

九州大学 正員 徳光善治
 “ 学生員 ○近田孝夫

正員 松下博通
 中村宗喜

1. まえがき

マスコンクリート構造物においては、コンクリートの水和熱発生による内部温度は表面温度に比較して、かなり高いものとなり、湿度応力による温度ひびわれ発生が危ぶまれる。福岡都市高速道路1号線貝塚ランプPK-2橋脚の基礎部はその形状が17×18×3mのマスコンクリート構造物であり、しかもコンクリートの打設が暑中に行われるためコンクリートの内部温度分布およびそれに起因する内部ひずみの現場測定を行った。測定は図-1に示す基礎部と柱部について行ったが、ここでは、基礎部の測定結果を報告する。

2. 実験概要

基礎部はその形状からして、厚さ3mの無限板と見え、その温度分布は水平方向には一様で、厚さ方向についての一次元分布と見なした。従って図-1に示す位置にカルソソ型ひずみ計（共和電業製）を埋設し、厚さ方向の温度分布およびひずみ分布を測定した。コンクリートの配合、強度を表-1に示す。

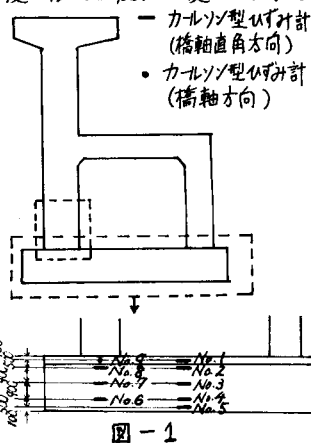


図-1

3. 内部温度に関する数値解析法

内部温度の理論値は次の方法により算出した。コンクリート構造物内では、その熱源が場所に

セメントの種類	Max Size of G (mm)	スラブ厚 (mm)	W/C (%)	S/A (%)	単位量 (kg/m³)					θ_7 (°C)	θ_{28} (°C)
					C	W	S	G	セメント		
高炉セメントB種	40	8	54.5	37.1	293	160	699	1274	0.735	188	245

表-1

無関係で時間のみに関係し存在するものであるため、その理論値は厚さ方向への一次元の熱拡散方程式を解けばよい。

$$\frac{\partial \mu}{\partial t} = k \frac{\partial^2 \mu}{\partial x^2} + g(t) \quad \text{--- (1)}$$

ただし、 μ : 温度

t : 時間

k : 熱拡散率

$$g(t) = \frac{dQ}{dt} \quad \text{--- (2)}$$

$$\theta = \theta_0 (1 - e^{-\tau}) - \theta_1$$

(断熱温度上昇式)

θ : 断熱温度

θ_0 : 断熱最終温度

(1)式を積分方程式で近似

$$\text{すると、} \mu(x, t+\tau) = \frac{1}{2S} \int_0^S \mu(x+s, t) ds + \tau \cdot g(t) \quad (S = \sqrt{0.47\tau}) \quad \text{--- (4)}$$

Simpson則により右辺は $\int_0^S \mu(x+s, t) ds = \frac{1}{6} \times 2S \{ \mu(x+s, t) +$

$$4\mu(x, t) + \mu(x-s, t) \} \quad \text{となる。} \therefore \mu(x, t+\tau) = \frac{1}{6} \{ \mu(x+s, t) + 4\mu(x, t) + \mu(x-s, t) \} + \tau \cdot g(t) \quad \text{--- (5)}$$

厚さの分割単位 $S = 0.05m$ 、時間の分割単位 $\tau = 0.083 \text{ hr}$ として、(5)式を逐次近似法で解いた。なお熱拡散率や

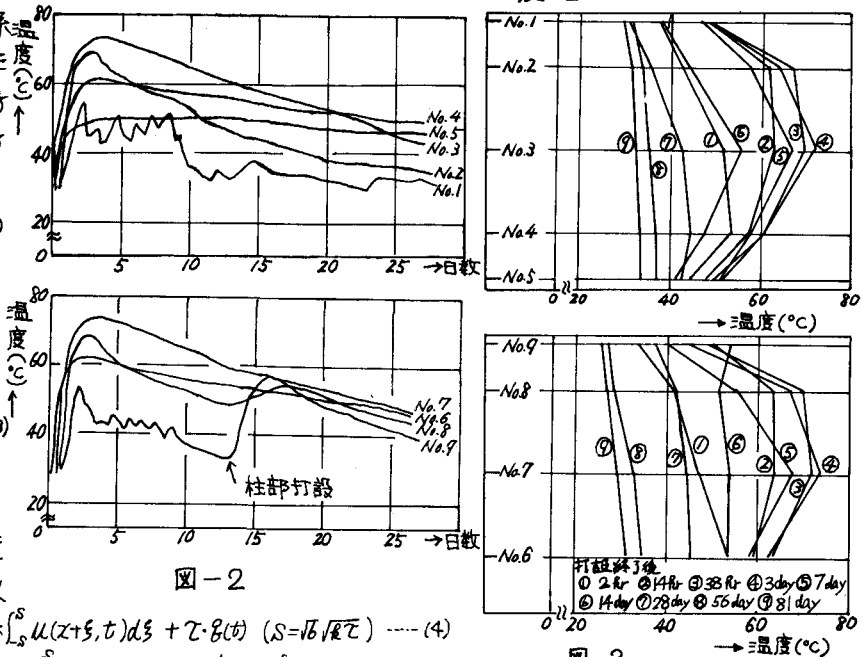


図-2

図-3

断熱温度上昇式中の定数は、塚山氏の報告を参考にした。また、(式)を解くにあたり、その境界条件としては、表面温度が外気温より高いという事実より、仮想表面を実際の表面の熱伝導率 H とコンクリートの熱伝導率 I との比 H/I だけ断面を厚くした面とし、上昇温度の初期値は零、仮想表面では常に零に、地盤と接する面では断熱温度上昇の差が内部温度に作用するものとした。

4. 内部温度の測定結果および数値解

内部温度の測定結果を図-2.3に示す。基礎中央部における最高温度はNo.3で打設後3日に71.9℃に達し、打設時より40.9℃上昇した。またNo.1は表面下10cmにあるため外気温の影響を受けて波状の変動を呈した。No.9は柱部打設継部直下10cmにあるため外気温、柱部打設の影響が認められた。前述の方法で解いた計算値と実測値の比較を図-4に示す。なお打設に14時間を要したので、実測値の零点は各測点の打設後2時間とした。計算値の方が低い値になっているが、これは仮想表面仮定の隙に原因の設定上問題があったと思われる。また実測値の零点の設定にも考慮の余地があると思われる。

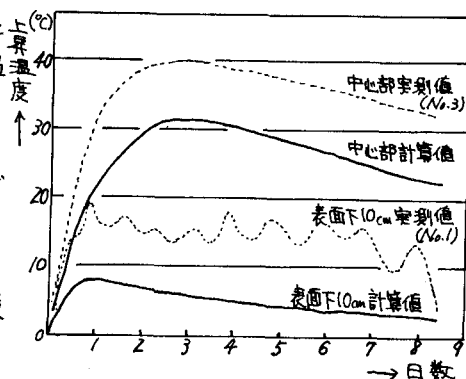


図-4

5. 内部ひずみ測定結果

ひずみの測定結果を図-5に、基礎中央断面のひずみ分布を図-6に示す。表面下10cmの位置に打設後3日で約 50×10^{-6} 、中心部には打設後8日で約 80×10^{-6} の引張ひずみが測定された。しかしその値はひびわれを生じさせる程ではなく、温度応力によるひびわれ発生はないと考えられる。

以上の結果より、①厚さ3m程度のマスコンクリート構造物では、温度応力による引張ひずみは内部温度上昇時の表面引張ひずみより内部温度低下後の内部引張ひずみの方が大となる。②温度応力低減のため内部温度と表面温度の差はできる限り小さくしなければならず、そのため基礎コンクリートなどでは土の埋戻しを早くする事が望ましい。

③内部温度の理論解析では仮想表面の設定条件によっては温度応力が危険側に見込まれる事がある。④施工中の観察より、この程度のマスコンクリート構造物では温度ひびわれよりコンクリート打設後の表面ならしやコンクリート養生により表面ひびわれの発生を防止に留意しなければならない。などが結論される。本実験は福岡北九州道路公社および清水建設高速度隊作業所の協力により実施されたもので、関係各位に深く感謝いたします。

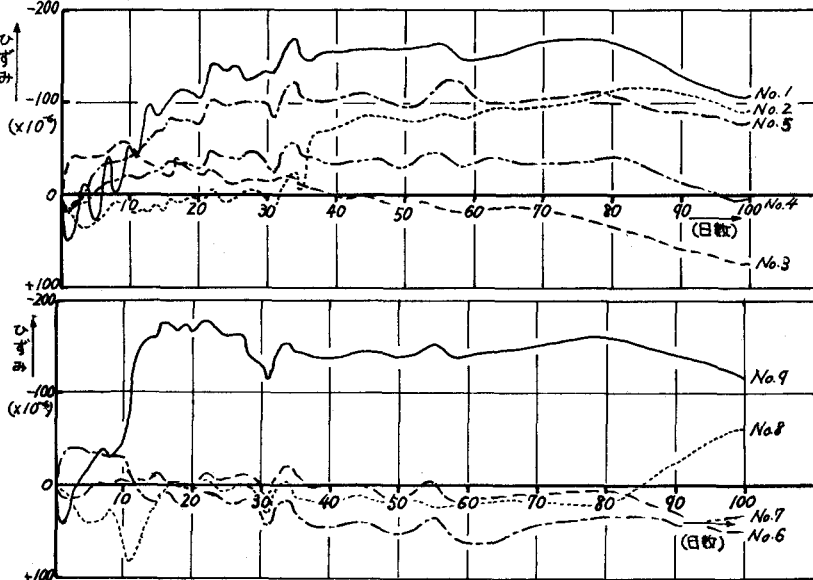


図-5

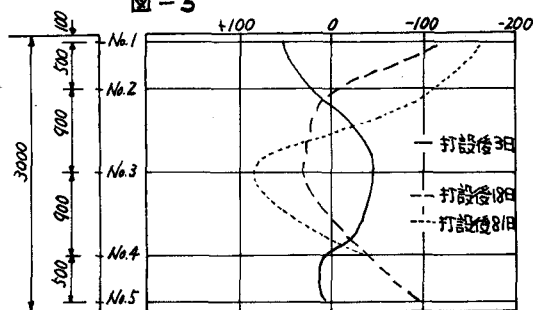


図-6

参考文献: "マッシュボな鉄筋コンクリート構造物の温度上昇" 塚山・木橋, セメントコンクリート, 1964. 12. No.214