

マスコンクリートの温度分布に及ぼす 外気温の影響に関する解析的検討

東北学院大学 工学部 学生会員 ○佐々 真也
 東北学院大学 工学研究科 学生会員 高橋 真一
 東北学院大学 工学部 正会員 遠藤 孝夫

1. はじめに

コンクリート構造物の大型化、高強度化、急速施工化にともない、セメントの水和熱による温度ひび割れの発生が重要な問題となっている。コンクリート構造物の温度ひび割れ発生の危険性を評価するためには、あらかじめ対象とする構造物について、種々の施工条件を考慮した温度応力解析を行う必要がある。温度応力を解析的に精度良く求めるためには、その前提としてコンクリート構造物内の温度分布が精度良く求まっていなければならない。マスコンクリートの温度解析では、解析条件の1つとして外気温が必要であるが、全国各地の外気温を簡便に表すモデル¹⁾が確立していないため、外気温は一般に平均気温で与えられることが多い。地域、季節によっては外気温の日変動がひび割れ発生を左右する場合も多く、特に、熱伝達の影響を受けるコンクリートの表面などでは外気温の影響は大きいものと思われる。そこで、本研究では外気温をSIN関数でモデル化し、既存の2次元FEM温度解析プログラム²⁾を用いて温度解析を行い、外気温の日変動がコンクリートの温度分布にどのように影響しているかを検討した。

2. 解析手法

2. 1 解析概要

解析対象としては、図-1に示すような岩盤上に打設されたコンクリートを想定した。解析モデルとしては解析対象の一部を取り出し、コンクリートの打設高さHを0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5mと変化させた6種類のモデルを想定した。ここで、解析モデルとして2次元のものを想定して解析を行っているが、本研究で問題としているのは高さ方向のみであるので1次元的に考察する。また、セメントの種類は低発熱型の中熱ポルトランドセメントを仮定し、単位セメント量Cも100, 150, 200, 250Kg/m³と変化させて解析を行った。つまり、解析はこれらの要因を組み合わせた計24パターンについて行った。解析には既存の2次元FEM温度解析プログラム²⁾を用いた。

2. 2 境界条件

熱的な境界条件を図-1に示す。岩盤底面では温度が常に一定であると考えられることから固定温度境界とし、岩盤とコンクリートの側面では熱の出入りはないと考えられることから断熱境界とした。また、コンクリートの表面は外気との熱伝達境界とした。

2. 3 外気温のモデル化

外気温は1日を周期として変動している。そこで外気温の日変動をSIN関数でモデル化した。本研究では、5月にコンクリートの打設が終了したものと仮定し、5月の平均気温(約15℃)を中心に上下5℃の振幅で変化することを想定し、外気温の日変動モデルを式(1)に示すように設定した(図-2 参照)。

$$T_{\text{air}} = 5 \times \sin(t) + 15 \quad (1)$$

ここで、 T_{air} : 時間tにおける外気温
 t: 時間(h)

2. 4 解析に用いた物性値

解析に用いた物性値を表-1に示す。ここで、断熱温度上昇式は温度解析で一般的に用いられている式(2)を用い、その係数 Q_{ce} , γ はセメントの種類、単位セメント量、コンクリート

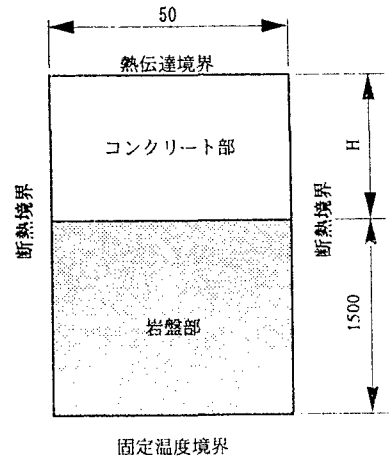


図-1 解析モデルと境界条件 (単位: cm)

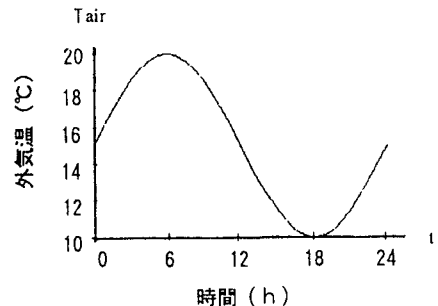


図-2 外気温のモデル化

の打ち込み温度からコンクリート標準示方書をもとに決定した。

$$Q = Q_{\infty} (1 - e^{-\gamma t}) \quad (2)$$

ここで、 Q ：断熱温度上昇量 (°C)

Q_{∞} ：終局断熱温度上昇量 (°C)

γ ：温度上昇速度に関する定数

t ：材令 (日)

3. 解析結果

図-3に打設高さ $H=1\text{m}$ 、単位セメント量 $C=200\text{ Kg/m}^3$ の場合の解析結果を示す。この図から、外気温の日変動の影響は、構造物内の温度分布に振幅の大きさとして現れている。表面からの深さが深くなれば、この振幅の大きさも小さくなっている。そこで、図-4にはこれらの解析結果を基に横軸にコンクリート表面からの深さを取り、縦軸にその深さでの両振幅の大きさを取ったものを示す。ここでは、24パターンの中の6パターンを例にとって示す。この図-4より、外気温の日変動の影響は外気に接するコンクリート表面で最も大きく、両振幅 2.6°C 程度で変動している。また、コンクリート表面からの深さが15cmでは、両振幅の大きさは 1°C 程度となり、深さが25cmでは両振幅の大きさは 0.5°C 程度となっている。また、この図から、打設高さ H と単位セメント量 C が変わった場合でもほぼ同じ結果が得られることが分かる。

また、本研究では外気温に日平均気温を用いた場合の解析も行った。その結果は外気温の日変動を考慮した場合のそれぞれの変動している曲線の中心を通る曲線に一致した。

4. まとめ

本研究は、岩盤上に打設されたコンクリート構造物の2次元FEM温度解析を行い、外気温の日変動がコンクリートの温度分布にどのように影響しているのかを解析的に検討したものである。

解析結果より、以下の結論を得た。

- 1) 外気温の日変動の影響はコンクリートの上部ほど大きく、表面からの深さが深くなるに従って緩やかに減少している。
- 2) コンクリートの打設高さや単位セメント量が変化しても、外気温の日変動が構造物の温度分布に及ぼす影響は変わらない。

今後はコンクリート中の熱の移動に影響を与えるコンクリート内部の熱伝導率やコンクリートと外気との熱伝達率などを変えて解析を行ってみる必要があると思われる。

表-1 解析条件

	コンクリート	岩盤
熱伝導率 (Kcal/m·h·°C)	2.3	1.94
熱伝達率 (Kcal/m ² ·h·°C)	7	7
比熱(Kcal/Kg·°C)	0.31	0.25
密度 (Kg/m ³)	2300	2600
初期温度 (°C)	10	12.5
断熱温度上昇式の係数 Q_{∞}, γ	単位セメント量 100Kg/m ³ $Q_{\infty}=17.0$ $\gamma=0.333$ 150Kg/m ³ $Q_{\infty}=22.5$ $\gamma=0.348$ 200Kg/m ³ $Q_{\infty}=28.0$ $\gamma=0.363$ 250Kg/m ³ $Q_{\infty}=33.5$ $\gamma=0.378$	
外気温 (°C)	平均15 (最高20 最低10)	

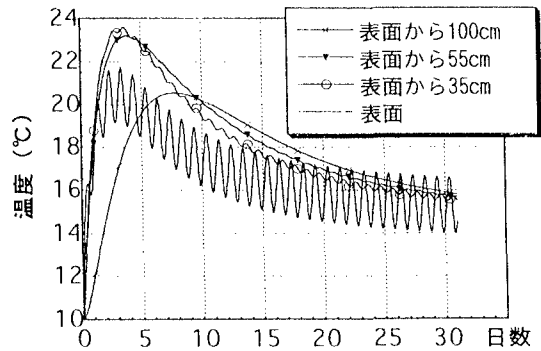
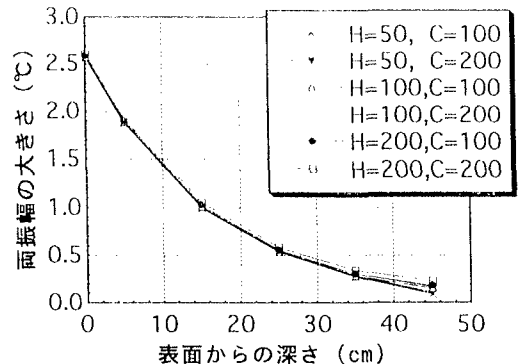


図-3 $H=1\text{m}$, $C=200\text{ Kg/m}^3$



注) H ：コンクリートの打設高さ (cm)
 C ：単位セメント量 (Kg/m^3)

図-4 外気温の影響

<参考文献>

- 1) 浜田純夫, 中村秀明, 谷本俊夫, 緒方香奈恵：マスコンクリートの温度応力解析のための外気温モデルの提案, 土木学会論文集 No.564/V-35, 285-290, 1997.5.
- 2) (社)日本コンクリート工学協会・マスコンクリートの温度応力委員会：FEM温度解析プログラム, 1995.