

V-360

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

○ 山口大学工学部 学生員 緒方 香奈恵
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

温度ひび割れが予測されるコンクリート構造物については、温度応力解析を行い、温度ひび割れに対する検討が行われる。温度応力を精度良く求めるためには、構造物内の温度分布を正確に求めておく必要がある。温度解析に必要な解析条件として外気温があるが、全国各地の外気温を簡便に表すモデルがないため、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、壁状構造物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、全国各地の外気温の日変動を的確に表し得るモデルの提案を行う。

2. 外気温の日変動モデル

外気温は1日を周期として変動している。そこでまず始めに外気温の日変動のモデル化を行う。本研究では外気温の日変動モデルを次のように設定する。

$$T(t_d) = T_d + A_d \theta_d(t_d) \quad (1)$$

ここに、 $T(t_d)$ は外気温（℃）、 T_d は日平均気温（℃）、 A_d は日振幅（℃）、 $\theta_d(t_d)$ は外気温の無次元日変動、 t_d は時刻（時）とする。

無次元日変動パターンの半角関数による近似は次のようになる。

$$\theta_d(t_d) = \sin\left(\frac{2\pi}{24}(t_d + \psi_d)\right) \quad (2)$$

ここに、 $\theta_d(t_d)$ は無次元日変動、 ψ_d は日変動の位相時間（時）、 π は円周率、 t_d は時刻（時）である。

3. 日変動パターン、日平均気温

図-1は、全国8都市（札幌、仙台、新潟、東京、大阪、福岡、鹿児島、那覇）の日変動の平均値を示している¹⁾。この変動パターンを半角関数により近似し、最小自乗法を用いて位相時間 ψ_d を決定する。決定された ψ_d は夏では $\psi_d = -8.08$ 、冬では $\psi_d = -9.20$ となる。近似された半角関数を図-1中に太線で示す。

日平均気温 T_d と日振幅 A_d を求めるために、1983年から1992年までの10年間の気象観測記録を用いた。気象観測記録には、全国154地点の日平均気

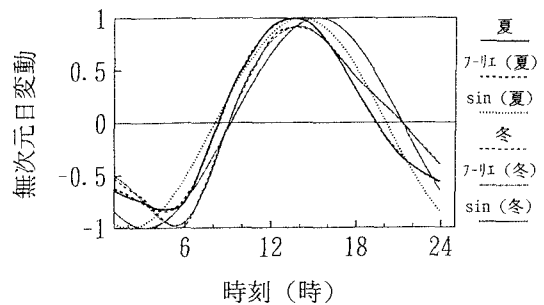


図-1 外気温の無次元日変動

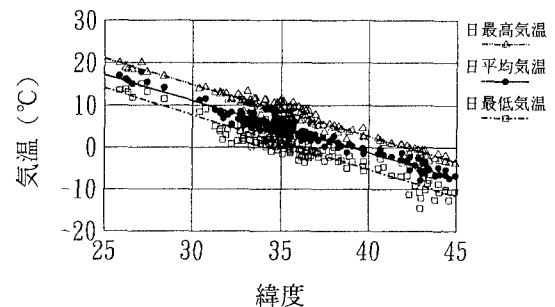


図-2 2月上旬の緯度と気温の関係

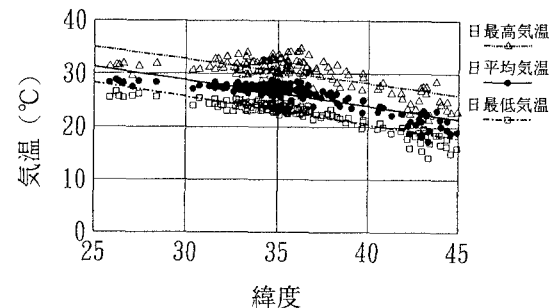


図-3 8月上旬の緯度と気温の関係

温、日最高気温、日最低気温が1カ月を上旬、中旬、下旬に分けて掲載されている²⁾。解析では各気温を気温減率 $0.0006^{\circ}\text{C}/\text{m}$ とし海面温度に更正して用いた。

図-2、3は、気温と緯度の関係を冬と夏について示している。これらの図によると、気温と緯度とは良い相関を示している。緯度と日平均気温の回帰直線の相関係数は、それぞれ0.97と0.84となり、冬の方が良い相関を示している。緯度と標高からある地点の日平均気温は、式(3)のように求めることができる。

$$\text{日平均気温: } T_a = a * N + b - 0.0006 * H \quad (3)$$

ここで、 N は緯度(度)、 a は傾き($^{\circ}\text{C}/\text{度}$)、 b は切片($^{\circ}\text{C}$)、 H (m)は標高である。式(3)中の傾き a は、図-4に示すように、8月をピークとして対称な形をしており、求めたい月との間には次のような関係がある。

$$\text{傾き: } a = 0.119 * k - 1.511 \quad (2 \leq k \leq 8) \quad (4)$$

ここで、 k は月であり、10月の傾きを求める場合は k に6を代入すればよい。また、切片 b は、図-5より月にあまり関係なく年間を通じて 47°C 程度となり式(3)は次式のようになる。

$$\text{日平均気温: } T_a = a * N + 47 - 0.0006 * H \quad (5)$$

したがって、日平均気温は、求めたい地点の緯度と標高が分かれば式(5)および式(4)より簡単に求めることができる。

図-6、7に全国154地点の日振幅と緯度の関係を冬と夏について示す。図中には10年間の日振幅の期待値とばらつき(3 σ 限界)が示してある。日振幅は、緯度や季節にあまり関係なく、 2°C から 8°C の間でばらついている。日振幅が大きい地点は、内陸部となっている。また、緯度が 30° 以下では、日振幅は若干小さくなる傾向がある。平均的な日振幅 A_a は約 4°C であり、実際に解析に用いる場合には安全側を考え 6°C 程度が適当であると考えられる。

4. あとがき

外気温の日変動は、求めたい地点の緯度と標高と月を用いて式(1)のように簡単に表すことができる。

【参考文献】

- 1) 日本気象協会：1993年版気象年鑑、大蔵省印刷局、pp110-141、1993年9月
- 2) 日本気象協会：1983年から1992年版気象庁年報

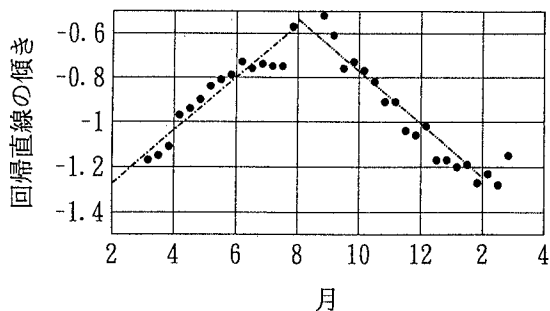


図-4 回帰直線の傾きと月の関係

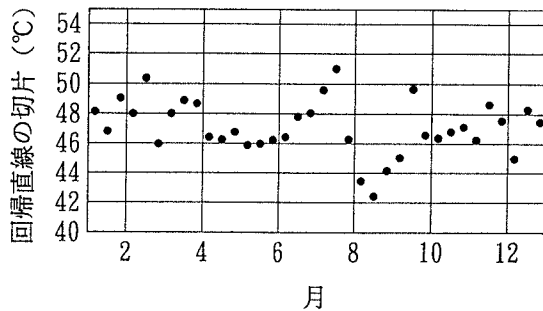


図-5 回帰直線の切片と月の関係

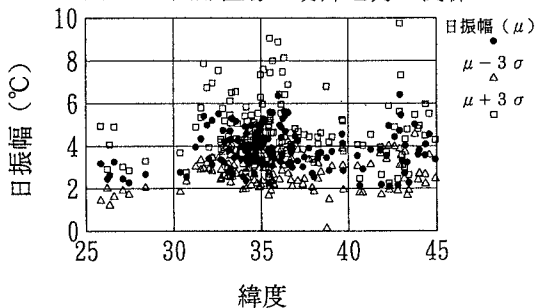


図-6 2月上旬の日振幅と緯度の関係

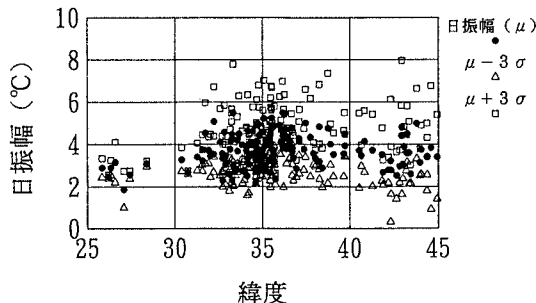


図-7 8月上旬の日振幅と緯度の関係