

V-54 2軸曲げを受けるRC部材の弾性応力解析

秋田大学 正員 川上 洵
 学生員 浅井 隆一
 学生員 〇佐藤 重一

1. まえがき

任意形RC断面に軸力及び2軸の曲げが作用するときの弾性応力解析を行い、さらに、非線形温度分布に対する解析を行ったものである。

2. 軸力及び2軸の曲げを受ける任意形RC断面の応力解析

解析にあたり次の事項を仮定する。1)部材が変形を起す前に部材軸に垂直な断面は、変形後も部材軸に対して垂直かつ平面を保つ。2)部材の材料組成はフックの法則に従うものとする。3)全断面有効とする。

図-1のように、任意形RC断面に対してOx y直交座標系を任意に設定し、基準点Oに関して軸力N及び曲げモーメント M_x 、 M_y とが同時に作用したものを考える。ここで、軸力及び応力については引張となるものを正、曲げモーメントについては、図-1のような M_x 、 M_y を正とする。コンクリート断面の任意点に生じる歪 ε_c 及び応力 σ_c は、基準点Oの歪を ε_0 、曲率を Ψ_x 、 Ψ_y 、コンクリートの弾性係数を E_c とおくと

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_c &= \varepsilon_0 + \Psi_x \cdot y + \Psi_y \cdot x \\ \sigma_c &= E_c \cdot \varepsilon_c = E_c (\varepsilon_0 + \Psi_x \cdot y + \Psi_y \cdot x) \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

一方、座標位置 (x_{si}, y_{si}) に存在する断面積 A_{si} の鉄筋に生じる応力を σ_{si} とすると、弾性係数比を n とすれば次のように表される。

$$\sigma_{si} = n \cdot \sigma_c = n E_c (\varepsilon_0 + \Psi_x \cdot y_{si} + \Psi_y \cdot x_{si}) \dots (2)$$

断面力に対するつり合いをマトリクス表示すると、

$$\begin{Bmatrix} N \\ M_x \\ M_y \end{Bmatrix} = E_c \begin{bmatrix} A_l & G_{xl} & G_{yl} \\ & I_{xl} & I_{xyl} \\ \text{sym.} & & I_{yl} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_0 \\ \Psi_x \\ \Psi_y \end{Bmatrix} \dots (3)$$

ここで、

A_l : 換算断面積

G_{xl} 、 G_{yl} : x 及び y 軸に関する換算断面の断面一次モーメント

I_{xl} 、 I_{yl} : x 及び y 軸に関する換算断面の断面二次モーメント

I_{xyl} : x 及び y 軸に関する換算断面の断面相乗モーメント

式(3)より、 ε_0 、 Ψ_x 、 Ψ_y が得られるから、これらの値を式(1)へ代入することによりコンクリート部に生じる応力 σ_c が、式(2)へ代入することにより鉄筋に生じる応力 σ_{si} がそれぞれ算定される。

3. 温度応力の算定

いま、RC断面に非線形な温度分布が存在し、この温度分布が関数 $T(x, y)$ で表されるものとする。断面内の任意点におけるコンクリートが温度によって自由に伸縮できるとした場合の歪を ε_T とおく。熱膨張係数を α とすると、 ε_T は次のように表される。

$$\varepsilon_T = \alpha \cdot T(x, y) \dots (4)$$

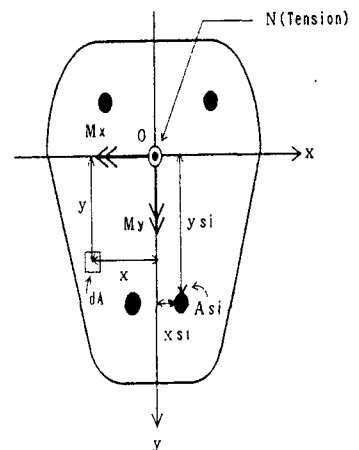


図-1. 2軸曲げを受ける任意形RC断面

仮に、この変形を拘束したときに生じる応力を σ_r とすれば、 σ_r は次のように表される。

$$\sigma_r = -E_c \cdot \varepsilon_f = -E_c \cdot \alpha \cdot T(x, y) \qquad \cdots (5)$$

ここで、 σ_r の応力分布を生じさせる断面力は基準点Oに作用する軸力 ΔN 、及び両座標軸回りの曲げモーメント ΔM_x 、 ΔM_y として式(3)より求められる。次に、いま求めた断面力 ΔN 、 ΔM_x 、 ΔM_y と逆向きの断面力 $-\Delta N$ 、 $-\Delta M_x$ 、 $-\Delta M_y$ を作用させることによって先の拘束を解放するものとする。このとき、コンクリート断面の任意点に生じる歪 $\Delta \varepsilon$ 及び応力 $\Delta \sigma$ は、基準点Oにおける歪を $\Delta \varepsilon_0$ 、曲率を $\Delta \Psi_x$ 、 $\Delta \Psi_y$ とすれば次のように表される。

$$\left. \begin{aligned} \Delta \varepsilon &= \Delta \varepsilon_0 + \Delta \Psi_x \cdot y + \Delta \Psi_y \cdot x \\ \Delta \sigma &= E_c \cdot \Delta \varepsilon = E_c (\Delta \varepsilon_0 + \Delta \Psi_x \cdot y + \Delta \Psi_y \cdot x) \end{aligned} \right\} \qquad \cdots (6)$$

$\Delta \sigma$ は式(3)と同様に求められるから、コンクリート部に生じる温度応力 σ_{tc} が次のように得られる。

$$\sigma_{tc} = \sigma_r + \Delta \sigma = E_c (-\alpha \cdot T(x, y) + \Delta \varepsilon_0 + \Delta \Psi_x \cdot y + \Delta \Psi_y \cdot x) \qquad \cdots (7)$$

4. 数値計算例

図-2に示されるRC矩形断面に、図-3のような非線形温度分布 $T(x, y) = 0.006x^2 - 0.009xy + 0.018y^2$ が与えられるとき、コンクリートの弾性係数を $E_c = 2.8 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 、弾性係数比を $n = 7.5$ 、コンクリート及び鉄筋の熱膨張係数を $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ 、また、鉄筋はD19を8本使用するとき、断面に生じる温度応力を算定した。その結果を図-4から図-6に示す。

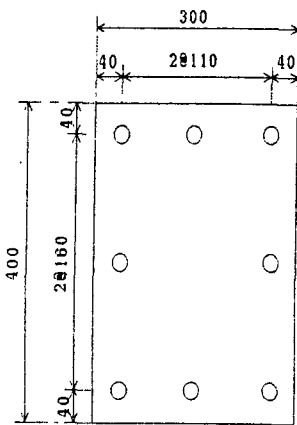


図-2. RC矩形断面

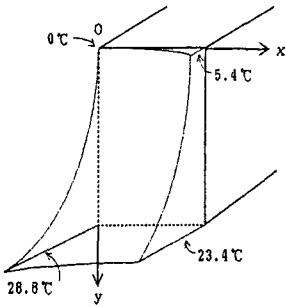


図-3. 非線形温度分布

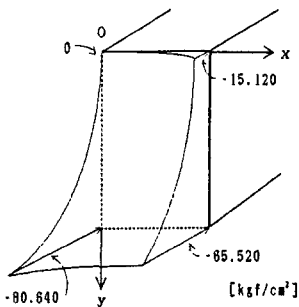


図-4. 応力 σ_r の分布

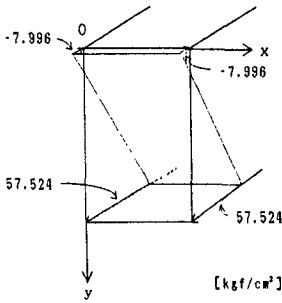


図-5. 応力 $\Delta \sigma$ の分布

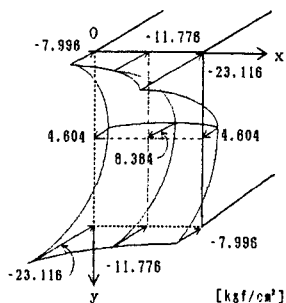


図-6. 温度応力の分布

5. むすび

本研究では上述の解析理論にもとづいた電算プログラムを開発した。それによって、任意形RC断面に非線形温度分布が存在するときに生じる温度応力を算定できるようになった。また、同様の解析理論を発展させることにより、PC部材におけるクリープ、乾燥収縮、及びリラクセーションによって生じる応力の算定にも適用可能である。