

大分高専 正員 平野 喜三郎
大分高専 学生員 ○岩 尾 直樹

1. まえがき

偏心荷重をうける鉄筋コンクリート部材の応力計算式は、大変複雑である。特に、中立軸の位置の決定においては、高次の方程式を解く必要があり大変な手間と時間がかかる。この論文では、電卓を用いて計算できる計算手法を提案し、応力計算式も簡単なものとした。この手法は、長方形断面や丁形断面はもとより、あらゆる任意断面（ただし、一軸対称の断面、対称軸上に荷重が作用するものとする）に適用することが出来る。

2. 通常の構造力学公式との関連

偏心荷重をうける単一部材の構造力学公式としては、表-1の(1), (2), (3)式がある。

これらの公式を鉄筋コンクリート部材に応用するには、鉄筋コンクリート部材断面を、換算有効断面に変換すればよい。ここで、換算有効断面とは、コンクリート圧縮断面と鉄筋断面の

表-1 構造力学公式と鉄筋コンクリート公式の関連

	構造力学公式	鉄筋コンクリート公式
中立軸の位置	$G_n \cdot \bar{e} = I_n \quad (1)$	$G_{in} \cdot \bar{e} = I_{in} \quad (1')$
縁・応力	$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_g}{W_g} \quad (2)$	$\sigma = \frac{N}{A_i} + \frac{M_{ig}}{W_{ig}} \quad (2')$
	$\sigma = \frac{M_k}{W_g} \quad (3)$	$\sigma = \frac{M_{ik}}{W_{ig}} \quad (3')$

π 倍 ($\pi = E_s/E_c$) してコンクリートに置き変えた断面とよびなる断面である。この換算有効断面において、 ig を図心軸、 in を中立軸、 ik を接点とすれば、鉄筋コンクリート公式は、表-1の(1'), (2'), (3')式で表わされる。中立軸の位置は、(1')式を利用すれば求められる。応力計算においては、全断面有効の(2')式が利用出来るが、断面に引張が生ずる場合は、(2'), (3')式とも不適当である。このため、次に述べる中立軸モーメントによる解法を提案する。

3. 中立軸モーメントによる解法

図-1の単一部材断面について考えてみる。中立軸から断面の上縁、下縁までの距離をそれぞれ、 y_c , y_t とする。また、中立軸から偏心荷重(N)までの距離を $\bar{e}$ とする。ここで、 $N \cdot \bar{e} = M_n$ として、 M_n を中立軸モーメントと定義すると、縁応力の考えより、部材断面の上縁、下縁の応力は、次式となる。

$$\sigma = \frac{M_n}{W_n} \quad (4)$$

ここで、 n は単一部材断面の中立軸とし、 w_n は中立軸に関する断面係数で、上縁は、 $w_{nc} = I_n / y_c$, 下縁は、 $w_{nt} = I_n / y_t$ である。(4)式を鉄筋コンクリート部材に応用するには、換算有効断面について考え

$$\sigma = \frac{M_{in}}{W_{in}} \quad (4')$$

となる。ここに、 in は換算有効断面の中立軸である。また断面係数は、 $w_{in} = I_{in} / y_{in}$ である。

4. 計算例

(4')式を利用して、図-2に示すような複鉄筋台形断面のコンクリート及び、鉄筋の応力を求めてみる。中

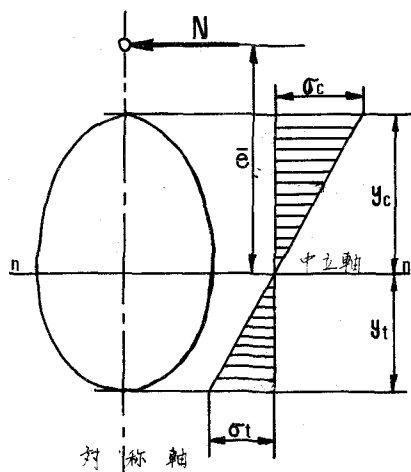


図-1 単一部材断面

中立軸の位置は、表-1の(1')式を利用する。従来の計算法は、四次方程式(注1)を計算機で解いて求めているが、本論文では中立軸の位置と逐次探索する方法を用いた。表-2に示すように三段階に分けて中立軸の位置を決定し(1')式を満足する中立軸の位置を捜した。すなわち、中立軸の位置はSTEP1で、 $x = 30 \sim 40$ cmの間、STEP2では $x = 33 \sim 34$ cmの間、STEP3では $x = 33.0 \sim 33.1$ cmの間にあることがわかり、この間を補間法で求め解として、 $x = 33.09$ cmを得る。よって中立軸に関する換算有効断面の断面二次モーメントは、 $I_{in} = 1\,400\,700\text{ cm}^4$ となる。中立軸モーメントは、

$$M_{in} = N \cdot \bar{e} = N \cdot (e' + x) = 40\,000 \times (40.0 + 33.09) = 2\,923\,600\text{ kg}\cdot\text{cm}$$

である。

(4')式を利用して、コンクリート及び鉄筋の応力を求める。

断面係数

(上縁) $W_{inc} = \frac{I_{in}}{x} = \frac{1\,400\,700}{33.09} = 42\,330.0\text{ cm}^3$

(下縁) $W_{int} = \frac{I_{in}}{(d - x)} = \frac{1\,400\,700}{(80.0 - 33.09)} = 29\,859.3\text{ cm}^3$

表-2 中立軸の決定

STEP	x	$\bar{e}$	G_{in}	$G_{in} \cdot \bar{e}$	I_{in}	$G_{in} \cdot \bar{e} - I_{in}$
1	20	60	-5 673.2	-340 390	1 246 200	-1 586 590
	30	70	12 381	866 660	1 303 500	- 436 800
	40	80	36 435	2 914 800	1 781 400	1 133 400
2	32	72	16 701	1 202 500	1 361 600	- 159 100
	33	73	18 952	1 383 500	1 397 300	- 13 800
	34	74	21 264	1 573 500	1 437 500	136 000
3	33.0	73.0	18 952	1 383 500	1 397 300	- 13 800
	33.1	73.1	19 180	1 402 100	1 401 100	1 000
	33.09	73.09	19 157	1 400 200	1 400 700	- 500

コンクリートの応力 σ_c

$$\sigma_c = \frac{M_{in}}{W_{inc}} = \frac{2\,923\,600}{42\,330.0} = 69.1\text{ kg/cm}^2$$

引張鉄筋の応力 σ_s

$$\sigma_s = \frac{n \cdot M_{in}}{W_{int}} = \frac{15 \times 2\,923\,600}{29\,859.3} = 1\,468.7\text{ kg/cm}^2$$

5. 結 論

この研究の計算手法の特長を述べると次のごとくである。

- (1) 計算例でわかるように、簡単な計算公式[(1')式と(4')式]なので苦心して覚えることもない。断面一次モーメント、断面二次モーメントの求め方がわかれば、あらゆる任意断面の応力が計算できる。
- (2) 中立軸の位置を逐次探索するので、高次の方程式を解く必要もなく、解の収束も速くなる。
- (3) 中立軸の位置が断面内か、外にあるか判定でき、偏心荷重が枝内か枝外かの判定も可能。
- (4) 中立軸の位置の決定計算の中で、換算有効断面の中立軸に関する断面二次モーメント I_{in} が計算されてい、そのまゝ(4')式に利用できる。

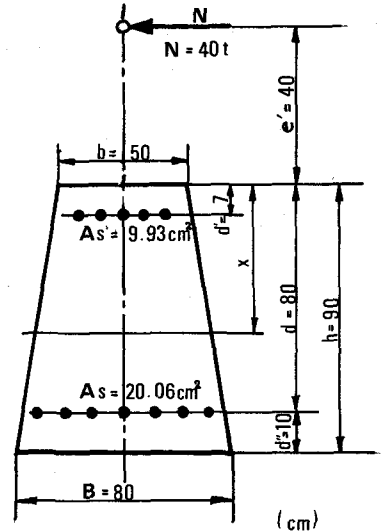


図-2 複鉄筋台形断面

(注1) $\frac{(B-b)}{12}x^4 + \frac{1}{6}\left[b + \frac{(B-b)e'}{d}\right]x^3 + \frac{b \cdot e'}{2}x^2 + n\left\{(d+e)As + (d+e')As'\right\}x - n\left\{(d+e)dAs + (d+e')dAs'\right\} = 0$