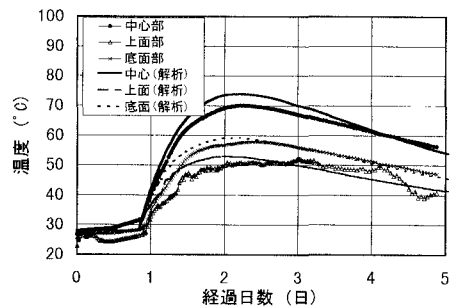


図-4.3 温度測定値および温度解析結果(A配合)

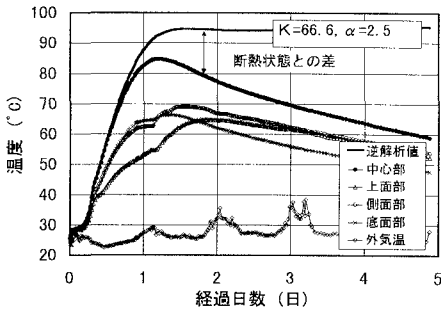


図-4.4 温度測定値および逆解析値(B配合)

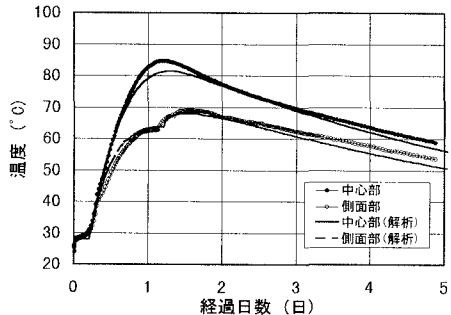


図-4.5 温度測定値および温度解析結果(B配合)

5. まとめ

本来、コンクリートの発熱特性は、事前に断熱温度上昇試験を実施して確認するべきものであるが、今回1.2m³の立方体という中規模な構造物を実際に打設し、コンクリートの断熱温度上昇特性を温度の実測値から簡易的に推定する方法を検討した。その結果、ある程度の精度で発熱特性を推定できた。この手法により、容易にコンクリートの発熱を確認し、以降の解析に利用できると思われる。