

名古屋大学工学部 学生会員 o 賀茂友裕

名古屋大学工学部 正 会員 田辺忠顕

1. まえがき

マスコンクリートの温度応力推定手法として新しくコンクリート標準示方書に採用されたCompensation Plain(Line) 法は、その簡便さのため今後広く用いられると思われるが、現在の段階では一方向に直線的に連続している壁あるいはブロックなどに適用範囲が限られており、タンクなどの環状構造物に対する適用性は検討されていない。

そこで本研究では、軸対称コンクリート構造物、特に環状構造物に対する同手法の適用性を検討するため、数値モデルによるFEM解析を行い、外部拘束応力の直線性の確認、及び外部拘束係数の同定を行う。

2. 外部拘束係数

まず最初に自由な温度変形を考える。以下ひずみ、応力はすべて円周方向を考えている。

図-1に示すような温度変化 ΔT を受ける環状コンクリート断面が、岩盤等の拘束を受けない自由な温度変形によって $abcd \rightarrow a'b'c'd'$ に移動したとする。この変形は半径方向の水平変位 Δr_F 、と回転 $\Delta \phi_F$ の2つから成る。この時、全ひずみ $\Delta \varepsilon_T$ は次のように表される。

$$\Delta \varepsilon_T = (\Delta r_F + Z \cdot \Delta \phi_F) / r \quad (1)$$

よって、線膨張係数を α とすれば、弾性ひずみ $\Delta \varepsilon_e$ は、

$$\Delta \varepsilon_e = \Delta \varepsilon_T - \alpha \Delta T \quad (2)$$

となる。さてここで、図-2に示す円環体の1/4部分の力の釣り合い、およびモーメントの釣り合いを考えることにより次式を得る。

$$\begin{aligned} \int_A \{ (\Delta r_F + Z \cdot \Delta \phi_F) / r - \alpha \Delta T \} dA &= 0 \\ \int_A \{ (\Delta r_F + Z \cdot \Delta \phi_F) / r - \alpha \Delta T \} \cdot Z dA &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

式(3)をマトリックス表示すれば

$$\begin{Bmatrix} \Delta r_F \\ \Delta \phi_F \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & B_1 \\ A_2 & B_2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} C_1 \\ C_2 \end{Bmatrix} \quad (4)$$

$$A_1 = \int_A \frac{dA}{Y}, \quad B_1 = \int_A \frac{Z}{Y} dA, \quad C_1 = \int_A \alpha \Delta T dA$$

$$A_2 = B_1, \quad B_2 = \int_A \frac{Z^2}{Y} dA, \quad C_2 = \int_A \alpha \Delta T \cdot Z dA$$

次に、外部拘束による外力ベクトルを出し、式(4)

の荷重ベクトル $\{C_1, C_2\}$ に置き換えることにより外部拘束状態での変位増分 Δr_R 、 $\Delta \phi_R$ が求まり、式(5)により外部拘束係数 R_N 、 R_M が得られる。

$$R_N = \Delta r_R / \Delta r_F, \quad R_M = \Delta \phi_R / \Delta \phi_F \quad (5)$$

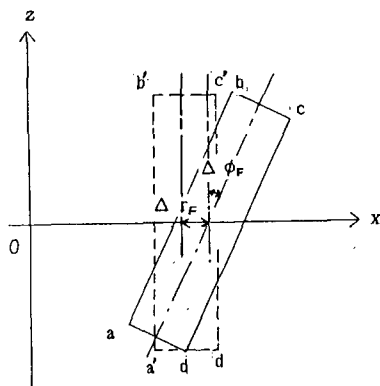


図-1 自由な温度変形

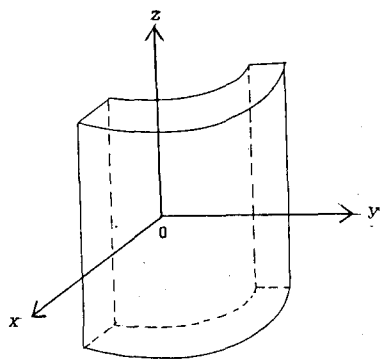


図-2 円環体の1/4部分

3. 解析モデル

数値解析で対象とした構造物は、図-3に示す岩盤上に直接打設された高さ h (m)、内半径 r_1 (m)、外半径 r_2 (m)の環状コンクリートであり、解析に用いた材料定数を表-1に示す。また解析は三角形リング要素による軸対称非定常温度応力プログラムを用い、コンクリート打設温度、外気温はともに20℃一定とした。

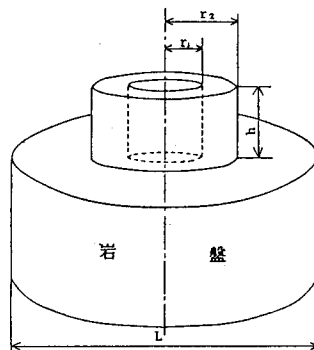


図-3 解析モデル

4. 数値計算例

解析の一例として $h=1.0$ (m)、 $r_1=5.7$ (m)、 $r_2=7.9$ (m)のモデルを挙げ、図-4にその要素分割及び境界条件を、また図-5に解析結果として外部拘束応力の経時変化を示す。

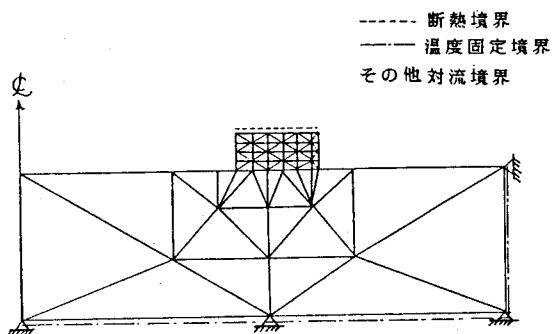


図-4 境界条件

表-1 コンクリートと岩盤の材料特性

項目	単位	コンクリート	岩盤
熱膨張係数	$\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	10	10
熱伝導率	Kcal/m h $^{\circ}\text{C}$	2.31	1.94
比熱	Kcal/Kg $^{\circ}\text{C}$	0.32	0.25
密度	Kg/m ³	2357	2600
断熱温度上昇	$^{\circ}\text{C}$	22.56(1-e ^{-0.0001})	—
ヤング率	Kgf/cm ²	10 ⁶ l/(4.35+2.13l)	—
ポアソン比	—	0.167	0.20
熱伝達率	Kcal/m ² h $^{\circ}\text{C}$	10	10

岩盤のヤング率は、解析上のパラメータとした。

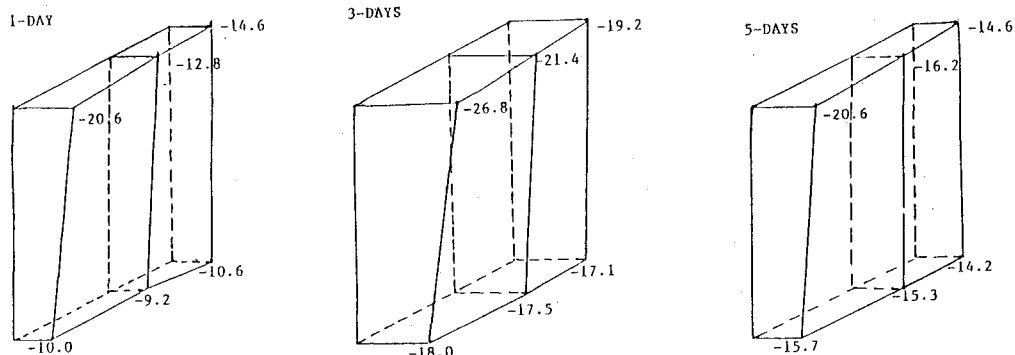


図-5 外部拘束応力の経時変化

5. あとがき

現在、 r/h 、 E_c/E_r をパラメータとした外部拘束係数の計算を行っており、その値については当日発表したいと考えている。また、今後はそれらの値を用いて実構造物への適用を行い、Compensation Plain法の有効性を検証していきたい。

<参考文献>

(1)マスコンクリートの温度応力研究委員会，外部拘束係数の同定とそれに基づく温度応力計算方法の提案，日本コンクリート工学協会，1985