

# エクセル表計算による複鉄筋矩形断面の許容曲げモーメント算出（その2）

日中構造研究所 松原勝己

## 1. はじめに

「エクセル表計算による複鉄筋矩形断面の許容曲げモーメント算出」において、マクロを使用せず表計算により複鉄筋矩形断面の許容曲げモーメントを算出するエクセルを示しました。そこでは、対称配筋、すなわち圧縮および引張鉄筋の鉄筋量や被りが同一の条件を考慮していました。本報告では、許容時の断面仮定から直接的に許容時の中立軸位置や抵抗曲げモーメントの解析式を導入する同様の方法を用いることで、圧縮および引張鉄筋の鉄筋量や被りが異なる非対称配筋の複鉄筋断面に対する許容曲げモーメント算出を、エクセル表計算によって実行しています。

以下に、許容曲げモーメントの解析式の提示とエクセルの入力パラメータおよび出力例について説明します。

なお、掲載したエクセルは自由に使用していただいて結構ですが、結果の妥当性判断は使用者に委ねることとします。

## 2. 許容曲げモーメントの解析式

許容曲げモーメントを求めるにあたり、許容時として4種の断面仮定、すなわち①中立軸位置が断面外にあり全断面圧縮で圧縮縁コンクリートが許容応力度に達する場合、②中立軸が断面内にあり圧縮縁コンクリートが許容応力度に達する場合、③中立軸が断面内にあり引張鉄筋が許容応力度に達する場合、および④中立軸位置が断面外にあり全断面引張で引張鉄筋が許容応力度に達する場合 を考慮した。

以下に、上記4種の断面仮定に対する中立軸位置および許容曲げモーメントの算出を行う。

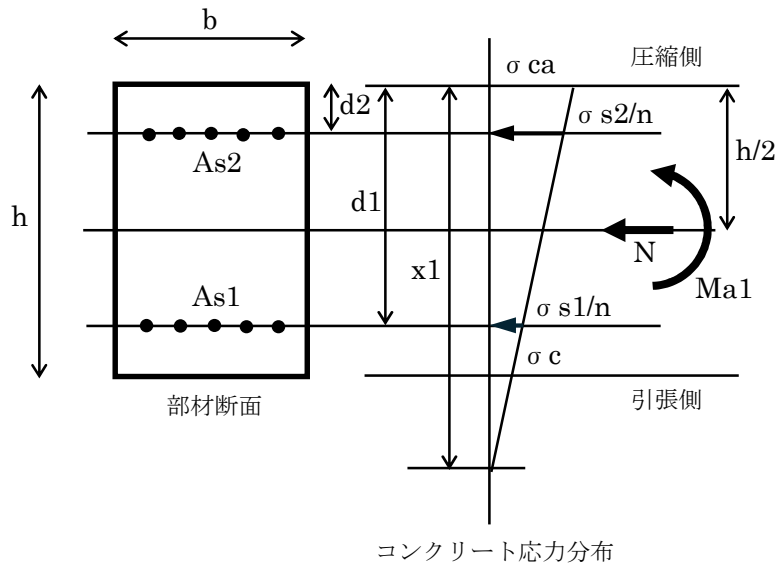
許容曲げモーメントの算出手順は、以下の通りである。

- (1) 部材断面が許容応力度に達するときの断面仮定を設定する。例えば、上記①の断面仮定ではコンクリート圧縮縁においてコンクリート許容応力度  $\sigma_{ca}$  となることを指定する。
- (2) (1)の断面仮定に基づき、断面内のコンクリート応力分布を設定する。また、断面内の鉄筋応力を、コンクリート応力にヤング係数比を乗じて定める。このとき、ヤング係数比として一律に  $n(=15)$  を考慮する。
- (3) 作用軸力と断面内直応力分布との釣り合い、すなわち作用軸力と断面内直応力の合計を等値することにより中立軸位置に関する算定式を導入し、中立軸位置を求める。この中立軸算定式は、1次方程式あるいは2次方程式となる。
- (4) 中立軸位置周りのモーメントの釣り合い、すなわち作用軸力と許容曲げモーメントによるモーメントと断面内直応力によるモーメントを等値することにより、許容曲げモーメントの解析式を導入する。ここで、作用軸力は断面中心（圧縮縁から  $h/2$  の距離、 $h$  : 断面高さ）に作用すると仮定した。

## 2.1 全断面圧縮かつ圧縮縁許容時 ( $k1 > h/d1$ )

断面仮定を、図 2-1 に示す。

本ケースは、図 2-1 に示すように、中立軸位置  $x1$  が下方の断面外 ( $x1 > h$ ) となり、圧縮縁でコンクリート応力が  $\sigma_{ca}$  となる。中立軸比  $k1 = x1/d1$  で定義すれば、 $k1 > h/d1$  となるケースである。



### 【記号】

$b$  : 断面幅

$h$  : 断面高さ

$d1$  : 有効高 (圧縮縁からの引張鉄筋までの距離)

$As1$  : 引張鉄筋量

$d2$  : 圧縮鉄筋被り (圧縮縁から圧縮鉄筋までの距離)

$As2$  : 圧縮鉄筋量

$\sigma_{ca}$  : コンクリート許容応力度 (圧縮縁で許容応力度に達するときを仮定)

$\sigma_{s1}$  : 引張鉄筋応力 (圧縮正)

$\sigma_{s2}$  : 圧縮鉄筋応力 (圧縮正)

$\sigma_c$  : 引張縁のコンクリート応力 (圧縮正)

$x1$  : 中立軸位置 (圧縮縁からの距離、下方側を正)

$N$  : 軸力 (圧縮正)

$Ma1$  : 許容曲げモーメント (下面側引張を正)

図 2-1 断面仮定 (全断面圧縮かつ圧縮縁が許容応力度に達するとき)

図 2-1 を参照し、引張鉄筋および圧縮鉄筋の応力  $\sigma_{s1}$  および  $\sigma_{s2}$  と引張縁のコンクリート応力  $\sigma_c$  は、次式で表すことができる。

$$\sigma_{s1} = \frac{x_1 - d_1}{x_1} n \sigma_{ca} \quad (1)$$

$$\sigma_{s2} = \frac{x_1 - d_2}{x_1} n \sigma_{ca} \quad (2)$$

$$\sigma_c = \frac{x_1 - h}{x_1} \sigma_{ca} \quad (3)$$

軸力と断面内直応力との釣り合いにより、次式が成立する。

$$N = \frac{1}{2} \sigma_{ca} x_1 b - \frac{1}{2} \sigma_c (x_1 - h) b + \sigma_{s2} A_{s2} + \sigma_{s1} A_{s1} \quad (4)$$

式(4)に、式(1)～(3)を代入すれば、中立軸位置  $x_1$  に関する 1 次方程式が得られる。 $x_1$  について解き、無次元パラメータにより整理すると、次式を得る。

$$k_1 = \frac{2n(p_1 + p_2 \gamma) + \eta^2}{2\{n(p_1 + p_2) - \bar{N}_c + \eta\}} \quad (5)$$

ここに、 $k_1$  : 中立軸比(= $x_1/d_1$ )

$n$  : ヤング係数比(=15)

$p_1$  : 引張鉄筋比(= $A_{s1}/(bd_1)$ )

$p_2$  : 圧縮鉄筋比(= $A_{s2}/(bd_1)$ )

$\gamma$  : 有効高に対する圧縮鉄筋被りの比(= $d_2/d_1$ )

$\eta$  : 有効高に対する断面高さの比(= $h/d_1$ )

$\bar{N}_c$  :  $\sigma_{ca}$  により無次元化した軸力(= $N/(b \cdot d_1 \cdot \sigma_{ca})$ )

$\sigma_{ca}$  : コンクリート許容応力度

式(5)において、各無次元パラメータは断面高さ  $h$  ではなく、有効高  $d_1$  によって定義されていることに注意する必要がある(「エクセル表計算による複鉄筋矩形断面の許容曲げモーメント算出」における表記と異なる)。

中立軸周りのモーメントの釣り合いにより、次式が成立する。

$$M_{a1} + N \left( x_1 - \frac{h}{2} \right) = \frac{1}{2} \sigma_{ca} x_1 b \frac{2}{3} x_1 - \frac{1}{2} \sigma_c (x_1 - h) b \frac{2}{3} (x_1 - h) + \sigma_{s2} A_{s2} (x_1 - d_2) + \sigma_{s1} A_{s1} (x_1 - d_1) \quad (6)$$

式(6)に式(1)～(3)を代入し、 $M_{a1}$  について解き、無次元パラメータにより整理すれば、次式を得る。

$$\frac{M_{a1}}{bd_1^2} = \frac{\sigma_{ca}}{k_1} \left\{ \eta \left( k_1^2 - \eta k_1 + \frac{1}{3} \eta^2 \right) + np_1 (1 - k_1)^2 + np_2 (k_1 - \gamma)^2 \right\} + \frac{N}{bd_1} \left( \frac{1}{2} \eta - k_1 \right) \quad (7)$$

ここに、 $M_{a1}/(b \cdot d_1^2)$  : 応力度単位で表示した許容曲げモーメント

$N/(b \cdot d_1)$  : 応力度単位で表示した軸力(軸応力)

## 2.2 中立軸断面内かつ圧縮縁許容時 ( $kb < k_2 < h/d_1$ )

断面仮定を、図 2-2 に示す。

本ケースは、図 2-2 に示すように、中立軸位置  $x_2$  が断面内 ( $xb < x_2 < h$ ) にあり、引張鉄筋応力が  $\sigma_{sa}$  となる。中立軸比  $k_2 = x_2/d_1$  で定義すれば、 $kb < k_2 < h/d_1$  となるケースである。

ここに、 $xb$  は圧縮縁と引張鉄筋が同時に許容応力度に達するとき(釣合時)の中立軸位置であり、 $kb$  はそのときの中立軸比である。 $kb$  は、次式で表すことができる。

$$k_b = \frac{1}{\frac{\sigma_{sa}}{n\sigma_{ca}} + 1} \quad (8)$$

ここに、 $k_b$ ：釣合時の中立軸比 ( $k_b = x_b/d_1$ )

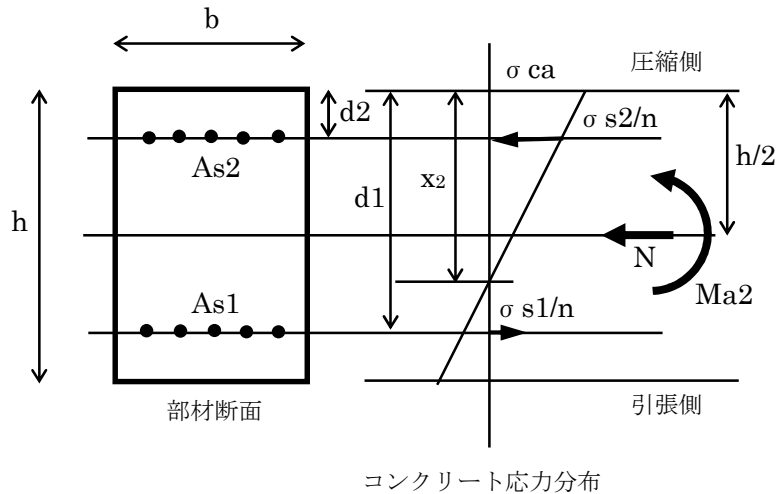
$x_b$ ：釣合時の中立軸位置

$d_1$ ：有効高

$\sigma_{ca}$ ：コンクリート許容応力度

$\sigma_{sa}$ ：鉄筋許容応力度

$n$ ：ヤング係数比(=15)



【記号】

$b$ ：断面幅

$h$ ：断面高さ

$d_1$ ：有効高（圧縮縁からの引張鉄筋までの距離）

$As_1$ ：引張鉄筋量

$d_2$ ：圧縮鉄筋被り（圧縮縁から圧縮鉄筋までの距離）

$As_2$ ：圧縮鉄筋量

$\sigma_{ca}$ ：コンクリート許容応力度（圧縮縁で許容応力度に達するときを仮定）

$\sigma_{s1}$ ：引張鉄筋応力（引張正）

$\sigma_{s2}$ ：圧縮鉄筋応力（圧縮正）

$x_2$ ：中立軸位置（圧縮縁からの距離、下方側を正）

$N$ ：軸力（圧縮正）

$Ma_2$ ：許容曲げモーメント（下面側引張を正）

図 2-2 断面仮定（中立軸断面内で圧縮縁が許容応力度に達するとき）

図 2-2 を参照し、引張鉄筋および圧縮鉄筋の応力  $\sigma_{s1}$  および  $\sigma_{s2}$  は、次式で表すことができる。

$$\sigma_{s1} = \frac{d_1 - x_2}{x_2} n \sigma_{ca} \quad (9)$$

$$\sigma_{s2} = \frac{x_2 - d_2}{x_2} n \sigma_{ca} \quad (10)$$

軸力と断面内直応力との釣り合いにより、次式が成立する。

$$N = \frac{1}{2} \sigma_{ca} x_2 b + \sigma_{s2} A_{s2} - \sigma_{s1} A_{s1} \quad (11)$$

式(11)に、式(9)および(10)を代入すれば、中立軸位置  $x_2$  に関する 2 次方程式が得られる。 $x_2$  について解き、無次元パラメータにより整理すると、次式を得る。

$$k_2 = \bar{N}_c - n(p_1 + p_2) + \sqrt{\{\bar{N}_c - n(p_1 + p_2)\}^2 + 2n(p_1 + p_2)\gamma} \quad (12)$$

ここに、 $k_2$  : 中立軸比(= $x_2/d_1$ )

$n$  : ヤング係数比(=15)

$p_1$  : 引張鉄筋比(= $A_{s1}/(b \cdot d_1)$ )

$p_2$  : 圧縮鉄筋比(= $A_{s2}/(b \cdot d_1)$ )

$\gamma$  : 有効高に対する圧縮鉄筋被りの比(= $d_2/d_1$ )

$\bar{N}_c$  :  $\sigma_{ca}$  により無次元化した軸力(= $N/(b \cdot d_1 \cdot \sigma_{ca})$ )

$\sigma_{ca}$  : コンクリート許容応力度

式(12)において、各無次元パラメータは断面高さ  $h$  ではなく、有効高  $d_1$  によって定義されていることに注意する必要がある（「エクセル表計算による複鉄筋矩形断面の許容曲げモーメント算出」における表記と異なる）。

中立軸周りのモーメントの釣り合いにより、次式が成立する。

$$M_{a2} + N \left( x_2 - \frac{h}{2} \right) = \frac{1}{2} \sigma_{ca} x_2 b \frac{2}{3} x_2 + \sigma_{s2} A_{s2} (x_2 - d_2) + \sigma_{s1} A_{s1} (d_1 - x_2) \quad (13)$$

式(13)に式(9)および(10)を代入し、 $M_{a2}$  について解き、無次元パラメータにより整理すれば、次式を得る。

$$\frac{M_{a2}}{b d_1^2} = \frac{\sigma_{ca}}{k_2} \left\{ \frac{1}{3} k_2^3 + n p_1 (1 - k_2)^2 + n p_2 (k_2 - \gamma)^2 \right\} + \frac{N}{b d_1} \left( \frac{1}{2} \eta - k_2 \right) \quad (14)$$

ここに、 $M_{a2}/(b \cdot d_1^2)$  : 応力度単位で表示した許容曲げモーメント

$N/(b \cdot d_1)$  : 応力度単位で表示した軸力（軸応力）

$\eta$  : 有効高に対する断面高さの比(= $h/d_1$ )

### 2.3 中立軸断面内かつ引張鉄筋許容時 ( $0 < k_3 < k_b$ )

断面仮定を、図 2-3 に示す。

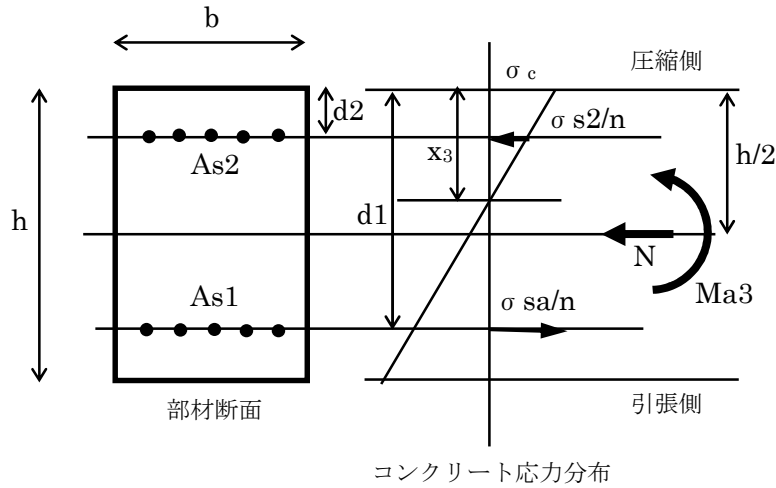
本ケースは、図 2-3 に示すように、中立軸位置  $x_3$  が断面内 ( $0 < x_3 < x_b$ ) にあり、引張鉄筋応力が  $\sigma_{sa}$  となる。中立軸比  $k_3 = x_3/d_1$  で定義すれば、 $0 < k_3 < k_b$  となるケースである。

ここに、 $x_b$  は圧縮縁と引張鉄筋が同時に許容応力度に達するとき（釣合時）の中立軸位置であり、 $k_b$  はそのときの中立軸比である。 $k_b$  は、先述の式(8)で表すことができる。

図 2-3 を参照し、圧縮縁および圧縮鉄筋の応力  $\sigma_c$  および  $\sigma_{s2}$  は、次式で表すことができる。

$$\sigma_c = \frac{x_3}{d_1 - x_3} \frac{\sigma_{sa}}{n} \quad (15)$$

$$\sigma_{s2} = \frac{x_3 - d_2}{d_1 - x_3} \sigma_{sa} \quad (16)$$



【記号】

b : 断面幅

h : 断面高さ

d1 : 有効高 (圧縮縁からの引張鉄筋までの距離)

As1 : 引張鉄筋量

d2 : 圧縮鉄筋被り (圧縮縁から圧縮鉄筋までの距離)

As2 : 圧縮鉄筋量

$\sigma_{sa}$  : 鉄筋許容応力度 (引張鉄筋が許容応力度に達するときを仮定)

$\sigma_c$  : 圧縮縁のコンクリート応力 (圧縮正)

$\sigma_{s2}$  : 圧縮鉄筋応力 (圧縮正)

$x_3$  : 中立軸位置 (圧縮縁からの距離、下方側を正)

N : 軸力 (圧縮正)

Ma3 : 許容曲げモーメント (下面側引張を正)

図 2-3 断面仮定 (中立軸断面内で引張鉄筋が許容応力度に達するとき)

軸力と断面内直応力との釣り合いにより、次式が成立する。

$$N = \frac{1}{2} \sigma_c x_3 b + \sigma_{s2} A_{s2} - \sigma_{sa} A_{s1} \quad (17)$$

式(17)に、式(15)および(16)を代入すれば、中立軸位置  $x_3$  に関する 2 次方程式が得られる。 $x_3$  について解き、無次元パラメータにより整理すると、次式を得る。

$$k_3 = -n(p_1 + p_2 + \bar{N}_s) + \sqrt{n^2(p_1 + p_2 + \bar{N}_s)^2 + 2n(p_1 + p_2\gamma + \bar{N}_s)} \quad (18)$$

ここに、 $k_3$  : 中立軸比(= $x_3/d_1$ )

n : ヤング係数比(=15)

p1 : 引張鉄筋比(= $A_{s1}/(b \cdot d_1)$ )

p2 : 圧縮鉄筋比(=As2/(b・d1))

γ : 有効高に対する圧縮鉄筋被りの比(=d2/d1)

$\bar{N}_s$  :  $\sigma_{sa}$  により無次元化した軸力(=N/(b・d1・ $\sigma_{sa}$ ))

$\sigma_{sa}$  : 鉄筋許容応力度

式(18)において、各無次元パラメータは断面高さ h ではなく、有効高 d1 によって定義されていることに注意する必要がある（「エクセル表計算による複鉄筋矩形断面の許容曲げモーメント算出」における表記と異なる）。

中立軸周りのモーメントの釣り合いにより、次式が成立する。

$$M_{a3} - N \left( \frac{h}{2} - x_2 \right) = \frac{1}{2} \sigma_c x_3 b \frac{2}{3} x_3 + \sigma_{s2} A_{s2} (x_3 - d_2) + \sigma_{sa} A_{s1} (d_1 - x_3) \quad (19)$$

式(19)に式(15)および(16)を代入し、 $M_{a3}$  について解き、無次元パラメータにより整理すれば、次式を得る。

$$\frac{M_{a3}}{b d_1^2} = \frac{\sigma_{sa}}{n(1-k_3)} \left\{ \frac{1}{3} k_3^3 + n p_1 (1 - k_3)^2 + n p_2 (k_3 - \gamma)^2 \right\} + \frac{N}{b d_1} \left( \frac{1}{2} \eta - k_3 \right) \quad (20)$$

ここに、 $M_{a3}/(b \cdot d_1^2)$  : 応力度単位で表示した許容曲げモーメント

$N/(b \cdot d_1)$  : 応力度単位で表示した軸力（軸応力）

$\eta$  : 有効高に対する断面高さの比(=h/d1)

## 2.4 全断面引張かつ引張鉄筋許容時 (k4<0)

断面仮定を、図 2-4 に示す。

本ケースは、図 2-4 に示すように、中立軸位置  $x_4$  が上方の断面外 ( $x_4 < 0$ ) にあり、引張鉄筋応力が  $\sigma_{sa}$  となる。中立軸比  $k_4 = x_4/d_1$  で定義すれば、 $k_4 < 0$  となるケースである。

図 2-4 を参照し、圧縮鉄筋の  $\sigma_{s2}$  (引張正) は、次式で表すことができる。

$$\sigma_{s2} = \frac{d_2 - x_4}{d_1 - x_4} \sigma_{sa} \quad (21)$$

軸力と断面内直応力との釣り合いにより、次式が成立する。

$$-N = \sigma_{s2} A_{s2} + \sigma_{sa} A_{s1} \quad (22)$$

式(22)に、式(21)を代入すれば、中立軸位置  $x_4$  に関する 1 次方程式が得られる。 $x_4$  について解き、無次元パラメータにより整理すると、次式を得る。

$$k_4 = \frac{p_1 + p_2 \gamma + \bar{N}_s}{p_1 + p_2 + \bar{N}_s} \quad (23)$$

ここに、 $k_4$  : 中立軸比(= $x_4/d_1$ )

p1 : 引張鉄筋比(=As1/(b・d1))

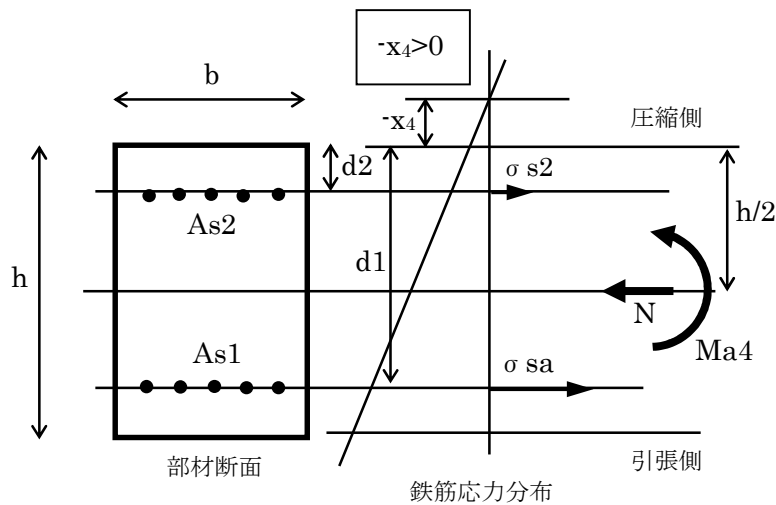
p2 : 圧縮鉄筋比(=As2/(b・d1))

γ : 有効高に対する圧縮鉄筋被りの比(=d2/d1)

$\bar{N}_s$  :  $\sigma_{sa}$  により無次元化した軸力(=N/(b・d1・ $\sigma_{sa}$ ))

$\sigma_{sa}$  : 鉄筋許容応力度

式(23)において、各無次元パラメータは断面高さ  $h$  ではなく、有効高  $d_1$  によって定義されていることに注意する必要がある（「エクセル表計算による複鉄筋矩形断面の許容曲げモーメント算出」における表記と異なる）。



【記号】

$b$  : 断面幅

$h$  : 断面高さ

$d_1$  : 有効高（圧縮縁からの引張鉄筋までの距離）

$A_{s1}$  : 引張鉄筋量

$d_2$  : 圧縮鉄筋被り（圧縮縁から圧縮鉄筋までの距離）

$A_{s2}$  : 圧縮鉄筋量

$\sigma_{sa}$  : 鉄筋許容応力度（引張鉄筋が許容応力度に達するときを仮定）

$\sigma_{s2}$  : 圧縮鉄筋応力（引張正）

$x_4$  : 中立軸位置（圧縮縁からの距離、下方側を正）

$N$  : 軸力（圧縮正）

$Ma_4$  : 許容曲げモーメント（下面側引張を正）

図 2-4 断面仮定（全断面引張かつ引張鉄筋が許容応力度に達するとき）

圧縮鉄筋周りのモーメントの釣り合いにより、次式が成立する。

$$M_{a4} - N \left( \frac{h}{2} - d_2 \right) = \sigma_{sa} A_{s1} (d_1 - d_2) \quad (24)$$

式(24)を  $Ma_4$  について解き、無次元パラメータにより整理すれば、次式を得る。

$$\frac{M_{a4}}{b d_1^2} = \frac{\sigma_{sa}}{2} \{ \bar{N}_s (\eta - 2\gamma) + 2p_1 (1 - \gamma) \} \quad (25)$$

ここに、 $Ma_4/(b \cdot d_1^2)$  : 応力度単位で表示した許容曲げモーメント

$b$  : 断面幅

$d_1$  : 有効高

$\sigma_{sa}$  : 鉄筋許容応力度

$\bar{N}_s$  :  $\sigma_{sa}$  で無次元化した軸力(= $N/(b \cdot d_1 \cdot \sigma_{sa})$ )

$\eta$  : 有効高に対する断面高さの比(= $h/d_1$ )

$\gamma$  : 有効高に対する圧縮鉄筋被りの比(= $d_2/d_1$ )

$p_1$  : 引張鉄筋比(= $A_{s1}/(b \cdot d_1)$ )

## 2.5 まとめ

中立軸比と許容曲げモーメントの結果をまとめると、以下の通りである。以下には、圧縮鉄筋応力  $\sigma_{s2}$  (圧縮正) の許容応力度に対する比も併記した。

(1) 全断面引張かつ圧縮縁許容時 ( $k_1 > h/d_1$ )

$$k_1 = \frac{2n(p_1 + p_2\gamma) + \eta^2}{2\{n(p_1 + p_2) - \bar{N}_c + \eta\}} \quad (26)$$

$$\frac{M_{a1}}{bd_1^2} = \frac{\sigma_{ca}}{k_1} \left\{ \eta \left( k_1^2 - \eta k_1 + \frac{1}{3} \eta^2 \right) + np_1(1 - k_1)^2 + np_2(k_1 - \gamma)^2 \right\} + \frac{N}{bd_1} \left( \frac{1}{2} \eta - k_1 \right) \quad (27)$$

$$\frac{\sigma_{s2}}{\sigma_{sa}} = \frac{k_1 - \gamma}{k_1} \frac{n\sigma_{ca}}{\sigma_{sa}} \quad (28)$$

(2) 中立軸断面内かつ圧縮縁許容時 ( $kb < k_2 < h/d_1$ )

$$k_b = \frac{1}{\frac{\sigma_{sa}}{n\sigma_{ca}} + 1}$$

$$k_2 = \bar{N}_c - n(p_1 + p_2) + \sqrt{\{\bar{N}_c - n(p_1 + p_2)\}^2 + 2n(p_1 + p_2\gamma)}$$

$$\frac{M_{a2}}{bd_1^2} = \frac{\sigma_{ca}}{k_2} \left\{ \frac{1}{3} k_2^3 + np_1(1 - k_2)^2 + np_2(k_2 - \gamma)^2 \right\} + \frac{N}{bd_1} \left( \frac{1}{2} \eta - k_2 \right)$$

$$\frac{\sigma_{s2}}{\sigma_{sa}} = \frac{k_2 - \gamma}{k_2} \frac{n\sigma_{ca}}{\sigma_{sa}}$$

(3) 中立軸断面内かつ引張鉄筋許容時 ( $0 < k_3 < kb$ )

$$k_b = \frac{1}{\frac{\sigma_{sa}}{n\sigma_{ca}} + 1}$$

$$k_3 = -n(p_1 + p_2 + \bar{N}_s) + \sqrt{n^2(p_1 + p_2 + \bar{N}_s)^2 + 2n(p_1 + p_2\gamma + \bar{N}_s)}$$

$$\frac{M_{a3}}{bd_1^2} = \frac{\sigma_{sa}}{n(1 - k_3)} \left\{ \frac{1}{3} k_3^3 + np_1(1 - k_3)^2 + np_2(k_3 - \gamma)^2 \right\} + \frac{N}{bd_1} \left( \frac{1}{2} \eta - k_3 \right)$$

$$\frac{\sigma_{s2}}{\sigma_{sa}} = \frac{k_3 - \gamma}{1 - k_3}$$

(4) 全断面引張かつ引張鉄筋許容時 ( $k_4 < 0$ )

$$k_4 = \frac{p_1 + p_2\gamma + \bar{N}_s}{p_1 + p_2 + \bar{N}_s}$$

$$\frac{M_{a4}}{bd_1^2} = \frac{\sigma_{sa}}{2} \{ \bar{N}_s(\eta - 2\gamma) + 2p_1(1 - \gamma) \}$$

$$\frac{\sigma_{s2}}{\sigma_{sa}} = \frac{k_4 - \gamma}{1 - k_4}$$

ここに、上記解析式の記号の意味は以下の通りである。

$k_1 \sim k_4$  : 中立軸比 (有効高  $d_1$  に対する中立軸位置  $x_1 \sim x_4$  の比)

$x_1 \sim x_4$  : 中立軸位置 (圧縮縁から中立軸までの距離、下方側を正) [m]

$Ma_1 \sim Ma_4$  : 許容曲げモーメント (下面側引張を正) [kNm]

$kb$  : 圧縮縁と引張鉄筋が同時に許容に達するとき (釣合時) の中立軸比(= $xb/d_1$ )

$xb$  : 釣合時の中立軸位置 [m]

$n$  : ヤング係数比(=15)

$p_1$  : 引張鉄筋比(= $As_1/(b \cdot d_1)$ )

$As_1$  : 引張鉄筋量 [m<sup>2</sup>]

$b$  : 断面幅 [m]

$d_1$  : 有効高 (圧縮縁から引張鉄筋までの距離) [m]

$p_2$  : 圧縮鉄筋比(= $As_2/(b \cdot d_1)$ )

$As_2$  : 圧縮鉄筋量 [m<sup>2</sup>]

$\gamma$  : 有効高に対する圧縮鉄筋被りの比(= $d_2/d_1$ )

$d_2$  : 圧縮鉄筋被り (圧縮縁から圧縮鉄筋までの距離) [m]

$\eta$  : 有効高に対する断面高さの比(= $h/d_1$ )

$h$  : 断面高さ [m]

$\bar{N}_c$  :  $\sigma_{ca}$  により無次元化した軸力(= $N/(b \cdot d_1 \cdot \sigma_{ca})$ )

$N$  : 軸力 (圧縮正) [kN]

$\sigma_{ca}$  : コンクリート許容応力度 [kN/m<sup>2</sup>]

$\bar{N}_s$  :  $\sigma_{sa}$  で無次元化した軸力(= $N/(b \cdot d_1 \cdot \sigma_{sa})$ )

$\sigma_{sa}$  : 鉄筋許容応力度 [kN/m<sup>2</sup>]

### 3. エクセルの入・出力データ

#### 3.1 入力データ

ワークシート「入力データ」に、以下の断面諸元等を入力する。

(1)番号

データ数分の番号を 1 から順に入力する。

(2)部材高  $h(\text{cm})$

部材高を  $\text{cm}$  単位で入力する。

(3)部材幅  $b(\text{cm})$

部材幅を  $\text{cm}$  単位で入力する。

(4)コン許容  $\sigma_{ca}(\text{N/mm}^2)$

コンクリート許容応力度を  $\text{N/mm}^2$  単位で入力する。

(5)鉄筋許容  $\sigma_{sa}(\text{N/mm}^2)$

鉄筋許容応力度を  $\text{N/mm}^2$  単位で入力する。

(6)引張鉄筋量  $A_{s1}(\text{cm}^2)$

引張鉄筋量を  $\text{cm}^2$  単位で入力する。

(7)有効高  $d1(\text{cm})$

有効高（圧縮縁から引張鉄筋までの距離）を  $\text{cm}$  単位で入力する。

(8)圧縮鉄筋量  $A_{s2}(\text{cm}^2)$

圧縮鉄筋量を  $\text{cm}^2$  単位で入力する。

(9)圧縮鉄筋被り  $d2(\text{cm})$

圧縮鉄筋被り（圧縮縁から圧縮鉄筋までの距離）を  $\text{cm}$  単位で入力する。

(10)軸力  $N(\text{kN})$

軸力値を  $\text{kN}$  単位で入力する。

#### 3.2 出力データ

出力データは、ワークシート「入力データ」と「 $k$  と  $Ma$  の計算」の両方に出力される。

「入力データ」に出力されるデータは、以下の通りである。

(1)モード

「圧縮」、「コン許容」、「鉄筋許容」および「引張」のいずれかが出力される。それぞれ全断面圧縮、中立軸断面内で圧縮縁が許容、中立軸断面内で引張鉄筋が許容、および全断面引張のモードを意味している。

(2)中立軸比  $k$

有効高に対する中立軸位置（圧縮縁から中立軸位置までの距離、下方を正）の比を出力する。

(3)中立軸位置  $x(\text{cm})$

中立軸位置を  $\text{cm}$  単位で出力する。正値は圧縮縁から下方を、負値は圧縮縁から上方を表す。

(4)許容曲げモーメント  $Ma(\text{kNm})$

許容曲げモーメントを kNm 単位で出力する。

(5)  $M_a/(b \cdot d_1^2)$  (N/mm<sup>2</sup>)

応力度単位の許容曲げモーメントを、N/mm<sup>2</sup> 単位で出力する。次の軸応力と組み合わせる M-N 関係  
を出力することにより、部材幅 b と有効高 d1 に依存しない表示が可能となる。

(6)  $N/(b \cdot d_1)$  (N/mm<sup>2</sup>)

軸応力を N/mm<sup>2</sup> 単位で出力する。

(7) 圧縮鉄筋  $\sigma_{s2}/\sigma_{sa}$

圧縮鉄筋応力の照査値（許容応力度に対する比）を出力する。圧縮正としている。本エクセルでは、  
圧縮鉄筋が許容に達するときのモードを考慮していないので、本データにより圧縮鉄筋が許容応力度に  
達していないことを確認する。照査値が 1.0 を超える場合には別途検討が必要である。

(8)  $N_{max}$  (kN)

最大軸力を出力する。純圧縮状態においてコンクリートが許容応力度に達するときの軸力とし、次式  
により求めた。

$$N_{max} = bh \sigma_{ca} + n(p_1 + p_2)b \cdot d_1 \cdot \sigma_{ca}$$

ここに、b：断面幅、h：断面高さ、 $\sigma_{ca}$ ：コンクリート許容応力度、n：ヤング係数比、 $p_1$ ：引張鉄筋  
比、 $p_2$ ：圧縮鉄筋比 である。

(9)  $N_{min}$  (kN)

最小軸力を出力する。純引張状態において鉄筋が許容応力度に達するときの軸力とし、次式により求  
めた。

$$N_{min} = -(p_1 + p_2)b \cdot d_1 \cdot \sigma_{sa}$$

ここに、 $\sigma_{sa}$ ：鉄筋許容応力度

(10)  $M_a/(b \cdot h^2)$  (N/mm<sup>2</sup>)

応力単位の許容曲げモーメントを、N/mm<sup>2</sup> 単位で出力する。(5)の出力は有効高で定義されたのに対  
し、本出力は断面高さで定義される。

(11)  $N/(b \cdot h)$  (N/mm<sup>2</sup>)

軸応力を N/mm<sup>2</sup> 単位で出力する。(5)の出力は有効高で定義されたのに対し、本出力は断面高さで定  
義される。

表 3-1 に、ワークシート「入力データ」の例を示す。

表 3-1 ワークシート「入力データ」の例（一部）

番号	部材高 h(cm)	部材幅 b(cm)	コン許容 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	鉄筋許容 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	引張 鉄筋量 $A_{s1}$ (cm <sup>2</sup> )	有効高 d1(cm)	圧縮 鉄筋量 $A_{s2}$ (cm <sup>2</sup> )	圧縮鉄筋 率 $\rho_2$ (%)	軸力 N(kN)	d1定義		d1定義		h定義		h定義				
										モード	中立軸比 k (-x/d1)	中立軸 位置 x(cm)	許容曲げ モーメント Ma (kNm)	Ma/ (bd1 <sup>2</sup> ) (N/mm <sup>2</sup> )	N/ (bd1) (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮鉄筋 ( $\sigma_{s2}/$ $\sigma_{sa}$ ) (圧縮正)	Nmax (kN)	Nmin (kN)	Ma/(bh <sup>2</sup> ) (N/mm <sup>2</sup> )	N/(bh) (N/mm <sup>2</sup> )
1	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	-800	引張	-13.0773	-915.414	7.536	0.0154	-1.1429	-0.939	6950.08	-825.12	0.0118	-1.0000
2	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	-700	引張	-1.8263	-127.839	37.536	0.0766	-1.0000	-0.697	6950.08	-825.12	0.0586	-0.8750
3	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	-600	引張	-0.5708	-39.957	67.536	0.1378	-0.8571	-0.454	6950.08	-825.12	0.1055	-0.7500
4	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	-500	引張	-0.0877	-6.137	97.536	0.1991	-0.7143	-0.212	6950.08	-825.12	0.1524	-0.6250
5	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	-400	鉄筋許容	0.0893	6.253	130.449	0.2662	-0.5714	-0.059	6950.08	-825.12	0.2038	-0.5000
6	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	-300	鉄筋許容	0.1490	10.430	164.684	0.3361	-0.4286	0.007	6950.08	-825.12	0.2573	-0.3750
7	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	-200	鉄筋許容	0.1905	13.335	197.995	0.4041	-0.2857	0.059	6950.08	-825.12	0.3094	-0.2500
8	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	-100	鉄筋許容	0.2204	15.635	230.455	0.4703	-0.1429	0.104	6950.08	-825.12	0.3601	-0.1250
9	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	0	鉄筋許容	0.2509	17.965	262.170	0.5350	0.0000	0.144	6950.08	-825.12	0.4096	0.0000
10	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	100	鉄筋許容	0.2748	19.238	293.229	0.5984	0.1429	0.182	6950.08	-825.12	0.4582	0.1250
11	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	200	鉄筋許容	0.2960	20.721	323.705	0.6606	0.2857	0.218	6950.08	-825.12	0.5058	0.2500
12	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	300	鉄筋許容	0.3151	22.056	353.657	0.7217	0.4286	0.251	6950.08	-825.12	0.5526	0.3750
13	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	400	鉄筋許容	0.3325	23.272	383.132	0.7819	0.5714	0.284	6950.08	-825.12	0.5986	0.5000
14	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	500	鉄筋許容	0.3484	24.388	412.172	0.8412	0.7143	0.315	6950.08	-825.12	0.6440	0.6250
15	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	600	鉄筋許容	0.3632	25.422	440.811	0.8996	0.8571	0.346	6950.08	-825.12	0.6888	0.7500
16	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	700	鉄筋許容	0.3769	26.384	469.079	0.9573	1.0000	0.376	6950.08	-825.12	0.7329	0.8750
17	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	800	鉄筋許容	0.3898	27.284	497.002	1.0143	1.1429	0.405	6950.08	-825.12	0.7766	1.0000
18	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	900	コン許容	0.4033	28.232	520.798	1.0629	1.2857	0.431	6950.08	-825.12	0.8137	1.1250
19	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	1000	コン許容	0.4249	29.743	524.384	1.0702	1.4286	0.443	6950.08	-825.12	0.8194	1.2500
20	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	1100	コン許容	0.4473	31.314	528.382	1.0763	1.5714	0.454	6950.08	-825.12	0.8256	1.3750
21	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	1200	コン許容	0.4706	32.945	532.676	1.0871	1.7143	0.464	6950.08	-825.12	0.8323	1.5000
22	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	1300	コン許容	0.4947	34.632	537.147	1.0962	1.8571	0.474	6950.08	-825.12	0.8393	1.6250
23	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	1400	コン許容	0.5198	36.372	541.675	1.1055	2.0000	0.483	6950.08	-825.12	0.8464	1.7500
24	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	1500	コン許容	0.5452	38.162	546.143	1.1146	2.1429	0.492	6950.08	-825.12	0.8533	1.8750
25	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	1600	コン許容	0.5714	40.000	550.435	1.1233	2.2857	0.500	6950.08	-825.12	0.8601	2.0000
26	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	1700	コン許容	0.5983	41.882	554.438	1.1315	2.4286	0.507	6950.08	-825.12	0.8666	2.1250
27	80	100	8	180	22.92	70	22.92	10	1800	コン許容	0.6258	43.805	558.047	1.1389	2.5714	0.514	6950.08	-825.12	0.8719	2.2500

ワークシート「**k** と **Ma** の計算」は、2.で提示した中立軸比と許容曲げモーメントの解析式に従い、それらの計算結果を出力するものである。

ワークシート「**k** と **Ma** の計算」の出力項目は、以下の通りである。

- (1)番号
- (2)部材高  $h(m)$
- (3)部材幅  $b(m)$
- (4)  $\sigma_{ca}(kN/m^2)$  : コンクリート許容応力度
- (5)  $\sigma_{sa}(kN/m^2)$  : 鉄筋許容応力度
- (6)有効高  $d1(m)$
- (7)引張鉄筋比  $p1$ (小数)
- (8)圧縮鉄筋被り  $d2(m)$
- (9)圧縮鉄筋比  $p2$ (小数)
- (10)  $\gamma (=d2/d1)$
- (11)  $\eta (=h/d1)$
- (12) $N(kN)$  : 軸力
- (13) $N/(b \cdot d1 \cdot \sigma_{ca})$  :  $\sigma_{ca}$  による無次元化軸力
- (14) $N/(b \cdot d1 \cdot \sigma_{sa})$  :  $\sigma_{sa}$  による無次元化軸力
- (15) $n$  : ヤング係数比
- (16) $k_b$  : 釣合時の中立軸比
- (17) $x_b(m)$  : 釣合時の中立軸位置
- (18) $k_1$  : 「圧縮」モードでの中立軸比
- (19) $Ma1/(b \cdot d1^2)$  ( $kN/m^2$ ) : 「圧縮」モードでの許容曲げモーメント
- (20) $k_2$  : 「コン許容」モードでの中立軸比
- (21) $Ma2/(b \cdot d1^2)$  ( $kN/m^2$ ) : 「コン許容」モードでの許容曲げモーメント
- (22) $k_3$  : 「鉄筋許容」モードでの中立軸比
- (23) $Ma3/(b \cdot d1^2)$  ( $kN/m^2$ ) : 「鉄筋許容」モードでの許容曲げモーメント
- (24) $k_4$  : 「引張」モードでの中立軸比
- (25) $Ma4/(b \cdot d1^2)$  ( $kN/m^2$ ) : 「引張」モードでの許容曲げモーメント
- (26)モード
- (27) $k(=x/d1)$  : 中立軸比
- (28) $x(cm)$  : 中立軸位置
- (29) $Ma/(b \cdot d1^2)$  ( $kN/m^2$ ) : 応力単位  $kN/m^2$  での許容曲げモーメント
- (30) $Ma/(b \cdot d1^2)$  ( $N/mm^2$ ) : 応力単位  $N/mm^2$  での許容曲げモーメント
- (31) $Ma(kNm)$  : 許容曲げモーメント
- (32)  $\sigma_s/\sigma_{sa}$  : 圧縮鉄筋応力の照査値
- (33) $N_{max}(kN)$  : 最大軸力
- (34) $N_{min}(kN)$  : 最小軸力

表 3-2 に、ワークシート「k と Ma の計算」の例を示す。

表 3-2 ワークシート「k と Ma の計算」の例（その 1、一部）

番号	部材高 h(m)	部材幅 b(m)	σ <sub>ca</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	σ <sub>sa</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	有効高 d1(m)	d1定義		d1定義		d1定義		d1定義		15	d1定義	kb × d1
						引張 鉄筋比 p1(小数)	圧縮鉄筋 被り d2(m)	圧縮 鉄筋比 p2(小数)	γ (=d2/d1)	η (=h/d1)	N (kN)	N/ (bd1 σ <sub>ca</sub> )	N/ (bd1 σ <sub>sa</sub> )	n	kb	xb (m)
1	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	-800	-0.14286	-0.00635	15	0.4	0.28
2	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	-700	-0.125	-0.00556	15	0.4	0.28
3	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	-600	-0.10714	-0.00476	15	0.4	0.28
4	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	-500	-0.08929	-0.00397	15	0.4	0.28
5	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	-400	-0.07143	-0.00317	15	0.4	0.28
6	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	-300	-0.05357	-0.00238	15	0.4	0.28
7	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	-200	-0.03571	-0.00159	15	0.4	0.28
8	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	-100	-0.01786	-0.00079	15	0.4	0.28
9	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	0	0	0	15	0.4	0.28
10	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	100	0.017857	0.000794	15	0.4	0.28
11	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	200	0.035714	0.001587	15	0.4	0.28
12	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	300	0.053571	0.002381	15	0.4	0.28
13	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	400	0.071429	0.003175	15	0.4	0.28
14	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	500	0.089286	0.003968	15	0.4	0.28
15	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	600	0.107143	0.004762	15	0.4	0.28
16	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	700	0.125	0.005556	15	0.4	0.28
17	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	800	0.142857	0.006349	15	0.4	0.28
18	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	900	0.160714	0.007143	15	0.4	0.28
19	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	1000	0.178571	0.007937	15	0.4	0.28
20	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	1100	0.196429	0.00873	15	0.4	0.28
21	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	1200	0.214286	0.009524	15	0.4	0.28
22	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	1300	0.232143	0.010317	15	0.4	0.28
23	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	1400	0.25	0.011111	15	0.4	0.28
24	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	1500	0.267857	0.011905	15	0.4	0.28
25	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	1600	0.285714	0.012698	15	0.4	0.28
26	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	1700	0.303571	0.013492	15	0.4	0.28
27	0.8	1	8000	180000	0.7	0.003274	0.100000	0.003274	0.142857	1.142857	1800	0.321429	0.014286	15	0.4	0.28

表 3-2 ワークシート「k と Ma の計算」の例（その 2、一部）

k1	Ma1/ (bd1 <sup>2</sup> ) (kN/m <sup>2</sup> )	コン許容 k2	コン許容 Ma2/ (bd1 <sup>2</sup> ) (kN/m <sup>2</sup> )	鉄筋許容 k3	鉄筋許容 Ma3/ (bd1 <sup>2</sup> ) (kN/m <sup>2</sup> )	引張 k4	引張 Ma4/ (bd1 <sup>2</sup> ) (kN/m <sup>2</sup> )	モード	d1定義		d1定義		d1定義		σ <sub>s2</sub> / σ <sub>sa</sub> (圧縮正)	Nmax (kN)	Nmin (kN)
									k (=x/d1)	x (cm)	Ma/ (bd1 <sup>2</sup> ) (kN/m <sup>2</sup> )	Ma/ (bd1 <sup>2</sup> ) (N/mm <sup>2</sup> )	Ma (kNm)	σ <sub>s2</sub> / σ <sub>sa</sub> (圧縮正)			
0.512443	2223.617	0.17169	1193.809	—	—	-13.0773	15.37959	引張	-13.0773	-915.414	15.37959	0.01538	7.536	-0.93911	6950.08	-825.12	
0.519142	2194.925	0.179378	1171.751	—	—	-1.82627	76.60408	引張	-1.82627	-127.839	76.60408	0.076604	37.536	-0.69672	6950.08	-825.12	
0.526018	2166.234	0.187615	1151.22	—	—	-0.57082	137.8286	引張	-0.57082	-39.9574	137.8286	0.137829	67.536	-0.45433	6950.08	-825.12	
0.533078	2137.542	0.196443	1132.307	—	—	-0.08767	199.0531	引張	-0.08767	-6.13681	199.0531	0.199053	97.536	-0.21194	6950.08	-825.12	
0.540331	2108.85	0.205902	1115.098	0.089335	266.2234	0.168181	260.2776	鉄筋許容	0.089335	6.253446	266.2234	0.266223	130.4495	-0.05877	6950.08	-825.12	
0.547784	2080.159	0.216038	1099.676	0.149006	336.0899	0.326587	321.502	鉄筋許容	0.149006	10.4304	336.0899	0.33609	164.6841	0.007225	6950.08	-825.12	
0.555445	2051.467	0.226892	1086.114	0.190497	404.0717	0.434312	382.7265	鉄筋許容	0.190497	13.33477	404.0717	0.404072	197.9951	0.05885	6950.08	-825.12	
0.563323	2022.776	0.238509	1074.474	0.223359	470.3156	0.512325	443.951	鉄筋許容	0.223359	15.63514	470.3156	0.470316	230.4546	0.103654	6950.08	-825.12	
0.571429	1994.084	0.250928	1064.805	0.250928	535.0399	0.571429	505.1755	鉄筋許容	0.250928	17.56494	535.0399	0.53504	262.1695	0.144272	6950.08	-825.12	
0.57977	1965.393	0.264187	1057.136	0.274834	598.4268	0.617755	566.4	鉄筋許容	0.274834	19.2384	598.4268	0.598427	293.2291	0.181996	6950.08	-825.12	
0.58836	1936.701	0.278322	1051.474	0.296021	660.6232	0.655042	627.6245	鉄筋許容	0.296021	20.72148	660.6232	0.660623	323.7054	0.217569	6950.08	-825.12	
0.597207	1908.01	0.29336	1047.8	0.31509	721.7486	0.685702	688.849	鉄筋許容	0.31509	22.0563	721.7486	0.721749	353.6568	0.251468	6950.08	-825.12	
0.606325	1879.318	0.309324	1046.068	0.332452	781.902	0.711357	750.0735	鉄筋許容	0.332452	23.27166	781.902	0.781902	383.132	0.284017	6950.08	-825.12	
0.615725	1850.627	0.326231	1046.203	0.348404	841.1666	0.733139	811.298	鉄筋許容	0.348404	24.38831	841.1666	0.841167	412.1716	0.315452	6950.08	-825.12	
0.625421	1821.935	0.344087	1048.098	0.363167	899.6133	0.751865	872.5224	鉄筋許容	0.363167	25.42171	899.6133	0.899613	440.8105	0.345947	6950.08	-825.12	
0.635428	1793.244	0.362893	1051.618	0.376912	957.3035	0.768134	933.7469	鉄筋許容	0.376912	26.38381	957.3035	0.957304	469.0787	0.375636	6950.08	-825.12	
0.64576	1764.552	0.382642	1056.599	0.389772	1014.291	0.782402	994.9714	鉄筋許容	0.389772	27.28401	1014.291	1.014291	497.0024	0.404626	6950.08	-825.12	
0.656433	1735.861	0.403317	1062.853	0.401855	1070.622	0.795016	1056.196	コン許容	0.403317	28.23216	1062.853	1.062853	520.798	0.430529	6950.08	-825.12	
0.667466	1707.169	0.424895	1070.172	0.413252	1126.338	0.806247	1117.42	コン許容	0.424895	29.74265	1070.172	1.070172	524.3843	0.442522	6950.08	-825.12	
0.678875	1678.478	0.447348	1078.331	0.424034	1181.478	0.816311	1178.645	コン許容	0.447348	31.31437	1078.331	1.078331	528.382	0.453772	6950.08	-825.12	
0.690682	1649.786	0.470642	1087.093	0.434264	1236.074	0.825382	1239.869	コン許容	0.470642	32.94495	1087.093	1.087093	532.6757	0.464309	6950.08	-825.12	
0.702906	1621.094	0.494739	1096.218	0.443995	1290.157	0.833599	1301.094	コン許容	0.494739	34.63171	1096.218	1.096218	537.1467	0.474165	6950.08	-825.12	
0.715571	1592.403	0.519597	1105.46	0.453272	1343.754	0.841077	1362.318	コン許容	0.519597	36.3718	1105.46	1.10546	541.6753	0.483374	6950.08	-825.12	
0.7287	1563.711	0.545175	1114.578	0.462133	1396.891	0.847912	1423.543	コン許容	0.545175	38.16225	1114.578	1.114578	546.1432	0.491974	6950.08	-825.12	
0.742321	1535.02	0.571429	1123.336	0.470613	1449.59	0.854183	1484.767	コン許容	0.571429	40	1123.336	1.123336	550.4347	0.5	6950.08	-825.12	
0.75646	1506.328	0.598315	1131.507	0.478742	1501.872	0.859958	1545.992	コン許容	0.598315	41.88203	1131.507	1.131507	554.4382	0.507489	6950.08	-825.12	
0.771148	1477.637	0.625791	1138.872	0.486546	1553.758	0.865293	1607.216	コン許容	0.625791	43.80537	1138.872	1.138872	558.0475	0.514478	6950.08	-825.12	

## 4. 計算例

### 4.1 計算条件

計算例の断面諸元を、表 4-1 に示す。

配筋条件として、引張鉄筋量と圧縮鉄筋量が同一（ケース 1）、圧縮鉄筋量が引張鉄筋量の 1/2（ケース 2）および引張鉄筋量が圧縮鉄筋量の 1/2（ケース 3）の 3 ケースを考慮した。

軸力値を-800～6900kN まで 100kN 刻みで変動させ、それぞれの許容曲げモーメントを算出した。

表 4-1 断面諸元

諸元		値	備考
部材高 h(cm)		80	
部材幅 b(cm)		100	
有効高 d1(cm)		70	引張鉄筋被り 10cm
コンクリート許容応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )		8	$\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ を想定
鉄筋許容応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )		180	SD295 を想定
引張鉄筋量 $A_{s1}$ (cm <sup>2</sup> )	ケース 1	22.92	D19@125
	ケース 2	22.92	D19@125
	ケース 3	11.46	圧縮鉄筋量の 1/2
圧縮鉄筋量 $A_{s2}$ (cm <sup>2</sup> )	ケース 1	22.92	引張鉄筋量と同じ(対称)
	ケース 2	11.46	引張鉄筋量の 1/2
	ケース 3	22.92	D19@125
圧縮鉄筋被り d2(cm)		10	
軸力 N(kN)		-800～6900 (100 刻み)	

### 4.2 計算結果

図 4-1 に、ケース 1～3 までの計算結果を示す。

ケース 1 が対称配筋（圧縮・引張鉄筋ともに 22.92cm<sup>2</sup>）の結果であり、ケース 2 が圧縮鉄筋を 1/2 にした場合、ケース 3 が引張鉄筋を 1/2 にした場合である。

同図によれば、軸力が小さく引張鉄筋で許容時が決定する場合にはケース 1 とケース 2 がほぼ同等の結果、一方で軸力が大きく圧縮縁で許容時が決定する場合にはケース 1 とケース 3 がほぼ同等の結果になっていることがわかる。

図 4-2 に、別マクロ「多段配筋矩形 RC 断面に対する許容応力度照査時の M-N 関係図の作成(その 2)」による計算結果との比較を示す。

同図によれば、ケース 1～3 とともに、本エクセルと別マクロの結果は良い一致を示すことがわかる。

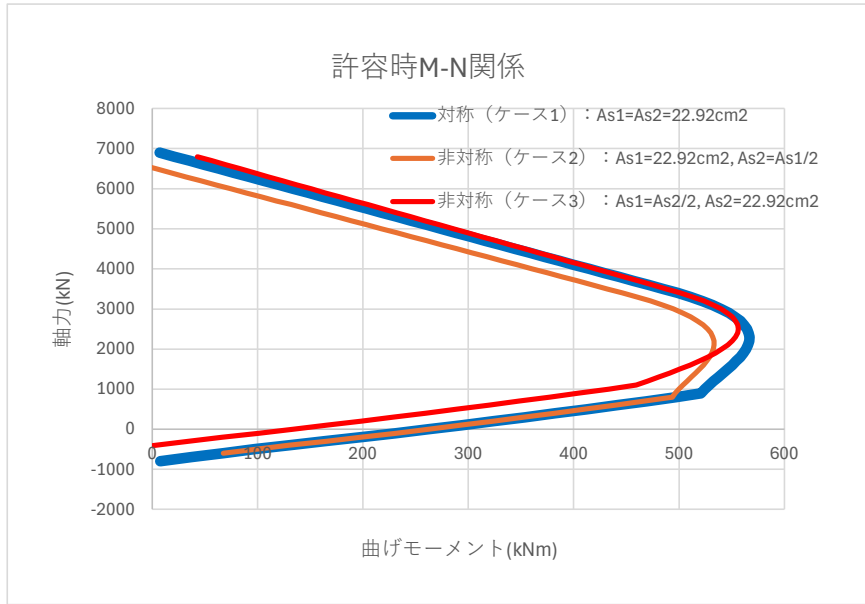
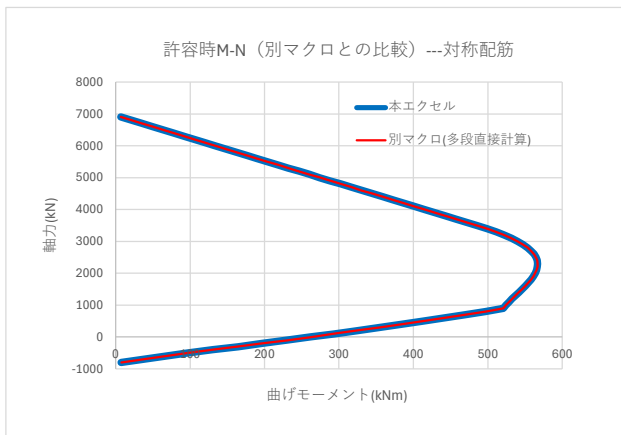
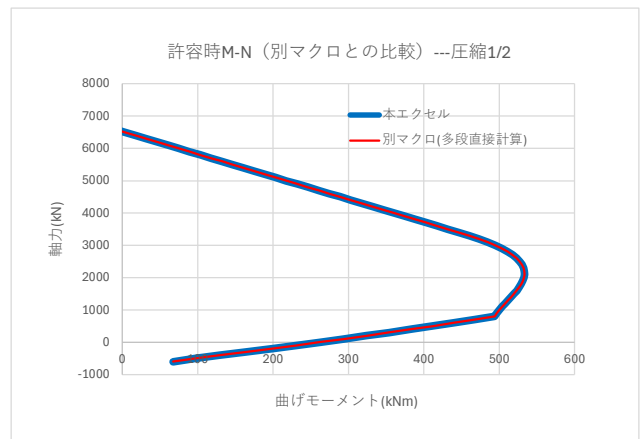


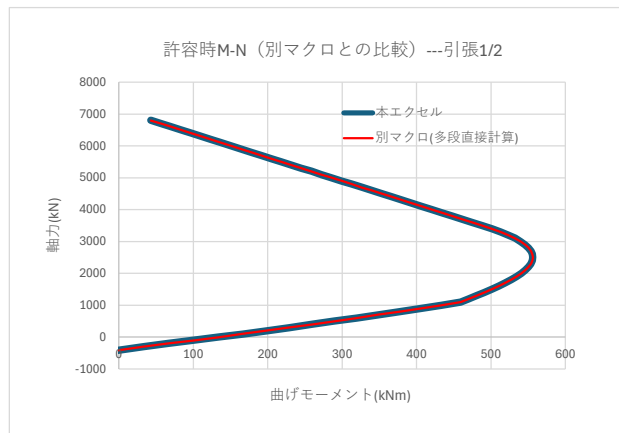
図 4-1 計算結果 (対称配筋と非対称配筋の比較)



(a) ケース 1 (対称配筋)



(b) ケース 2 (圧縮鉄筋量 1/2)



(c) ケース 3 (引張鉄筋量 1/2)

図 4-2 別マクロとの比較