

二軸曲げを受けるRC部材のひびわれ強度

秋田大学 正員 川上 洵
 学生員 平田 昌樹
 ○学生員 岸本 正憲

1. まえがき 本研究は、軸方向圧縮力と二軸曲げを受ける任意形断面をもつ鉄筋コンクリート部材のひびわれ強度解析を行ったものである。鉄筋およびPC鋼材により補強された任意形断面のコンクリート部材のひびわれ強度を得るための電算プログラムを開発した。

2. 解析

2.1. 仮定 (1)平面保持の仮定が成り立つ。(2)応力-ひずみ関係は、コンクリートに對し、図-1に示すように、圧縮部を線形、引張部を放物線と矩形の組合せとし、鉄筋とPC鋼をバイリニアとする。(3)ひびわれの条件は、引張縁ひずみ ϵ_{ct} が ϵ_{ct}^* に達したときとする。ここでは、 $\epsilon_{ct}^* = (18.5 + 0.02 \sigma_{ct}^*) \times 10^{-5}$ を採用した。

2.2. 解析理論 図-1の任意形断面の部材に心外斜偏心圧縮力が作用するとき、任意の点におけるコンクリート、鉄筋、PC鋼それぞれの圧縮および引張応力は、各々(1)(2)、(3)(4)、(5)(6)で与えられる。

$$\sigma_{cy}' = \frac{E_s \epsilon_{ct}^*}{e_j} \left(\frac{b\zeta + a\eta - ab}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right) \dots (1) \quad \sigma_{cy} = \begin{cases} -\sigma_{ct}^* \left(\frac{1}{\eta e_j \sqrt{a^2 + b^2}} \right)^2 \left\{ (b\zeta + a\eta - ab)^2 - 2\eta e_j \sqrt{a^2 + b^2} (b\zeta + a\eta - ab) \right\} & (0 \leq \frac{\epsilon_{cy}}{\epsilon_{ct}^*} \leq \eta) \\ \sigma_{ct}^* & (\eta \leq \frac{\epsilon_{cy}}{\epsilon_{ct}^*} \leq 1) \end{cases} \dots (2)$$

$$\sigma_{si}' = \frac{E_s \epsilon_{ct}^*}{e_j \sqrt{a^2 + b^2}} (bx_{si} + ay_{si} - ab) \text{ (圧縮部)} \dots (3) \quad \sigma_{pi}' = \frac{E_p \epsilon_{ct}^*}{e_j \sqrt{a^2 + b^2}} (bx_{pi} + ay_{pi} - ab) + \frac{P_i}{A_{pi}} \text{ (圧縮部)} \dots (5)$$

$$\sigma_{si} = \frac{E_s \epsilon_{ct}^*}{e_j \sqrt{a^2 + b^2}} (bx_{si} + ay_{si} - ab) \text{ (引張部)} \dots (4) \quad \sigma_{pi} = \frac{E_p \epsilon_{ct}^*}{e_j \sqrt{a^2 + b^2}} (bx_{pi} + ay_{pi} - ab) + \frac{P_i}{A_{pi}} \text{ (引張部)} \dots (6)$$

力および曲げモーメントのつりあい式は、式(7)、(8)、(9)に示すとおりである。

$$N = C' + C_s + C_p - T_s - T_p - T_c = \int_{A_c} \sigma_{cy} dA_c + \sum \sigma_{si}' A_{si}' + \sum \sigma_{pi}' A_{pi}' - \sum (-\sigma_{si} A_{si}) - \sum (-\sigma_{pi} A_{pi}) - \int_{A_c} \sigma_{cy} dA_c \dots (7)$$

$$M_x = N \cdot e_y = \int_{A_c} \sigma_{cy} \eta dA_c + \sum \sigma_{si}' y_{si} A_{si}' + \sum \sigma_{pi}' y_{pi} A_{pi}' + \sum \sigma_{si} y_{si} A_{si} + \sum \sigma_{pi} y_{pi} A_{pi} + \int_{A_c} \sigma_{cy} dA_c \dots (8)$$

$$M_y = N \cdot e_x = \int_{A_c} \sigma_{cy} \zeta dA_c + \sum \sigma_{si}' x_{si} A_{si}' + \sum \sigma_{pi}' x_{pi} A_{pi}' + \sum \sigma_{si} x_{si} A_{si} + \sum \sigma_{pi} x_{pi} A_{pi} + \int_{A_c} \sigma_{cy} \zeta dA_c \dots (9)$$

式(7)、(8)、(9)の方程式を a 、 b について解くと中立軸を得る。式(7)~(9)における積分に関しては、ガウスの積分定理を用いている。

軸力が0で曲げのみ作用する場合は、

$$C' + C_s + C_p - T_s - T_p - T_c = 0 \dots (10)$$

また、得られた a 、 b の値を用いて、式(7)、(8)、(9)から、ひびわれ発生時の断面力を得ることができる。

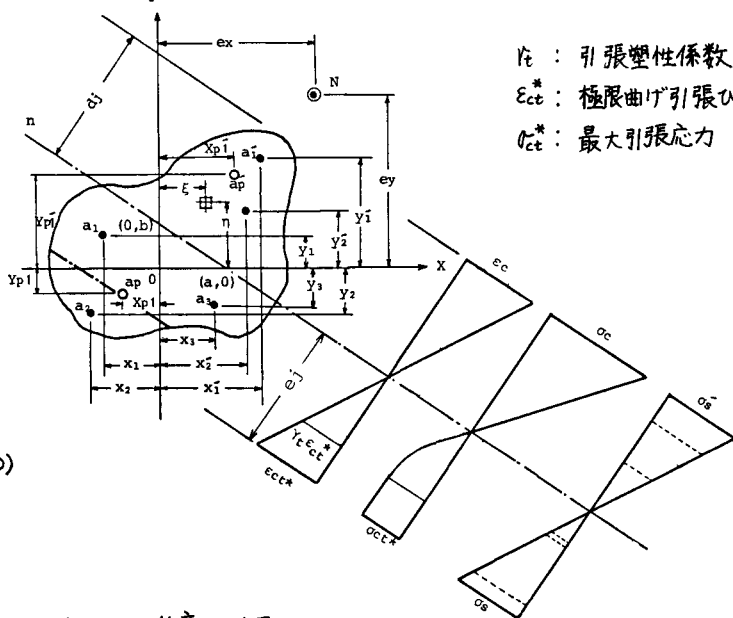


図-1 任意形断面

3. 数値計算例および考察

例-1 図-2に示す断面積、鉄筋量の等しい矩形および正方形断面において、軸圧縮力が $e=45\text{ cm}$ の位置に作用し、その偏角 θ が $0^\circ \sim 90^\circ$ にある場合を考える。いま、 $\sigma_{ct}^* = 400 \text{ kg-f/cm}^2$, $\sigma_{ct}^* = 34.4 \text{ kg-f/cm}^2$, $\varepsilon_{ct}^* = 2.65 \times 10^{-4}$, $E_c = 3.5 \times 10^5 \text{ kg-f/cm}^2$, $E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kg-f/cm}^2$, $\nu_c = 0.65$ としてひびわれ強度を計算した。その結果は、図-3に示す。図-3は、 θ に対する軸力 N およびモーメント $M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$ を示したものである。本例では、 $\theta = 30^\circ$ 以下に軸力が載荷されるとき、旧材料でも矩形断面の方が正方形断面より有利であると考えられる。

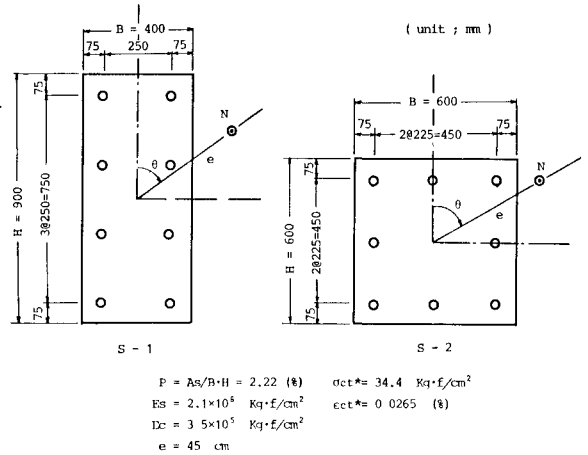


図-2 軸方向圧縮力と二軸曲げを受ける矩形と正方形のRC断面

例-2 図-4に示すL形断面に、軸圧縮力が $e=40\text{ cm}$ の位置に作用し、その偏角は、 $\theta_1 \sim \theta_5$ に変化する。ただし、 σ_{ct}^* , σ_{ct}^* , ε_{ct}^* , E_c , E_s , ν_c は、例-1と同じとする。そのときの中立軸深さ、圧縮力、二軸曲げおよび曲率 $\phi (= \varepsilon_c/d_j)$ に関する数値解は、表-1に示すとおりである。

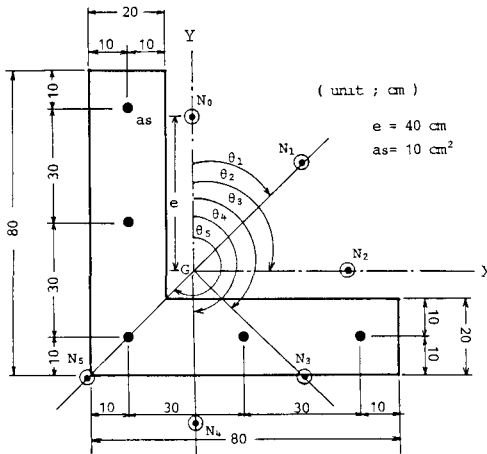


図-4 軸方向圧縮力と二軸曲げを受けるL形のRC断面

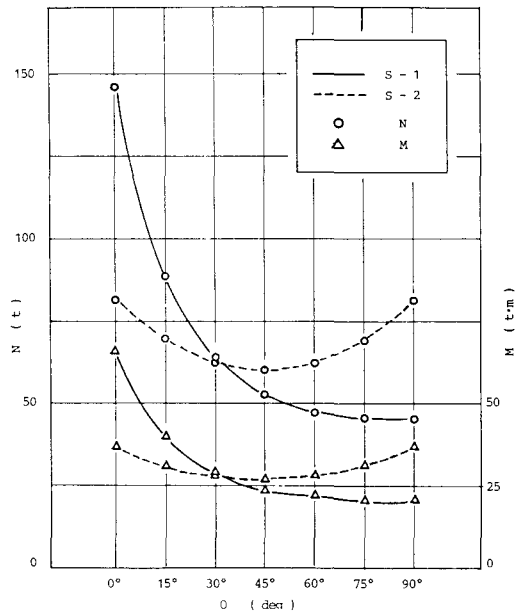


図-3 矩形および正方形断面の偏角と断面力の関係

表-1 L形断面の断面力および曲率

Case	偏角 θ (deg)	中立軸深さ d_j (cm)	圧縮力 N (t)	軸方向の モーメント M_x (t·m)	軸方向の モーメント M_y (t·m)	合成モーメント M (t·m)	曲率 $\phi \times 10^{-4} \text{ m}^{-1}$
case-1	$\theta_1 = 45^\circ$	36.51	$N_1 = 43.82$	12.39	12.39	17.53	7.749
case-2	$\theta_2 = 90^\circ$	48.72	$N_2 = 68.50$	0.00	27.40	27.40	8.675
case-3	$\theta_3 = 135^\circ$	71.34	$N_3 = 128.5$	-36.35	36.35	51.41	6.472
case-4	$\theta_4 = 180^\circ$	42.40	$N_4 = 52.54$	-21.01	0.000	21.01	6.960
case-5	$\theta_5 = 225^\circ$	42.77	$N_5 = 54.01$	-15.28	-15.28	21.60	9.486

参考文献

1) 横道英雄・藤田嘉夫；鉄筋コンクリート工学、共立出版