

V-56 2軸曲げを受ける任意形断面の RC部材の終局強度

秋田大学 正 員 川上 洵
秋田大学 学生員 ○ 中狭 靖
秋田大学 学生員 阿部 光孝

1. まえがき

2軸曲げを受ける任意形断面を有するRC部材の終局強度は、軸方向のつりあい式と2軸方向の曲げモーメントのつりあい式より、計算できる。これらの連立方程式の数値解法として、Newton-Raphson法がよく用いられてきている。このNewton-Raphson法は、収束が非常に良いという利点を持つが、初期値によって発散する危険性をも持っている。本研究は、確実に収束計算が可能な2分法を連立方程式にまで拡張した「拡張2分法（仮称）」を提案し、その利用性を検討したものである。

2. 終局強度

仮定

- ①平面保持の仮定が成り立つ。
 - ②コンクリートの引張抵抗を無視する。
 - ③破壊は、圧縮縁コンクリートの最大ひずみが、終局ひずみ ϵ_{c*} に達したときとする。
 - ④応力-ひずみ関係は、図-1のようにコンクリートに対し2次放物線と台形、鉄筋に対し完全弾塑性体を仮定する。
- X軸をa、Y軸をbで切る1点鎖線を終局状態における中立軸とし、下記の直線式で示される。

$$\frac{X}{a} + \frac{Y}{b} = 1$$

コンクリート、鉄筋の応力は、次のように示される。

$$\frac{\sigma_{cy}}{\sigma_{c*}} = \begin{cases} -\left(\frac{1}{\gamma dj\sqrt{a^2+b^2}}\right)^2 \{ (b\xi - a\eta - ab)(b\xi + a\eta - ab - 2\gamma dj\sqrt{a^2+b^2}) \} & \left(0 \leq \frac{\epsilon_{cy}}{\epsilon_{c*}} \leq \gamma\right) \\ -\frac{\delta}{1-\gamma} \frac{1}{\gamma dj\sqrt{a^2+b^2}} (b\xi + a\eta - ab) + \left(1 + \frac{\delta}{1-\gamma}\right) & \left(\gamma \leq \frac{\epsilon_{cy}}{\epsilon_{c*}} \leq 1\right) \end{cases}$$

$$\sigma_{si} = \begin{cases} \frac{E_s \epsilon_{c*}}{dj\sqrt{a^2+b^2}} (bx_{si} + ay_{si} - ab) & (\epsilon_s < \epsilon_{s*}) \\ \sigma_{sy} & (\epsilon_s \geq \epsilon_{s*}) \end{cases} \quad (\text{引張部})$$

$$\sigma'_{si} = \begin{cases} \frac{E_s \epsilon_{c*}}{dj\sqrt{a^2+b^2}} (bx'_{si} + ay'_{si} - ab) & (\epsilon'_s < \epsilon'_{s*}) \\ \sigma'_{sy} & (\epsilon'_s \geq \epsilon'_{s*}) \end{cases} \quad (\text{圧縮部})$$

γ : 圧縮塑性係数
 δ : フォーリング プラッチに対する係数
 x_{si} : 引張部鉄筋のx座標
 y_{si} : 引張部鉄筋のy座標
 a_{si} : 引張部鉄筋の断面積
 x'_{si} : 圧縮部鉄筋のx座標
 y'_{si} : 圧縮部鉄筋のy座標

軸力及び2軸曲げに関するつりあい式は、次のようになる。

$$N = C_c + C'_s - T_s = \int_{A_c} \sigma_{cy} dA_c + \sum \sigma'_{si} a'_{si} - \sum \sigma_{si} a_{si} \quad \dots (1)$$

$$M_x = N e_y = \int_{A_c} \sigma_{cy} \eta dA_c + \sum \sigma'_{si} a'_{si} y'_{si} - \sum \sigma_{si} a_{si} y_{si} \quad \dots (2)$$

a'_{si} : 圧縮部鉄筋の断面積

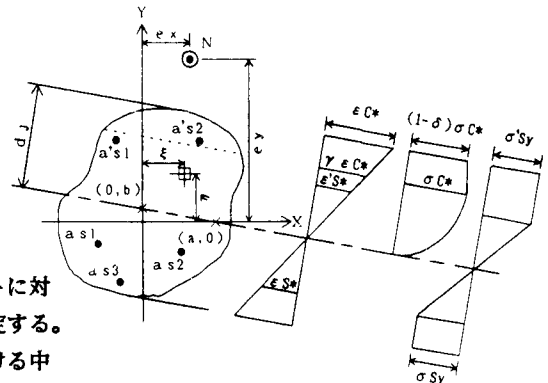


図-1 2軸偏心荷重を受ける任意形RC断面
とひずみ及び各材料の応力分布

$$M_y = N e_x = \int_{A_c} \sigma_{cy} \xi dA_c + \sum \sigma_{si}' a_{si}' x_{si}' - \sum \sigma_{si} a_{si} x_{si} \quad \cdots (3)$$

上記のつりあい式(1)、(2)、(3)を用いて中立軸位置を決定する。最初に、式(2)、(3)を下記のような関数に置き換える。

$$f_x(a, b) = M_x - N e_y = 0 \quad \cdots (4)$$

$$f_y(a, b) = M_y - N e_x = 0 \quad \cdots (5)$$

以下、図-2のフローチャートに従って計算する。

①最初に式(4)について解く。図-3のように、終局状態における中立軸のY軸の切片を $y = b_0$ と仮定する。式(4)において、 b_0 が既知となり2変数から1変数の方程式になる。

②式(4)を満足する値 a_n を求めるために、時計回りに α ずつ角度を振ることで得られるX軸との交点 a_i を式(4)に代入し、 f_x の符号の変化をみる。この時 f_x の符号が変化した場合、③へいく。 f_x の符号が変化しない場合、 $b_{n+1} = b_n / 2$ より新たな値 b_{n+1} を仮定し、その値に対して①～②を繰返す。

③ a_{i-1} 、 a_i 間に2分法を適用し、式(4)を満足する値 a_n を求める。

④式(4)を満足する (a_n, b_n) を式(5)に代入し、 (a_j, b_j) に置き換える。式(5)を満足した場合は、⑥へいく。満足しない場合は、⑤へいく。 j は、式(5)に代入した回数を表す。

⑤ $j = 1$ または符号が変化しない場合、 $b_{j+1} = b_j / 2$ より、新たな値 b_{j+1} を仮定し、それを b_{n+1} に置き換え符号に変化があるまで①～⑤を繰返す。符号が変化した場合、図-4のように $f_y(a_{j-1}, b_{j-1})$ と $f_y(a_j, b_j)$ で符号が変化していると考え (a_{j-1}, b_{j-1}) (a_j, b_j)間に解が存在すると考え b_{j-1} 、 b_j 間の中間値 b_{j+1} を仮定しそれを b_{n+1} に置き換え式(5)を満足するまで①～⑤を繰返す。

⑥解 a 、 b が得られ、終局強度が求まる。

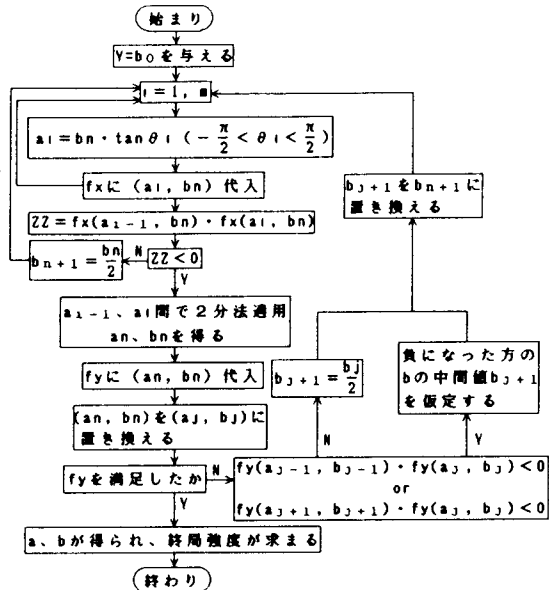


図-2 フローチャート

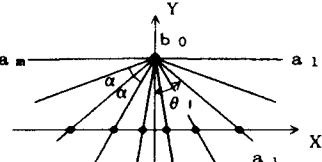


図-3 b_0 と a_i の関係

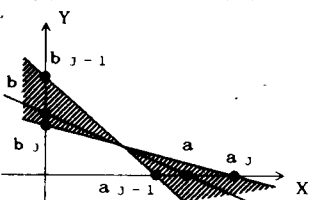
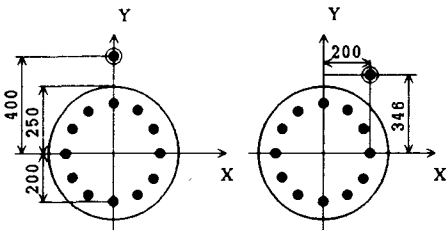


図-4 解 a 、 b の位置

3. 数値計算例

円形断面に図-5(a)、(b)に示すような1軸、2軸偏心荷重に対応する終局強度を解析した。中立軸の決定方法としてNewton-Raphson法と拡張2分法を用いて解析した。



(a) 1軸曲げ (b) 2軸曲げ
図-5 円形断面

表-1 解析結果

		Newton-Raphson法	拡張2分法
(a)	b (cm)	9.815	9.815
	N (tf)	102.83	102.83
	M (tfm)	41.13	41.13
(b)	a (cm)	19.629	19.629
	b (cm)	11.333	11.333
	N (tf)	102.83	102.84
	Mx (tfm)	35.62	35.62
	My (tfm)	20.57	20.57
		M (tfm)	41.13