

マスコンクリートの温度予測における熱特性値の影響について

山口大学工学部 学生員 ○秋本悟志

山口大学工学部 正会員 中村秀明

山口大学工学部 正会員 浜田純夫

1. まえがき

マスコンクリートの温度応力解析を行うためには、コンクリート構造物内の温度分布を求める必要がある。温度解析に必要な熱特性値としては、発熱特性、熱伝導率、熱伝達率、比熱などであるが、これらの熱特性値は、使用するコンクリートの材令や配合、コンクリートの湿潤状態、温度などによって、また時間と場所によってばらつく不確定量である。これらの熱特性値がもつ確率統計的な特性を得ることは、解析結果を正確に判断する上で非常に重要なことである。そこで本研究では、モンテカルロ法¹⁾を用いて、各熱特性のばらつきが解析結果にどのような影響を与えているかを簡単な数値解析例を用いて明らかにする。

2. 解析モデル・解析条件

数値解析例として文献2)に取り上げられている壁状構造物の解析を行う。温度解析に影響を及ぼす熱特性値として、コンクリートの断熱温度上昇特性 (K, α)、比熱 (C_p)、密度

(ρ)、熱伝導率 (λ)、表面からの熱伝達率 (h)、型枠の熱貫流率 (U)、外気温 (T_{out}) の8つの熱特性値を取り上げ、表-1に示す値を期待値とし、変動係数 (標準偏差/期待値) が10%の300個の正規確率変数を発生させ、非定常熱伝導解析を行い、節点温度の期待値と分散を求めた。節点温度のばらつきには各熱特性値間の連成が考えられるが、本解析例では、まず始めに各熱特性値のばらつきが節点温度に及ぼす影響を把握するため、熱特性値を一つづつばらつかせ解析を行った。図-1に解析モデルの有限要素メッシュおよび境界条件を示す。また解析条件を表-1に示す。

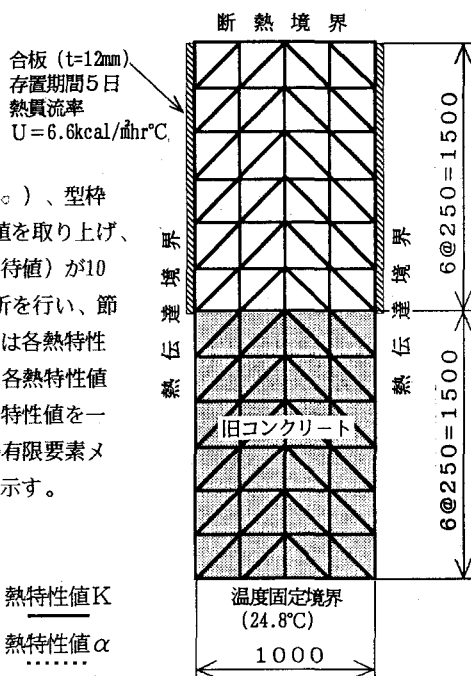


図-1 解析モデル

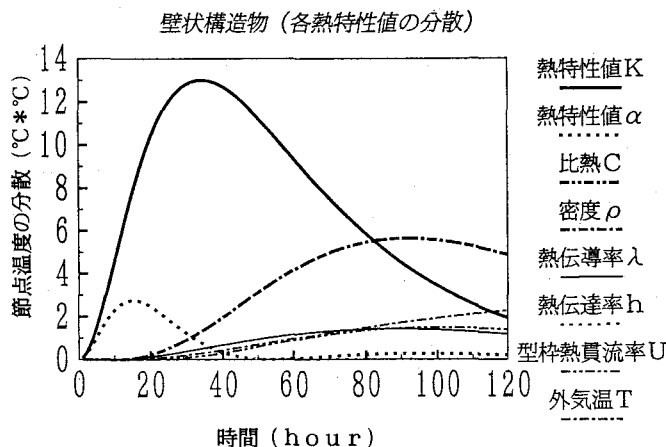


図-2 節点温度の分散の時間変化

表-1 解析条件

比熱 (C_p)	0.302 kcal/kg·°C
熱伝導率 (λ)	2.424 kcal/m·hr·°C
熱伝達率 (h)	12.0 kcal/m²·hr·°C
密度 (ρ)	2300 kg/m³
打込み温度	29.8°C
外気温 (T_{out})	24.8°C
単位セメント量	320 kg/m³
断熱温度上昇式	$T_{ad} = K(1 - e^{-\alpha t})$ $K = 48.5^\circ\text{C}$ $\alpha = 1.426$

3. 数値解析結果

図-2には温度が最高になる節点の節点温度の分散の時間変化を各熱特性値について示す。打設後から30時間前後までは熱特性値(K)による分散が大きく、その後比熱(C_o)、密度(ρ_o)の分散が大きい。また熱伝達率(h_o)は非常に小さい。

図-3に各熱特性値の節点温度の分散に対する寄与率の時間変化を示す。打設初期から30時間後までは断熱温度上昇特性(K, α)の影響は非常に大きく、それ以降は比熱、密度、外気温の影響が大きくなる。熱伝達係数はほとんど影響を及ぼしていない。

図-4に全ての熱特性値が10%変動したと仮定した時の温度が最高となる節点温度の期待値と3 σ 限界を示す。32時間後に節点温度は最高となり、その時の期待値は64℃である。また3 σ 限界の幅は23℃程度である。

4. 結論

本研究は各熱特性値のばらつきが解析結果にどの様

な影響を与えているかをモンテカルロ法を用いてシミュレーションした。その結果以下のことがわかった。

- 1) 打設初期のコンクリートの温度が最高になる節点での温度のばらつきには、断熱温度上昇特性(K, α)の影響が非常に大きく、熱伝達係数の影響は小さい。従って、最高温度を正確に求めるためには断熱温度上昇特性(K, α)、特に(K)を正確に求めておく必要がある。
- 2) 時間の経過とともに断熱温度上昇特性(K, α)の影響は小さくなり、密度、比熱の影響は大きくなる。

【参考文献】

- 1) 津田孝夫：モンテカルロ法とシミュレーション、培風館、1977
- 2) 日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひびわれ制御指針、pp.156~160
- 3) 星谷 勝、石井 清：構造物の信頼性設計法、鹿島出版会、pp.80~95、1986

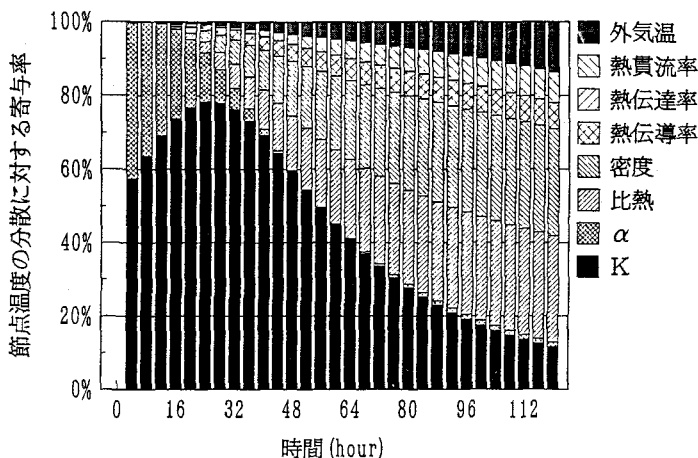


図-3 節点温度の分散に対する寄与率の時間変化

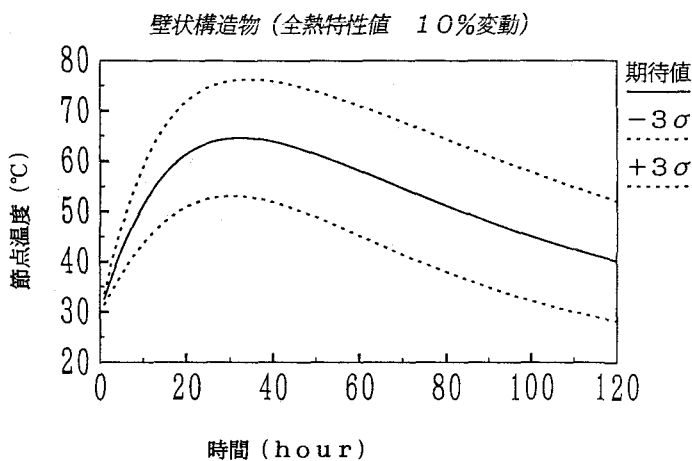


図-4 各熱特性値の分散の時間変化