

PSV-13

環状コンクリート構造物に対する Compensation Plane 法の適用

名古屋大学大学院 学生会員 ○ 賀茂友裕
 名古屋大学工学部 正 会員 畑中重光
 名古屋大学工学部 正 会員 田辺忠顕

1. はじめに

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 Plane 法(以下 CPM と略す)は、その簡便さのため今後広く用いられると思われるが、現在の段階では直線的に連続している壁あるいはブロックのみ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、環状構造物に対する同法の適用性を検討するため新たな定式化を行い、Compensation plane 法の拡張を図ると共に、その精度を有限要素解と比較し、確認した。

2. CPMの定式化

温度変化を受ける環状構造物に対して軸対称変形を仮定し、かつ平面保持則の拡張として $r-z$ 方向のせん断変形および r 方向、 z 方向の熱変形を無視すると仮定すると、環状構造物を $r-z$ 面で切った切口の断面の変形は、図-1 に示す様な剛体変形をすることになる。全く拘束を受けていない環状躯体が温度変化 ΔT により Δr_F 、 $\Delta \phi_F$ 変位したとすれば、それらは次式により求められる。

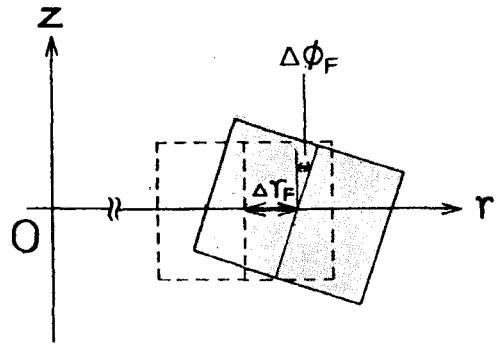


図-1 断面の剛体変形

$$\begin{Bmatrix} \Delta r_F \\ \Delta \phi_F \end{Bmatrix} = [A]^{-1} \{p\} \tag{1}$$

$$[A] = \begin{bmatrix} \int_A 1/r \, dA & \int_A z/r \, dA \\ \int_A z/r \, dA & \int_A z^2/r \, dA \end{bmatrix}, \quad \{p\} = \begin{Bmatrix} \int_A \alpha \Delta T \, dA \\ \int_A \alpha \Delta T z \, dA \end{Bmatrix}$$

実際の構造物は岩盤等の拘束を受けているが、その外部拘束作用による変位増分を Δr_R 、 $\Delta \phi_R$ とすれば、それらは次式により求められる。

$$\begin{Bmatrix} \Delta r_R \\ \Delta \phi_R \end{Bmatrix} = [A]^{-1} \{p'\}, \quad \{p'\} = \begin{Bmatrix} \int_A (\Delta \epsilon_{I_0} - \Delta \epsilon_{T_0}) \, dA \\ \int_A (\Delta \epsilon_{I_0} - \Delta \epsilon_{T_0}) z \, dA \end{Bmatrix} \tag{2}$$

($\Delta \epsilon_{I_0}$ 、 $\Delta \epsilon_{T_0}$; 内部拘束ひずみ増分 $\Delta \epsilon_I$ 、全ひずみ増分 $\Delta \epsilon_T$ 中の弾性成分)

ここで環状躯体に対する外部拘束係数を次のように定義する。表現は異なっているが、これは壁状及びブロック状構造物に対する外部拘束係数と実質的に同じものとなっている。

$$\begin{aligned} R_N &= \Delta r_R / \Delta r_F \\ R_M &= \Delta \phi_R / \Delta \phi_F \end{aligned} \tag{3}$$

すると内部拘束応力増分 $\Delta \sigma_I$ 及び外部拘束応力増分 $\Delta \sigma_R$ は、次式により求められ、それらの和として

温度応力増分が求められる。

$$\Delta \sigma_I = E \{ \alpha \cdot \Delta T - (\Delta r_F + Z \cdot \Delta \phi_F) / r \} \tag{4.a}$$

$$\Delta \sigma_R = R_N \cdot E \cdot \Delta r_F / r + R_M \cdot E \cdot Z \cdot \Delta \phi_F / r \tag{4.b}$$

3. 外部拘束係数の同定

図-2に示すモデルに対して、打設高さH、及び岩盤のヤング係数 E_R をパラメータとした10ケースについてFEM数値解析を行い、式(3)により外部拘束係数を同定した。コンクリート打設温度及び外気温は一定(20℃)とし、コンクリートのヤング係数は材令と共に変化させた。

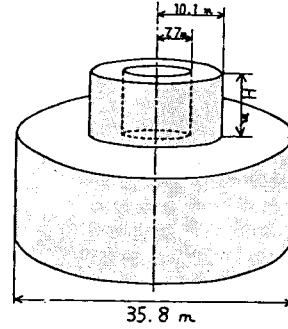


図-2 解析モデル

4. CPMとFEMの比較、検討

このようにして得られた外部拘束係数を用いて、逆に Compensation Plane 法で簡易計算をし、その値とFEM解析によって得られている値との比較を行うことにより、同定された R_N 、 R_M の妥当性を検討する。代表的な解析ケースについて材令による応力解析値の比較を図-3に示す。縦軸は断面内の高さ方向の4要素についてプロットした。CASE-1は $H=1.0(m)$ 、岩盤のヤング係数 $E_R=10,000(kg/cm^2)$ の時の断面中央部について、またCASE-2は $H=1.0(m)$ 、 $E_R=50,000(kg/cm^2)$ の時の断面内周部について比較したものである。これらの図から、CPM解析はある程度の精度でFEM解析と一致していることが分かり、同定された R_N 、 R_M の妥当性が確認された。

表-1 外部拘束係数

H (m)	E_R ($\times 10^4 kg/cm^2$)	R_N	R_M (before Peak)	R_M (after Peak)
1.0	100	0.859	1.336	1.382
	50	0.775	1.330	1.343
	30	0.688	1.267	1.540
	15	0.540	1.226	1.299
	10	0.445	1.207	1.292
2.0	100	0.704	1.565	2.191
	50	0.581	1.560	2.260
	30	0.472	1.567	2.311
	15	0.326	1.593	2.328
	10	0.251	1.608	2.276

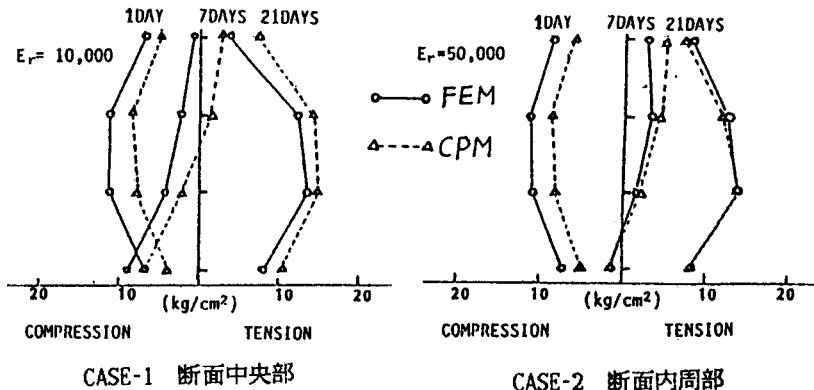


図-3 CPMとFEMの比較

5. 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(その1-3)、コンクリート工学、No.8-10(1985)
- 2) 環状コンクリート構造物に対する Compensation Plane 法の適用、名古屋大学卒業論文、1987