

V-176

水和発熱モデルにおけるフライアッシュセメントの材料特性値のモデル化

東京大学大学院 学生員 岸 利治
住友セメント（株） 正会員 鈴木 康範
東京大学工学部 正会員 前川 宏一

1. はじめに

コンクリート構造物の温度予測手法として、従来の断熱温度上昇量に基づく解析法に代わり、積算発熱量に基づく温度依存型の水和発熱モデルが提案され¹⁾、このモデルで用いる温度一定時におけるセメント単位重量あたりの発熱速度と温度活性の2つの材料特性値を配合ごとに求める試験方法が確立された²⁾。しかし現在広く用いられている混合セメントについて温度解析を行なう場合、単位セメント量の相違に加え、混和材混入率の相違によっても材料特性値が変化するため、配合が異なるごとに予備実験を行なわねばならない配合設計の段階で、任意の配合比に対する材料特性値を知ることができれば、予備実験にかかる労力が著しく削減されるに留まらず、熱を考慮に入れたセメント設計が可能となる。本報告は、フライアッシュセメントの発熱速度に関する材料特性値を、試験により求めた普通ポルトランドセメント（OPC）のデータに基づき、フライアッシュ重量混入率をパラメーターとしてモデル化し、実験結果に対する温度解析を通して、その適用性を検討したものである。

2. 実験概要

フライアッシュ重量混入率20%および50%の2ケースについて、図1のように配置した熱電対で、打込み後の供試体各部の温度を測定した。供試体の大きさは34cm×44cm×32cmであり、周面を全て厚さ8cmの断熱材で被覆した。コンクリートの配合をそれぞれ表1および表2に示す。

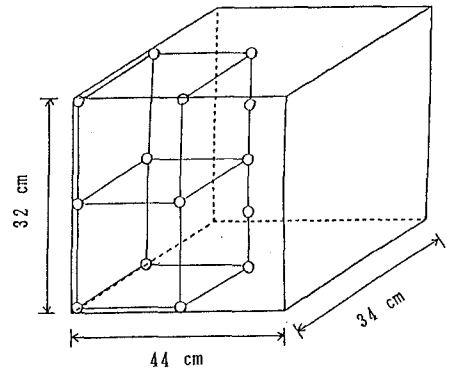


図1 供試体および内部の熱電対の配置（○が熱電対の位置を表わす）

OPC	混和材	水	細骨材	粗骨材	混和剤
350	104.4	152.2	856.5	846.3	5 l

表1 フライアッシュ混入率20%の配合

OPC	混和材	水	細骨材	粗骨材	混和剤
200	208.5	152.2	856.5	846.3	5 l

表2 フライアッシュ混入率50%の配合

3. フライアッシュ混入率に基づく材料特性値のモデル化

図2は鈴木³⁾が温度20℃一定における発熱速度と積算発熱量との関係を、普通ポルトランドセメント（OPC）および混入率20%のフライアッシュセメントについて求めたものである。フライアッシュの混入により、セメント単位重量あたりの総発熱量のみならず、発熱速度も著しく低下する。一方、発熱速度曲線は、OPCのそれとほぼ相似形をなしていることがわかる。そこでOPCの曲線を基準にして、フライアッシュ混入率に応じて図2の両軸を修正することで、フライアッシュセメントの発熱速度曲線を与え

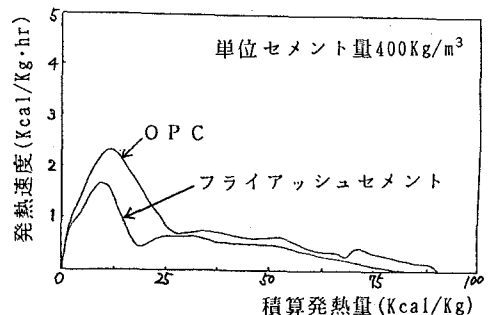


図2 20℃一定温度条件下のOPCとフライアッシュセメント（20%）の発熱速度と積算発熱量の関係

る方法を検討した。図3はその概念図である。図において、OPCの Q_s とフライアッシュセメントの Q は同じ水和レベルであると考えられ、 Q_s は Q と積算発熱量方向の比より求まる。そして Q_s におけるOPCの発熱速度に発熱速度方向の低減率を乗ずることにより Q におけるフライアッシュセメントの発熱速度が求まる。

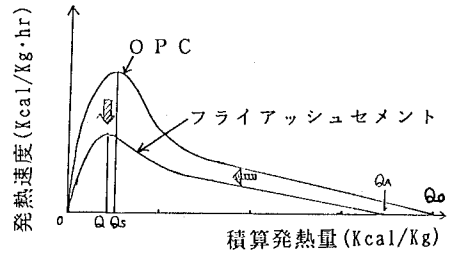


図3 モデルの概念図

フライアッシュを20%置換した場合でも、総発熱量の減少は20%に満たないのに対し、発熱速度の低下は20%を大幅に上回っていることが図2よりわかる。総発熱量でさほど低下がみられないのは、フライアッシュも水和に寄与しているためであり、発熱速度の著しい低下は、フライアッシュによるセメントの水和進行の抑制効果と考えられる。フライアッシュセメントの低熱性に対する総発熱量低減の影響は比較的小さく、むしろ放熱が期待できる場合での発熱速度低下の貢献が温度応力低減の観点から大きいと言える。ここで総発熱量の減少量はフライアッシュ混入率の増加に比例するとした。発熱速度は、混入率20%および50%の実験結果を参考に、混入率が増加するに従って加速度的に低下し、100%置換にともない0に収束するものと仮定した。積算発熱量と発熱速度の低減率として、それぞれ以下の式-(1)、式-(2)を提案するものである。（ α ：混入率； R 、 S ：パラメーター）

$$\text{積算発熱量} : ((1-\alpha)Q_0 + K \cdot \alpha) / Q_0 \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{発熱速度} : (1-\alpha) \exp(-R \cdot \alpha^S) \dots\dots\dots (2)$$

4. 解析結果

3.で述べたフライアッシュ混入率に基づく算定式を適用し、フライアッシュ混入率20%および50%の2つの実験例について温度解析を試みた。併せて混入率20%の場合において、従来の断熱温度上昇量に基づく解析も行なった。図4および図5はそれぞれ混入率20%および50%の実験結果に解析結果を重ねたものであり、両者は良く一致している。これに対し、断熱温度上昇量に基づく従来の解析法では12℃近い解析誤差が生じており、ある程度放熱が起こる場合に対しては適用性が低いと言える。

5. まとめ

水和発熱モデルを用いたフライアッシュセメントの温度解析に資する発熱予測モデルを提案した。今後さまざまな混入率に対する実験を重ね、他の混和材についても同様のモデルによって精度の向上を図る予定である。

（参考文献）

- 1)内田、梶原、斉藤：積算発熱量に基づくセメントの水和発熱速度の定式化と温度上昇の予測、コンクリート工学論文NO.86.4-1,1986-4；
- 2)鈴木、前川、岡村、辻：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-12,1990-2；
- 3)鈴木：コンクリート中のセメントの水和発熱過程の定量化に関する研究、東京大学学位論文、1990

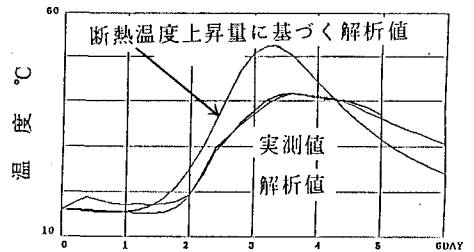


図4 混入率20%の解析結果

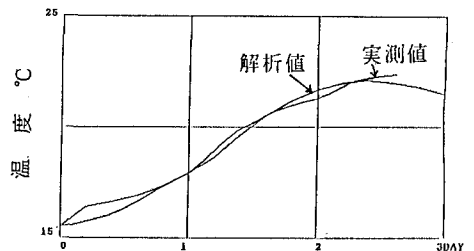


図5 混入率50%の解析結果