

周囲に鉄筋を有するコンクリート長方形断面が対称軸外に
偏心荷重を受ける場合の断面応力計算法(第2報)

大阪産業大学工学部 正員 武田英吉

① まえがき

昭和44年度関西支部年次学術講演会で上記と同様な題目で述べたものを(第1報)とすれば第1報の解法はその後検討の結果鉄筋コンクリートに対して適当でないことがわかった。今回は前回とは少し異った解法について述べる。

② 曲げモーメント(M)だけを受ける断面

第1報で説明したものと同様であるが図-1を参考にすれば断面に生ずる内力は次のようになる。

$$\left\{ \begin{aligned} C_c &= \frac{k}{2} b h \sigma_c, & C_{s1} &= n p \frac{k-r}{k} b h \sigma_c, \\ C_{s2} &= n p' \frac{(k-r)^2}{(1-2r)k} b h \sigma_c = \mu n p \frac{(k-r)^2}{(1-2r)k} b h \sigma_c, \\ T_{s2} &= n p' \frac{(1-r-k)^2}{(1-2r)k} b h \sigma_c = \mu n p \frac{(1-r-k)^2}{(1-2r)k} b h \sigma_c, \\ T_{s1} &= n p \frac{1-r-k}{k} b h \sigma_c \end{aligned} \right.$$

そこで

$$\left\{ \begin{aligned} \alpha &= 2n(p+p') = 2n(1+\mu)p \text{ とし} \\ k &= \sqrt{\alpha^2 + \alpha} - \alpha \text{ を求め次式に代入して } \sigma_c \text{ を得る。} \\ \frac{M}{b h^2 \sigma_c} &= \frac{k}{6} (3-3r-k) + \frac{n p}{3(1-2r)k} \left\{ 3(1-2r)(k-r) + \mu \left\{ (k-r)^2 (3-5r-k) - (1-r-k)^3 \right\} \right\} \\ m &= \frac{n(1-r-k)}{k} \end{aligned} \right.$$

σ_s は m を用いては " $\sigma_s = m \sigma_c$ " で求められる。

③ 対称軸外に偏心荷重($N-e_1-e_2$)がある断面

図-2, 図-3に示すように偏心荷重($N-e_1-e_2$)を第1法のように($N-e_1$)と $M_2 = N e_2$ に分解する場合と第2法のように($N-e_2$)と $M_1 = N e_1$ に分解する場合と二つある。これらの方法を併用して中立軸の位置を決定したり断面応力度の検算を行うことができる。

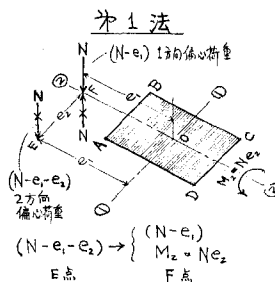


図-2

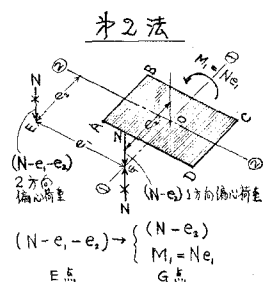


図-3

最初に対称軸上に偏心荷重($N-e$)がある断面について説明する。これが分れば前節で述べたMだけを受ける場合の方法を併用してこの場合を解くことができる。

図-4を参照しながら説明する。

$C_c, C_{s1}, C_{s2}, T_{s2}, T_{s1}$ などは[2]の場合と全く等しい。そこで

$\Sigma H = 0$ すなわち $N = C - T$ とすれば

$$N = \frac{k^2 - 2n(1-2k)(p+p')}{2k} b h \sigma_c$$

を得る。また

$\Sigma M = 0$ から次式を得る。

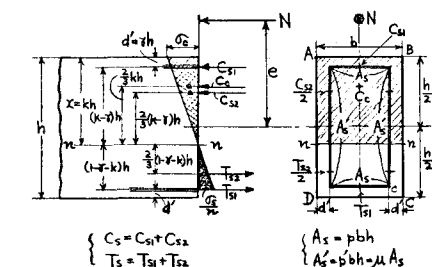
$$\frac{e}{k} = \frac{(3-2k)k^2 + 2n(1-2\delta)^2(3p+p')}{6\{k^2 + 2n(2k-1)(p+p')\}}$$

$$= \frac{(3-2k)k^2 + 2np(1-2\delta)^2(3+\mu)}{6\{k^2 + 2np(2k-1)(1+\mu)\}}$$

$$\frac{N}{b h \sigma_c} = \frac{k^2 + 2n(2k-1)(p+p')}{2k}$$

$$= \frac{k^2 + 2np(2k-1)(1+\mu)}{2k}$$

図-4



ここで $\delta = d'/k$, $\mu = p'/p = A'_s/A_s$ である。

また鉄筋の応力度 σ_s は次式から求められる。

$$\sigma_s = m \sigma_c = \frac{n(1-\delta-k)}{k} \sigma_c \quad \text{---(2)}$$

いま $\delta = 0.10$ ($d' = 0.10k$), $\mu = 1.0$ ($A'_s = A_s$) として両対数方眼紙を用いて図表を作れば図-5, 図-6 のようになる。

まず図-5 から k を求め、この k を用いて図-6 から σ_c が得られる。つぎに(2)式によって σ_s がわかる。

これらの図表を使つて鉄筋量決定をすることもできる。それは np を適当に仮定して左図と右図の k が一致するようにすればよい。このとき $\sigma_c \leq \sigma_{ca}$, $\sigma_s \leq \sigma_{sa}$ でなければならぬ。

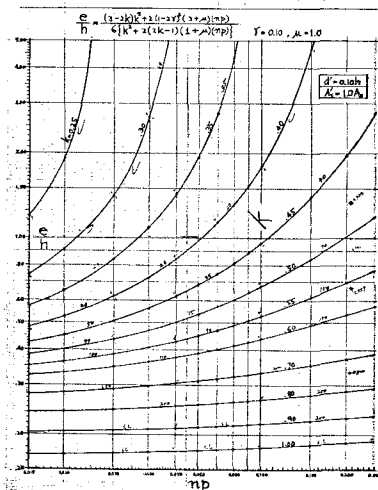


図-5

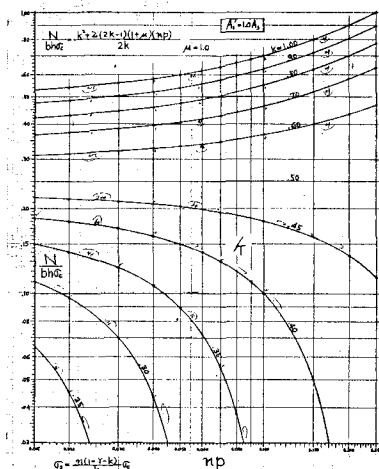


図-6

④ 2方向偏心荷重($N-e_1-e_2$)を受ける断面の計算例
 第1法により解いてみる。(図-7) $n=15$ とする。

$N=100,000 \text{ kg}$, $e_1=40 \text{ cm}$, $e_2=20 \text{ cm}$
 であるがまず"□"図により

$\left\{ \begin{array}{l} N=100,000 \text{ kg}, e_1=40 \text{ cm}, \\ b=h=60 \text{ cm}, d'=6 \text{ cm}, \\ A_s=A_s'=8-\phi 28=49.26 \text{ cm}^2 \end{array} \right.$
 とするときのA点の σ_c および
 C点の σ_s を求める。

$$\left\{ \begin{array}{l} \gamma = d'/h = 6/60 = 0.10 \\ \mu = A_s'/A_s = 49.26/49.26 = 1.0 \\ p = \frac{A_s}{bh} = \frac{49.26}{60 \times 60} = 0.0137 \\ np = 15 \times 0.0137 = 0.206 \\ \frac{e}{h} = \frac{40}{60} = 0.6667 \end{array} \right. \quad \text{となるから図-5により } k=0.559 \text{ を得る。つぎに}$$

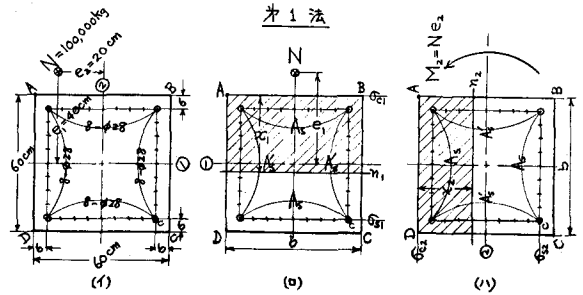


図-7

図-6 から $np=0.206$, $k=0.559$ を用いて $N/bh\sigma_c=0.366$ を得る。したがって

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{c1} = \frac{N}{bh \times 0.366} = \frac{100,000}{60 \times 60 \times 0.366} = 75.9 \text{ kg/cm}^2 \\ m_1 = \frac{n(1-\gamma-k)}{k} = \frac{15(1-0.10-0.559)}{0.559} = 9.15 \\ \sigma_{s1} = m \sigma_{c1} = 9.15 \times 75.9 = 694 \text{ kg/cm}^2 \text{ を得る。} \end{array} \right.$$

次に(1)図を用い $M_2=Ne_2=100,000 \times 20=2,000,000 \text{ kgcm}$,
 $b=h=60 \text{ cm}$, $d'=6 \text{ cm}$, $A_s=A_s'=49.26 \text{ cm}^2$
 として σ_c , σ_s を求める。

$$\left\{ \begin{array}{l} \gamma = d'/h = 6/60 = 0.10 \quad (d'=0.10h) \\ \mu = A_s'/A_s = 49.26/49.26 = 1.0 \\ p = A_s/bh = 49.26/60 \times 60 = 0.0137 \end{array} \right.$$

となるから図-8を用い $k=0.402$, $M/bh^2\sigma_c=0.292$
 を得る。したがって

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{c2} = \frac{M}{bh^2 \times 0.292} = \frac{2,000,000}{60 \times 60^2 \times 0.292} = 31.7 \text{ kg/cm}^2 \\ m_2 = \frac{n(1-\gamma-k)}{k} = \frac{15(1-0.10-0.402)}{0.402} = 18.6 \\ \sigma_{s2} = m_2 \sigma_{c2} = 18.6 \times 31.7 = 590 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$\therefore \left\{ \begin{array}{l} \sigma_c = \sigma_{c1} + \sigma_{c2} = 75.9 + 31.7 = 107.6 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A点)} \\ \sigma_s = \sigma_{s1} + \sigma_{s2} = 694 + 590 = 1284 \text{ kg/cm}^2 \text{ (C点)} \end{array} \right.$$

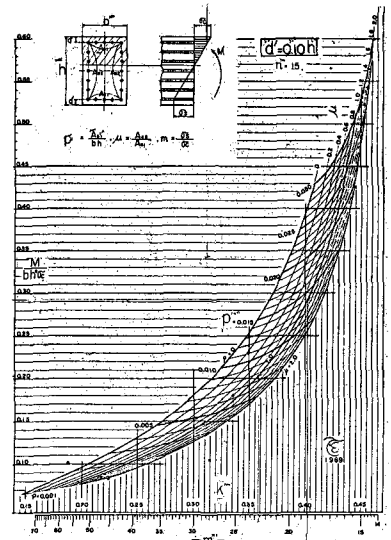


図-8

オ2法により解けば次のようになる。

図-9 (ロ) 図を参照して

$$\begin{cases} N = 100,000 \text{ kg}, e_2 = 20 \text{ cm}, \\ b = h = 60 \text{ cm}, d' = 6 \text{ cm}, \\ A_s = A_s' = 8 - \phi 28 = 49.26 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

とするときのA点の σ_c およびc点の σ_s を求めることにする。

$$\begin{cases} \gamma = d'/h = 6/60 = 0.10 \\ \mu = A_s'/A_s = 49.26/49.26 = 1.0 \\ p = A_s/bh = 49.26/60 \times 60 = 0.0137 \\ np = 15 \times 0.0137 = 0.206 \\ e/h = 20/60 = 0.3333 \end{cases}$$

となるから図-5により $k_e = 0.740$ を得る。つぎに図-6から $np = 0.206$, $k_e = 0.740$ を用いて $N/bh\sigma_c = 0.637$ を得る。したがって

$$\begin{cases} \sigma_{c1} = \frac{N}{bh \times 0.637} = \frac{100,000}{60 \times 60 \times 0.637} = 43.6 \text{ kg/cm}^2 \\ m_1 = \frac{n(1-\gamma-k_e)}{k_e} = \frac{15(1-0.10-0.740)}{0.740} = 3.24 \\ \sigma_{s1} = m_1 \sigma_{c1} = 3.24 \times 43.6 = 141 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

次に図-9 (ハ) 図を見ながら

$$\begin{cases} M_1 = Ne_1 = 100,000 \times 40 = 4,000,000 \text{ kg cm} \\ b = h = 60 \text{ cm}, d' = 6 \text{ cm}, A_s = A_s' = 49.26 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

として σ_c , σ_s を求める。

$$\begin{cases} \gamma = d'/h = 6/60 = 0.10 \quad (d' = 0.10h) \\ \mu = A_s'/A_s = 49.26/49.26 = 1.0 \\ p = A_s/bh = 49.26/60 \times 60 = 0.0137 \end{cases}$$

となるから図-8を用いて $k_e = 0.402$, $M/bh^2\sigma_c = 0.292$ を得る。したがって

$$\begin{cases} \sigma_{c2} = \frac{M}{bh^2 \times 0.292} = \frac{4,000,000}{60 \times 60^2 \times 0.292} = 63.4 \text{ kg/cm}^2 \\ m_2 = \frac{n(1-\gamma-k_e)}{k_e} = \frac{15(1-0.10-0.402)}{0.402} = 18.58 \\ \sigma_{s2} = m_2 \sigma_{c1} = 18.58 \times 63.4 = 1178 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

故に2方向偏心荷重による応力度は次のようになる。

$$\begin{cases} \sigma_c = \sigma_{c1} + \sigma_{c2} = 43.6 + 63.4 = 107.0 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_s = \sigma_{s1} + \sigma_{s2} = 141 + 1178 = 1319 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

なお中立軸は図-10に示すとおりになる。

オ2法

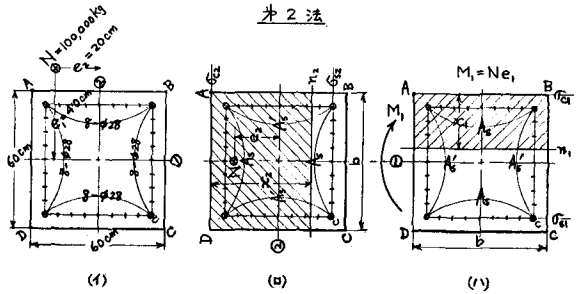


図-9

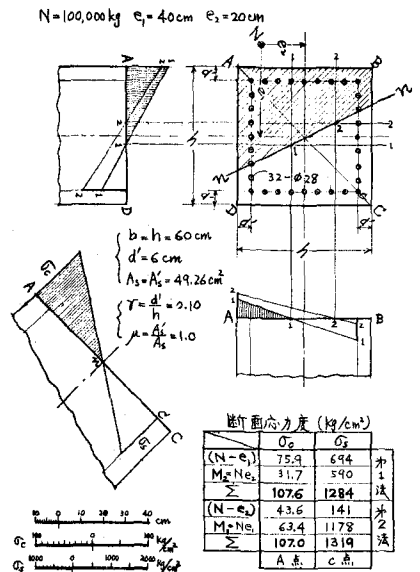


図-10