

V-567

外気温の日変動を考慮したマスコンクリートの 温度応力解析と保温養生の効果について

山口大学工学部 学生員 緒方 香奈恵
 (株)エイトコンサルティング 正 員 谷本 俊夫
 山口大学工学部 正 員 中村 秀明
 山口大学工学部 正 員 浜田 純夫

1. はじめに

従来のマスコンクリートの温度応力解析では、一般に外気温は平均温度で与えられることが多かった。近年コンピュータの普及により有限要素法などの数値解析法が広く用いられており、複雑な境界条件も扱えるようになってきた。そこで本研究は外気温の日変動を考慮した温度応力解析を行うとともに、ひび割れ防止のために行われる保温養生の効果について検討を行った。

2. 解析方法

温度解析は2次元の有限要素法で行い、応力解析はC L法を用いて行った。温度解析では熱伝達境界において外気温が必要となる。従来の解析では簡単のため平均温度を用い、外気温一定として解析される場合が多かった。しかしながら、実際には外気温は一定ではないため、外気温は時間によって変化するものと

とし、それを図-1に示すようなsin関数で表わす。1日(24時間)の外気温の変動に対して次のsin関数を仮定する。

$$T(t) = T_0 + A \sin\left(\frac{2\pi}{24}(t + \Psi)\right) \quad (1)$$

ここに T_0 は1日の平均気温、 A は1日の温度振幅、 Ψ は日変動の位相時間である。位相時間 Ψ は日中の最高温度が午後2時となるように $\Psi = -8$ とする。

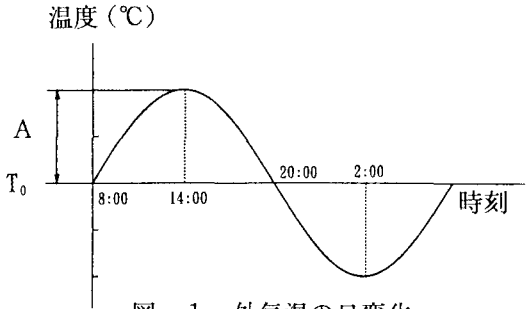


図-1 外気温の日変化

表-1 解析条件

	コンクリート	地盤
比 熱 kcal/kg°C (J/kg°C)	0.25 (1047)	0.36 (1507)
熱伝導率 kcal/mh°C (W/m°C)	2.06 (2.40)	1.26 (1.47)
密 度 (kg/m³)	2350	1600
初期温度 (°C)	21	15
熱伝達率 kcal/m²h°C (W/m²°C)	3.6 (4.2) 保温養生中 12.0 (14.0) 保温養生終了後	
断熱温度上昇特性	$Q(t) = Q_w(1 - e^{-\gamma t})$	$Q_w = 45.6$ $\gamma = 0.812$
外 気 温 (°C)	18	
熱膨張係数 (1/°C)	10×10^{-6}	
圧縮強度 kgf/cm²	$f_c(t) = \frac{t}{4.5 + 0.95t} f_c(91)$ $(f_c(91) = 225 \text{ kgf/cm}^2)$	
引張強度 kgf/cm²	$f_t(t) = 1.4 \sqrt{f_c(t)}$	
有効ヤング係数 kgf/cm²	$E_s(t) = \psi(t) \times 1.5 \times 10^4 \sqrt{f_c(t)}$ $t < 3 \text{ 日} : \psi(t) = 0.73$ $3 < t < 5 \text{ 日} : \psi(t) = 0.135t + 0.325$ $t > 5 \text{ 日} : \psi(t) = 1.0$	
外部拘束係数 R_w	0.01	
R_w (ピーク前)	0.7	
R_w (ピーク後)	1.1	

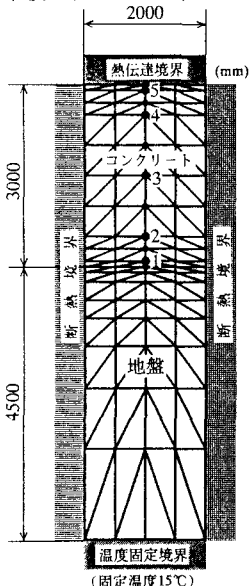


図-2 解析モデル

3. 解析結果および考察

解析の一例として地盤上に打設されたコンクリートスラブの解析を行った。温度解析の有限要素モデルを図-2示す。CL法による応力解析は、コンクリート部分の11の格点で行った。解析条件を表-1に示す。解析結果は図-2に示す5つの節点について示す。引張強度については、コンクリート標準示方書¹⁾15.3.5解説に示されている式より求めた。また、外部拘束係数 R_N 、 R_M は、コンクリート標準示方書15.3.6解説に示されている図を用いて求めた。解析モデルに対し外気温の日変動を含め応力解析を行った。平均温度を20.0℃、日変動の温度振幅を5.0℃と仮定した²⁾。この条件のもとで保温養生の効果を調べるため、保温養生の期間を変え解析を行った。解析では、保温養生中の熱伝達係数を3.6kcal/m²h℃とし、保温養生されていない時の熱伝達係数を12kcal/m²h℃とした。

図-3に保温養生されていない時の応力を示す。引張応力が最大となるのはスラブ表面の節点5で材令3日過ぎに引張強度を越えてしまう。図-4に材令5日まで保温養生した時の結果を示す。材令5日までは応力は低く抑えられているが、保温養生終了後急減に表面温度が下がるため、表面付近の応力が急に大きくなる。図-5に材令15日まで保温養生した時の結果を示す。これも保温養生中の応力は低く抑えられているが、保温養生終了後は応力が急に大きくなる。図-6に外気温の日変動を考慮しないで材令5日まで保温養生したときの結果を示す。図-4の結果と比べると応力は波形のほぼ中央値であり、温度振幅が5℃程度では外気温の日変動の影響はあまりないと思われる。

4. あとがき

本研究は外気温の日変動の影響と保温養生の効果について検討を行ったものである。解析の結果以下のことが得られた。

- (1) 温度振幅は5℃程度では、外気温の日変動の影響はあまりない。
- (2) 保温養生は初期の応力抑制に効果があるものの、保温養生終了後に急激な応力の増加がある。

【参考文献】

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書・施工編，pp. 129-133，1991年9月
- 2) 日本気象協会：1993年版気象年鑑、大蔵省印刷局、pp. 110-141，1993年9月

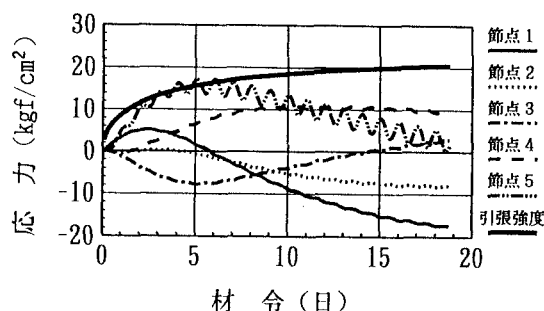


図-3 応力の履歴(保温養生なし)

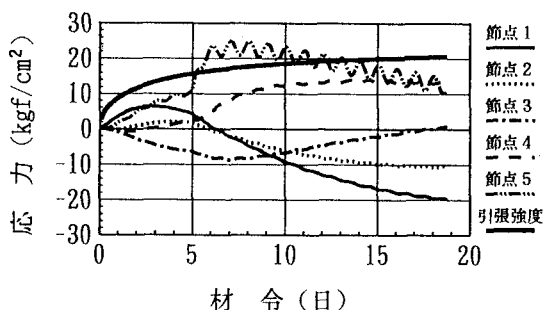


図-4 応力の履歴(材令5日まで保温養生)

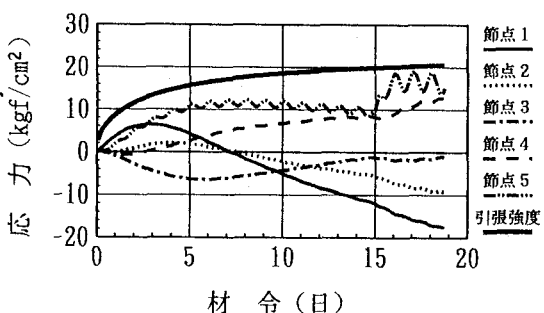


図-5 応力の履歴(材令15日まで保温養生)

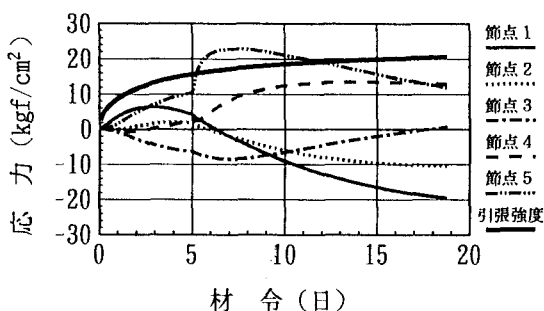


図-6 応力の履歴(材令5日まで保温養生)