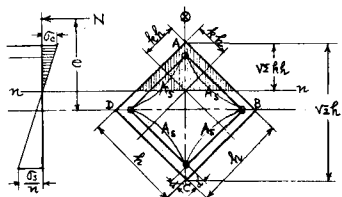


I. はじめに

筆者はいままで周囲に鉄筋を有する長方形断面がその辺に平行な軸のまわりに曲げモーメントを受ける場合およびその辺に平行な対称軸上に偏心荷重を受ける場合の解法について発表してきた。今回は周囲鉄筋正方形断面がその対角線上に偏心荷重を受ける場合の解法について述べたいと思う。対称軸をはずれた偏心荷重については近似解法でコンクリートの応力度は実用的に求まるのであるがそのチェックの意味も含めて厳密解を求めてみたものである。

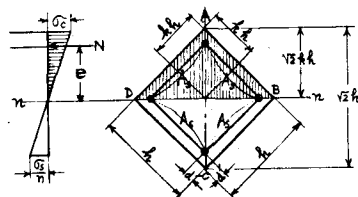
II. k , σ_c , σ_s を求める算式

e/h , np , γ などが与えられたときに k を決定することが"できる。また N , h , k , np などが与えられれば σ_c を求めることができる。このとき $p = A_s/h^2$, $\gamma = d'/h$ である。偏心距離の大小によって中立軸の位置が変化する。圧縮される断面の形状によって四つの場合を考え、それぞれの算式を列挙する。

1) 3角形圧縮断面 ($0 < k \leq 0.5$)

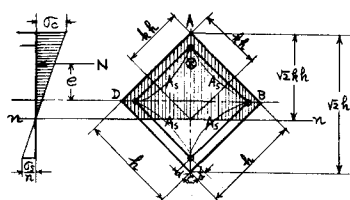
※
1
図

$$\left. \begin{aligned} \frac{e}{h} &= \frac{k^3(1-k) + np(1-2\gamma)^2}{\sqrt{2}\{k^3 + 3np(2k-1)\}} \\ \frac{N}{h^2\sigma_c} &= \frac{2\{k^3 + 3np(2k-1)\}}{3k} \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

2) 半圧縮断面 ($k = 0.5$)

※
2
図

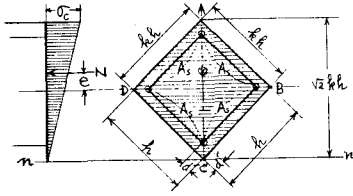
$$\left. \begin{aligned} \frac{e}{h} &= \frac{1 + 16np(1-2\gamma)^2}{2\sqrt{2}} \\ \frac{N}{h^2\sigma_c} &= \frac{1}{6} = 0.1667 \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

3) 5角形圧縮断面 ($0.5 \leq k \leq 1.0$)

※
3
図

$$\left. \begin{aligned} \frac{e}{h} &= \frac{8k(k-1)^3 + 1 + 8np(1-2\gamma)^2}{2\sqrt{2}\{4k^3 - (2k-1)^3 + 12np(2k-1)\}} \\ \frac{N}{h^2\sigma_c} &= \frac{4k^3 - (2k-1)^3 + 12np(2k-1)}{6k} \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

4) 全圧縮断面 ($k=1.0$)



才
4
図

$$\left. \begin{aligned} \frac{e}{h} &= \frac{1+8np(1-2\gamma)^2}{6\sqrt{2}(1+4np)} \\ \frac{N}{h^2\sigma_c} &= \frac{1+4np}{2} \end{aligned} \right\} \text{----- (4)}$$

1), 2), 3), 4) の場合に対して σ_s は次式で与えられる。 $\sigma_s = \frac{n\sigma_c(1-k-\gamma)}{k} \text{----- (5)}$

Ⅲ. 3 角形圧縮断面の計算例

$N = 100,000 \text{ kg} \quad n = 15$

$e = 100 \text{ cm}$

$h = 100 \text{ cm}, d' = 10 \text{ cm}$

$A_s = 8-D29 = 51.39 \text{ cm}^2$ として

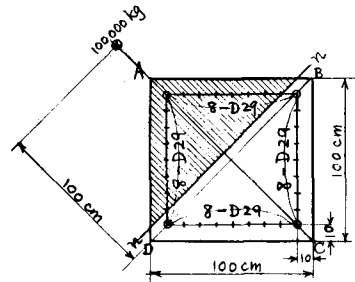
才5図で示すような断面について考える。

解法

$\gamma = \frac{d'}{h} = \frac{10}{100} = 0.10$

$p = \frac{A_s}{h^2} = \frac{51.39}{100 \times 100} = 0.005139$

$np = 15 \times 0.005139 = 0.0771$ とする。



才5図

(1) 式の上の式から k の4次式を作れば次のようになる。

$f(k) = k^4 + (\sqrt{2} \frac{e}{h} - 1)k^3 + 6\sqrt{2} \frac{e}{h} np k - \{3\sqrt{2} \frac{e}{h} + (1-2\gamma)^2\} np = 0 \text{----- (6)}$

数値を入れて

$f(k) = k^4 + (\sqrt{2} \times \frac{100}{100} - 1)k^3 + 6\sqrt{2} \times \frac{100}{100} \times 0.0771 k - \{3\sqrt{2} \times \frac{100}{100} + (1-2 \times 0.10)^2\} \times 0.0771 = 0$

$f(k) = k^4 + 0.4142k^3 + 0.6542k - 0.3764 = 0$

上式を満足するような k を電卓 Compet 161P で求めた。プログラムは次の通りである。

$N10L, M+X=X=M', MR'X=XRC \times Aux \times 0.4142 M', MR'CI \times Aux \times 0.6542 M',$

$Aux \times 0.3764 M', MR'CI Aux Aux. (MR' = 10,420.3656)$

計算の経過は才1表に示すようになり $f(k)=0$ を満足する k の値は 0.453 または 0.4526 となる。

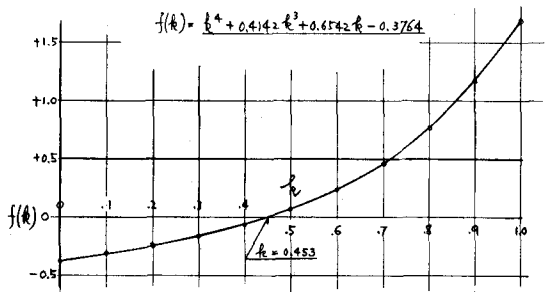
才1表

k	$f(k)$
0	-0.3764
1	+1.6920
0.5	+0.0650
0.45	-0.0033
0.46	+0.0096
0.455	+0.0031
0.453	+0.0006
0.452	-0.0008
0.4525	-0.0001
0.4526	0.0000
0.4527	+0.0002

才6図は

$f(k)$ の
グラフを
参考のため
に示した
ものである。

才6
図



(1) 式の下式から次式が得られるから σ_c を求めることができる。

$$\sigma_c = \frac{N}{h^2} \frac{3h}{2\{h^3 + 3np(2h-1)\}} \quad \text{----- (7)}$$

数値を入れて $\sigma_c = \frac{100,000}{100 \times 100} \frac{3 \times 0.453}{2\{0.453^3 + 3 \times 0.0771(2 \times 0.453 - 1)\}} = 95.3 \text{ kg/cm}^2$

(5) 式により $\sigma_s = \frac{n(1-h-\gamma)}{h} \sigma_c = \frac{15(1-0.453-0.10)}{0.453} \times 95.3 = 1411 \text{ kg/cm}^2$

IV. 5 角形圧縮断面の計算例

$N=100,000 \text{ kg}$, $e=25 \text{ cm}$, $h=100 \text{ cm}$, $d'=10 \text{ cm}$,

$A_s=8-D29$ として **7** 図に示すような断面の σ_c , σ_s

を求める。

解法

$\gamma=0.10$, $np=0.0771$ である。

(3) 式から h の 4 次式は次のようになる。

$$f(h) = 8h^4 + 8\left(\sqrt{\frac{e}{h}} - 3\right)h^3 - 24\left(\sqrt{\frac{e}{h}} - 1\right)h^2 + \{12\sqrt{\frac{e}{h}}(1-4np) - 8\}h + 8np\{3\sqrt{\frac{e}{h}} + (1-2\gamma)\} - 2\sqrt{\frac{e}{h}} + 1 = 0 \quad \text{----- (8)}$$

上式に数値を代入すれば

$$f(h) = 8h^4 - 21.1712h^3 + 15.5136h^2 - 5.0658h + 1.3419 = 0 \text{ となるからこれを}$$

$$f(h) = 8h^4 - 21.171h^3 + 15.514h^2 - 5.0658h + 1.3419 = 0 \text{ として Compex で計算する。}$$

プログラム: N10L, M+ X=X=X Aux 8 M+

MR"X=XRCX Aux 21.171 M-

MR"X=X Aux 15.514 M+

MR"CIX Aux 5.0658 M-

Aux 1.3419 M+

MR'CI Aux Aux. (MR'=60331.0839)

表 2

h	f(h)
0	+1.3419
0.1	-1.3809
0.5	+0.5411
0.75	-0.1312
0.7	+0.0568
0.72	-0.0154
0.71	+0.0213
0.715	+0.0029
0.716	+0.0003
0.7161	-0.0004

計算経過は **2** 表のようになる。

同じプログラムを用いて $f(h)$ のグラフを画けば **8** 図を得る。

このとき

の $f(h)$

の値は

3 表

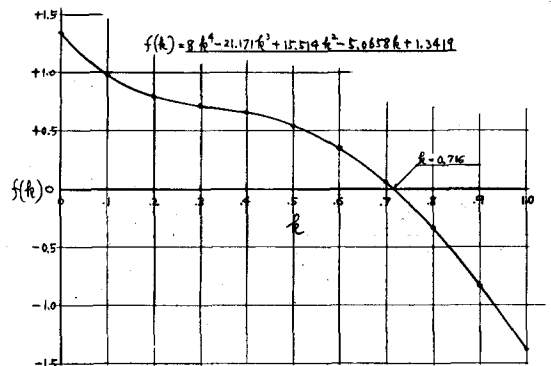
により

求めた。

表 3

h	f(h)
0	+1.3419
0.1	+0.9700
0.2	+0.7927
0.3	+0.7117
0.4	+0.6477
0.5	+0.5411
0.6	+0.3513
0.7	+0.0568
0.8	-0.3445
0.9	-0.8359
1.0	-1.3809

図 8



$k_e = 0.716$ が得られたから (7) 式により

$$\sigma_c = \frac{N}{h^2} \frac{3k_e}{2\{k_e^3 + 3np(2k_e - 1)\}} = \frac{100,000}{100 \times 100} \frac{3 \times 0.716}{2\{0.716^3 + 3 \times 0.0771(2 \times 0.716 - 1)\}} = 23.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$(5) \text{式を用いて } \sigma_s = \frac{n(1 - k_e - \gamma)}{k_e} \sigma_c = \frac{15(1 - 0.716 - 0.10)}{0.716} \times 23.0 = 89 \text{ kg/cm}^2$$

V. 計算図表

以上は3角形と5角形圧縮断面の応力度 σ_c, σ_s を算式によって求めたので"あるが"図表を用いて答を得ることも可能である。第9図は e/h と np から k_e を求めるものであり、 k_e の細かい値がわかる。また第10図は e/h と np を用いて $N/h^2\sigma_c$ を求める図表である。このときに k_e も読めるが k_e はむしろ第9図の方から求めた方がよいと思う。第10図表を用いて $N/h^2\sigma_c$ から σ_c を求めることができ、鉄筋は $\sigma_s = m\sigma_c$ として得られる。

VI. おわりに

断面に垂直方向のコンクリートおよび鉄筋の力のつりあいから k_e を求める式を、また中立軸のまわりのコンクリートおよび鉄筋の力のモーメントのつりあいから σ_c を求める式を誘導した。算式(2)は(1),(3)の特別の場合であり、また算式(4)は(3)の特別の場合である。しかしながら図表にしたときには $k_e = 0.30 \sim 1.00$ に対して用いることができる。

正方形断面は対角線上に偏心荷重を受けるときに最も弱くなる。すなわち対角線の交点から e をはかるとすれば同一の $(N-e)$ に対して断面応力度が最大になるのは N が対角線上にきたときなのである。したがってこの場合に断面応力度が許容応力度以下になっていれば"断面はどの方向についても安全であることになる。"

