

## レジンコンクリートにおける重合発熱のモデル化

九州工業大学大学院 学生会員 村田 義憲, 松尾 一四  
九州工業大学 正会員 合田 寛基, 日比野 誠

### 1. はじめに

レジンコンクリートにおいて、結合材に用いる合成樹脂の硬化中に生じる体積収縮によって、製造、施工時に変形やひび割れが生じることが問題となっている。本研究は、レジンコンクリート中の樹脂の収縮挙動に影響を及ぼす重合反応の温度依存性に着目して、レジンコンクリートの硬化過程の発熱モデルを提案するものである。

### 2. レジンコンクリートの発熱モデル

一般的な化学反応の速度は反応温度に依存するため、レジンコンクリートにおいても重合反応の温度依存性を考慮し、鈴木ら<sup>1)</sup>がセメントコンクリートに適用した水和発熱モデルを準用することとした。式(1)に示すように発熱速度  $H$  を温度が一定のときの発熱速度(基準発熱速度  $H_s$ )と温度依存項の積で表し、基準発熱速度と温度依存項中の温度活性 ( $-E/R$ ) は積算発熱量 ( $Q$ ) の関数として、これらを断熱温度上昇試験から同定することとした。

$$H = H_s(Q) \exp\left\{-\frac{E(Q)}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s}\right)\right\} \quad (1)$$

$$Q = \int H dt \quad (2)$$

ここで、 $H$ : 結合材質量あたりの発熱速度(kJ/kg・min)、 $Q$ : 結合材質量あたりの積算発熱量(kJ/kg)、 $H_s$ : 結合材質量あたりの基準発熱速度(kg/kg・min)、 $R$ : 気体定数 (J/K・mol)、 $E$ : 活性化エネルギー(J/mol)、 $T_s$ : 基準温度(303K)、 $T$ : コンクリート温度(K)

### 3. 実験概要

使用材料の物理的性質を表-1に、実験に使用したレジンコンクリートの配合を表-2にそれぞれ示す。JIS R 5201(セメントの物理試験方法)に定める鋼製型枠を使用し、40×40×160mmの供試体を作製した。供試体の中心に熱電対を設置し、供試体中心の温度と同じになるように乾燥炉内の温度を制御して断熱環境を再現した。

### 4. 実験結果およびモデルの構築

単位結合材量を 290kg/m<sup>3</sup>一定にし、打込み温度を3水準に変化させた断熱温度上昇試験の結果を図-1に示す。この結果から積算発熱量と発熱速度を求めた結果を図-2に示す。今回採用している発熱モデルの特徴として、重合反応が終了し未反応のモノマーが

表-1 使用材料

	使用材料	絶乾密度(g/cm <sup>3</sup> )	吸水率(%)
結合材	不飽和ポリエステル	1.12	-
充填材	高炉スラグ微粉末	3.35	-
細骨材	ケイ砂	2.54	1.2
粗骨材	碎石1005	2.65	0.8

表-2 配合表

	結合材	充填材	細骨材	粗骨材	空気量(%)
材料質量(kg/m <sup>3</sup> )	270	323	1150	467	1.0
	290	400	1106	442	
	330	456	1003	407	

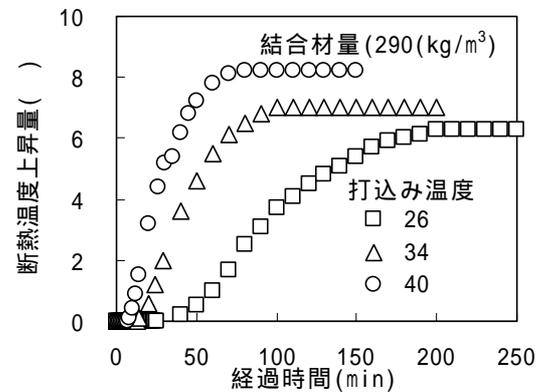


図-1 打込み温度を変化させた断熱温度上昇量

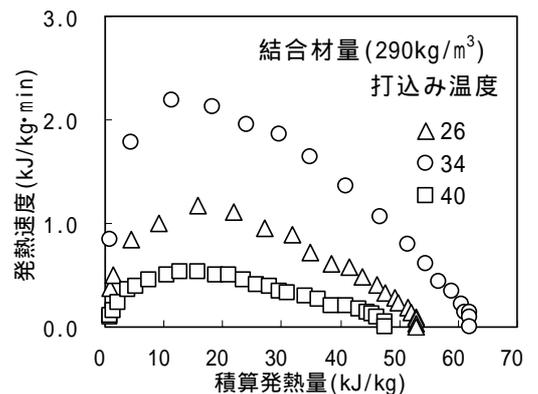


図-2 積算発熱量と発熱速度の関係

なくなった時点、つまり積算発熱量が終局値に達した時点で基準発熱速度がゼロにならなくてはならない。しかしながら、今回の実験結果では積算発熱量の終局値が打込み温度の影響を受けているため、この点についてモデルの修正が必要となる。

次に打込み温度を一定(32℃)にして結合材量を3水準に変化させた結果を図-3、積算発熱量と発熱速度との関係を図-4に示す。結合材量を変化させ打込み温度を一定とした場合、断熱温度上昇量は異なるが積算発熱量および発熱速度はほぼ同一の値となった。このような結果から図-2に示す積算発熱量の終局値が打込み温度によって異なる現象は、反応途中のコンクリート温度が影響しているわけではないと推測される。したがって、温度履歴を再現できる発熱モデルとするために、積算発熱量の終局値は、反応途中の発熱速度の最大値に依存していると仮定し、両者の関係から基準発熱速度を修正することとした。

図-2をもとに積算発熱量40kJ/kgまでの範囲で2kJ/kgごとにアレニウスプロット<sup>2)</sup>を作成し、基準温度を303Kとして求めた基準発熱速度を図-5に示す。今回のモデルでは、積算発熱量20kJ/kgまでの範囲は図-5をそのまま用い、20kJ/kg以上の範囲では、図-6に示す積算発熱量の終局値と発熱速度の最大値との関係を利用して、積算発熱量の終局値を計算途中で修正するものになっている。

温度活性については、アレニウスプロットより求めた値が比較的安定した挙動を示していた積算発熱量が20kJ/kgまでの値の平均値を用いて、一定値として計算するものとした。

5.まとめ

- (1) 打込み温度、結合材量を変化させた断熱温度上昇量の測定結果から、レジンコンクリートの積算発熱量の終局値に速度依存性があることがわかった。
- (2) 反応速度の最大値から積算発熱量の終局値を修正することによって、積算発熱量の終局値における速度依存性を再現することができた。

参考文献

- 1) 鈴木康範ほか:コンクリート中に存在するセメントの水和発熱過程の定量化,土木学会論文集, No.414/V-12, pp.155-164, 1990.2.
- 2) 岡村甫ほか:ハイパフォーマンスコンクリート, p.143-149, 1993, 技報堂出版

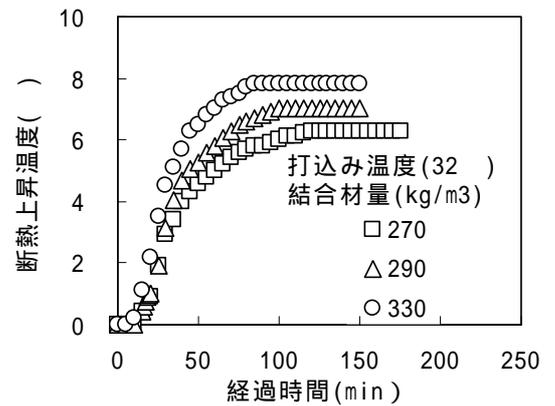


図-3 結合材量を変化させた断熱温度上昇量

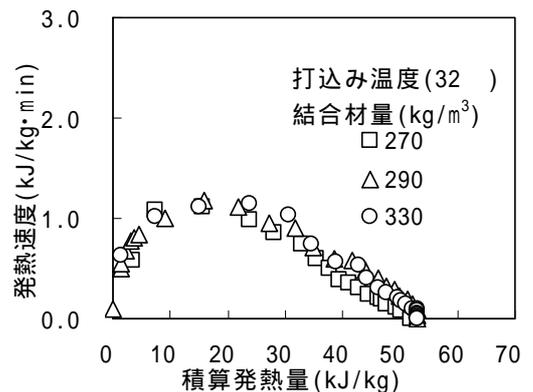


図-4 積算発熱量と発熱速度の関係

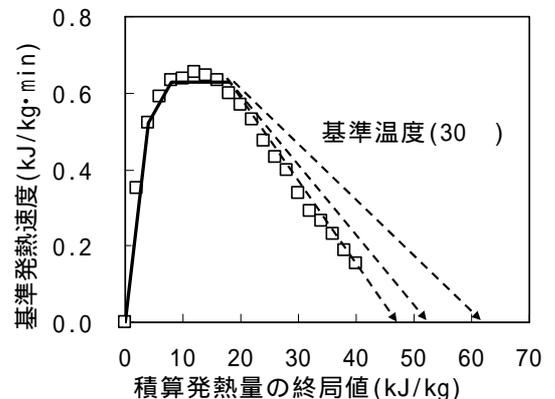


図-5 積算発熱量の終局値と基準発熱速度の関係

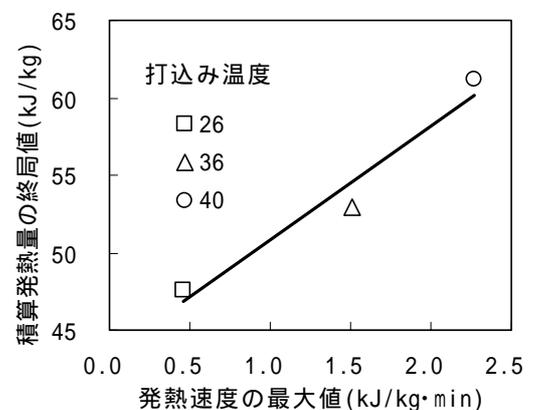


図-6 発熱速度の最大値と積算発熱量の終局値