

多段配筋矩形 RC 断面の照査用エクセルマクロに関して

日中構造研究所 松原勝己

0. はじめに

RC 構造物を梁要素でモデル化した際の地震時応答値に基づき、RC 断面に対する曲げおよびせん断照査を行うエクセルマクロを作成しました。使用する地震時応答値としては、汎用構造解析ソフト TDAPⅢの動的解析結果（時刻歴波形）を想定し、曲率やせん断力などの応答時刻歴の最大値を照査の対象としています。また、梁要素の RC 断面は、多段配筋の矩形断面を仮定しています。以下では、マクロで適用した照査方法やデータ入力方法の説明を行います。

エクセルファイルを掲載しているので、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ものとします。また、ソースコードも公開しています。

1. 照査方法の概要

本マクロにおける RC 断面照査の方法は、「公益社団法人 日本水道協会 水道施設耐震工法指針・解説 2022 年版」を参照した。照査方法の概要を、以下に示す。

(1)L1 照査

L1 地震動による応答値（曲率、曲げモーメント、軸力、せん断力）に基づき、曲げ（曲率）およびせん断照査を行う。曲げおよびせん断照査の評価方法は、以下によった。

曲げ（曲率）照査：梁要素の応答曲率が降伏曲率を上回らないとき、OK とする。

せん断照査：梁要素のせん断力がせん断耐力を上回らないとき、OK とする。ただし、せん断耐力の算出には、全ての安全係数を 1.0 とする。

(2)L2 照査

L2 地震動による応答値（曲率、曲げモーメント、軸力、せん断力）に基づき、曲げ（曲率）およびせん断照査を行う。曲げおよびせん断照査の評価方法は、以下によった。

曲げ（曲率）照査：梁要素の応答曲率が終局曲率を上回らないとき、OK とする。

せん断照査：梁要素のせん断力がせん断耐力を上回らないとき、OK とする。このとき、安全係数として、コンクリート材料係数 $\gamma_{mc}=1.3$ 、コンクリート部材係数 $\gamma_{bc}=1.3$ および鉄筋部材係数 $\gamma_{bs}=1.15$ を考慮する。

(3)許容応力度照査

本マクロでは、許容応力度法による断面照査も実施している。通例 L1 地震動に対する照査方法として採用されるものであるが、本マクロでは L1 照査は上記の通り、曲げに対しては降伏照査を、せん断に対してはせん断耐力による照査を採用している。許容応力度照査を付加したのは、水道施設耐震工法指針・解説において、L2 せん断照査により NG が発生した場合、部材が弾性範囲内という条件において、許容応力度照査の適用が許容されていることを参照したものである。許容応力度照査における曲げおよびせん断照査の評価方法は、以下によった。

曲げ照査：RC 断面のコンクリート圧縮応力度がコンクリート圧縮許容応力度を上回らないこと、

かつ鉄筋引張応力度が鉄筋許容応力度を上回らないとき、OKとする。

せん断照査：RC断面のせん断応力度が許容せん断応力度を上回らないとき、OKとする。また、せん断応力度が許容せん断応力度を上回っても、せん断補強筋量が必要せん断補強筋量よりも大きいとき、OKとする。

2. 限界値の算出方法

2.1 終局曲げモーメント（終局曲率）

終局曲げモーメントおよび終局曲率の算出の方法は、道路橋示方書・耐震設計編等に提示される分割法によることとする。

すなわち、断面高さ方向に部材断面を均等幅で分割し、それぞれの分割要素に発生するコンクリート応力と鉄筋に作用する応力をもとに、それらの寄与による力とモーメントの総計を計算し、断面に作用する曲げモーメントと軸力との釣り合いを考慮することで、終局時の中立軸位置および曲げモーメント（曲率）を算出する。

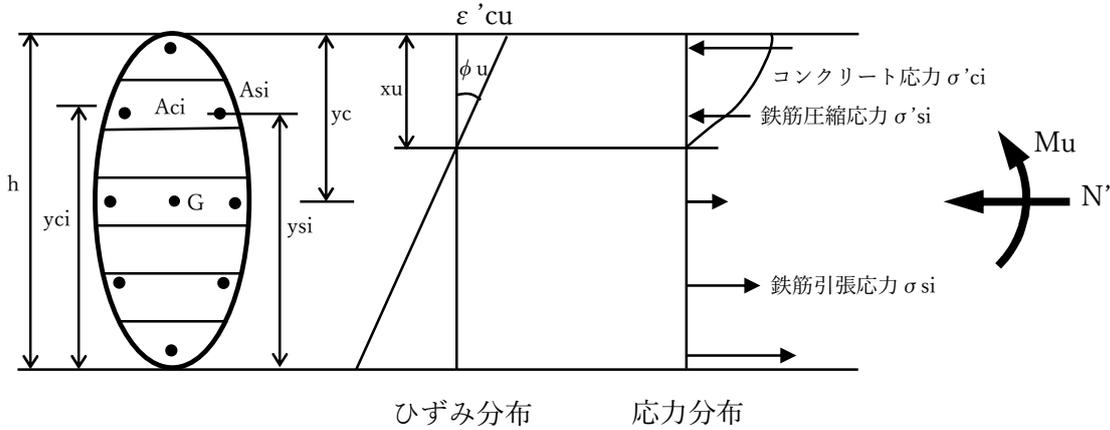
この際、断面高さ方向の平面保持を仮定し、直ひずみの分布は直線的であるとする。また、コンクリートの引張応力を無視し、軸力は断面中心に作用するものとする。

図 2.1-1 に、終局曲げモーメント算出時の断面仮定を示す。

終局曲げモーメント算出の概略手順は、以下の通りである。

- (1) 終局曲げモーメントおよび終局曲率算出時の軸力 N を設定する。
- (2) 中立軸位置 x (圧縮縁からの距離) を仮定する。中立軸位置の探索範囲は、 $0 < x < h$ (h : 断面高さ) を仮定する。したがって、最初に $x=0$ を仮定する。
- (3) 圧縮縁で終局ひずみ ϵ_{cu} ($=0.0035$) に達する条件と仮定した x から、曲率 fai を $fai = \epsilon_{cu} / x$ で算出する。
- (4) 曲率 fai により、コンクリートおよび鉄筋のひずみを算出する。
- (5) コンクリートのひずみと鉄筋のひずみから、それぞれの応力を求める。このとき、コンクリートおよび鉄筋の応力・ひずみ関係として、2.1-2 および 3 に記載したモデルを使用する。
- (6) 仮定した x に対する軸方向力（コンクリート応力、鉄筋応力および軸力）の総和 Sx を計算し、部材軸方向の力の釣合を考慮して、 Sx が 0 になるかどうかを確認する。 Sx が 0 でないとき、 x を変化させて手順(3)に戻り、 $Sx=0$ となる x を繰返し計算により求める。この x が終局時の中立軸位置 xu となる。
- (7) 終局時の中立軸位置 xu により、終局曲率 ϕu を $\phi u = \epsilon_{cu} / xu$ で算出する。

(8) 部材断面の直応力、軸力および曲げモーメントに関するモーメントの釣り合いを考慮し、終局時の中立軸位置 x_u および終局曲率 ϕ_u を用い、終局時の曲げモーメント M_u を算出する。



<記号の説明>

h : 全高 (部材高)

y_{ci} : i 番目のコンクリート分割断面中心位置の座標 (引張縁からの距離) (m)

y_{si} : i 番目の鉄筋位置の座標 (引張縁からの距離) (m)

A_{ci} : i 番目のコンクリート分割断面の面積 (m²)

A_{si} : i 番目の鉄筋の鉄筋断面積 (m²)

G : 断面図心位置

y_c : 図心位置の圧縮縁からの距離 ($y_c=h/2$ を仮定する)

x_u : 終局時の中立軸位置 (圧縮縁からの距離)

ϵ'_{cu} : 終局時の圧縮ひずみ (=0.0035)

f_y : 鉄筋降伏強度 (kN/m²)、 f'_c : コンクリート圧縮強度 (kN/m²)

E_c : コンクリートヤング係数 (kN/m²)、 E_s : 鉄筋ヤング係数 (kN/m²)

ϕ_u : 終局曲率 (1/m)、 σ'_{ci} : i 番目のコンクリート分割断面の圧縮応力

σ'_{si} : i 番目の鉄筋の圧縮応力、 σ_{si} : i 番目の鉄筋の引張応力

P'_{ci} : i 番目のコンクリート分割断面の圧縮力、 P_{ci} : i 番目のコンクリート分割断面の引張力

P'_{si} : i 番目の鉄筋の圧縮力、 P_{si} : i 番目の鉄筋の引張力

M'_{ci} : i 番目のコンクリート分割断面の圧縮力による中立軸回りのモーメント

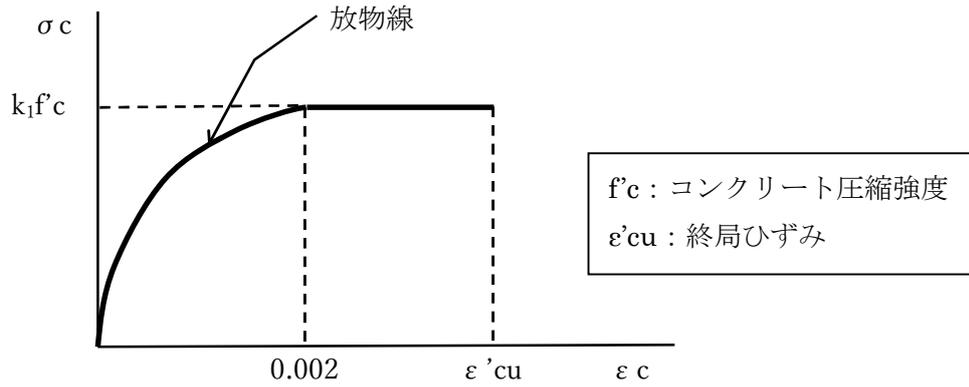
M_{ci} : i 番目のコンクリート分割断面の引張力による中立軸回りのモーメント

M'_{si} : i 番目の鉄筋の圧縮力による中立軸回りのモーメント

M_{si} : i 番目の鉄筋の引張力による中立軸回りのモーメント

M_u : 終局曲げモーメント、 N' : 軸力

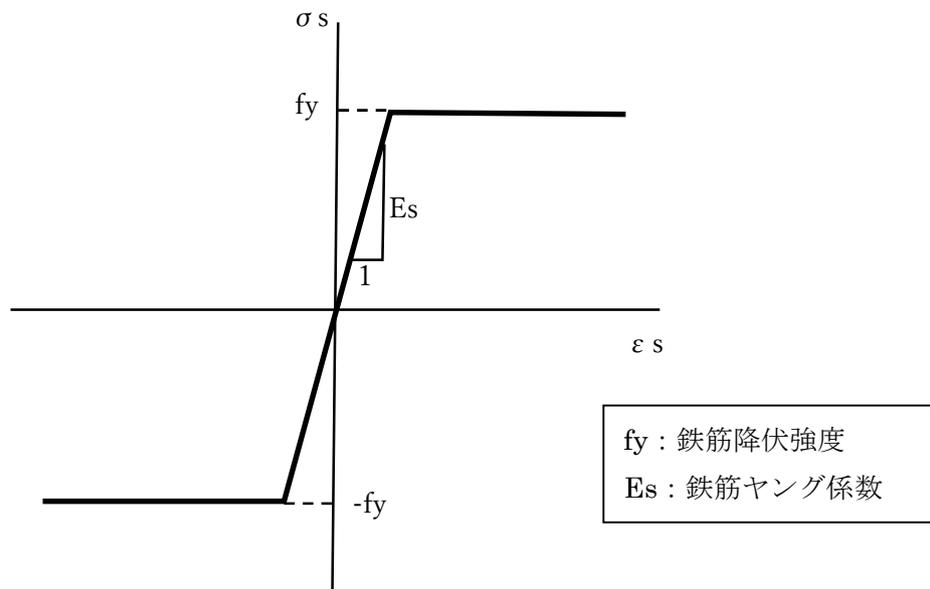
図 2.1-1 終局時の断面仮定



$$\sigma_c = \begin{cases} k_1 f'_c \frac{\epsilon_c}{0.002} \left(2 - \frac{\epsilon_c}{0.002} \right) & (\epsilon_c < 0.002 \text{ のとき}) \\ k_1 f'_c & (0.002 \leq \epsilon_c \leq \epsilon'_{cu} \text{ のとき}) \end{cases}$$

ここに、 σ_c : コンクリート圧縮応力(N/mm²)、 ϵ_c : コンクリート圧縮ひずみ
 f'_c : コンクリート圧縮強度(N/mm²)
 ϵ'_{cu} : 終局圧縮ひずみ (=0.0035)、 k_1 : コンクリート強度に係る係数 (=0.85)

図 2.1-2 コンクリートの応力・ひずみ関係



$$\sigma_s = \begin{cases} E_s \epsilon_s & (-f_y/E_s < \epsilon_s < f_y/E_s \text{ のとき}) \\ f_y & (\epsilon_s \leq f_y/E_s \text{ あるいは } \epsilon_s \geq f_y/E_s \text{ のとき}) \end{cases}$$

ここに、 ϵ_s : 鉄筋ひずみ、 E_s : 鉄筋ヤング係数(kN/m²)、 f_y : 鉄筋降伏強度(kN/m²)、 σ_s : 鉄筋応力(kN/m²)

図 2.1-3 鉄筋の応力・ひずみ関係

以下では、先述の概略手順に従い、終局曲げモーメントおよび終局曲率の定式を示す。

圧縮側コンクリート応力による圧縮力 P'_{ci} は、次式で表される。

$$P'_{ci} = f_1 \{ (x - h + y_{ci}) \phi \} \cdot A_{ci} \quad (\text{ただし、} y_{ci} > h - x) \quad 2.1(1)$$

上式 2.2(1)において、 $f_1\{\varepsilon\}$ は圧縮ひずみ ε に対応するコンクリート圧縮応力であり、次式で表される。

$$f_1(\varepsilon) = k_1 f'_c \frac{\varepsilon}{0.002} \left(2 - \frac{\varepsilon}{0.002} \right) \quad (\varepsilon < \varepsilon_Z) \quad 2.1(2a)$$

$$= k_1 f'_c \quad (\varepsilon_Z \leq \varepsilon \leq \varepsilon'_{cu}) \quad 2.1(2b)$$

ここに、 f'_c : コンクリート圧縮強度、 ε_Z は塑性化時のひずみ (=0.002)

$$k_1 = 0.85$$

$$\varepsilon'_{cu} = 0.0035$$

また、曲率 ϕ については、終局時を考慮し、中立軸位置 x を用いて次式の通り表すことができる。

$$\phi = \frac{\varepsilon'_{cu}}{x} \quad 2.1(3)$$

圧縮側鉄筋応力による圧縮力 P'_{si} および引張側鉄筋応力による引張力 P_{si} は、次式で表される。

$$P'_{si} = E_S \cdot (x - h + y_{si}) \phi \cdot A_{si} \quad (\text{ただし、} y_{si} > h - x) \quad 2.1(4)$$

$$P_{si} = E_S \cdot (h - y_{si} - x) \phi \cdot A_{si} \quad (\text{ただし、} y_{si} \leq h - x) \quad 2.1(5)$$

ここに、鉄筋降伏強度を超えたとき、すなわち $(x - h + y_{si}) \phi > f_y / E_S$ および $(h - y_{si} - x) \phi > f_y / E_S$ のとき、それぞれ $P'_{si} = f_y A_{si}$ 、 $P_{si} = f_y A_{si}$ とする。

以上より、直応力の合力と軸力の釣り合いから、次式が成立する。

$$\sum_i P'_{ci} + \sum_i P'_{si} - \sum_i P_{si} - N' = 0 \quad 2.1(6)$$

式 2.1(6)の左辺は、設定した軸力 N' に対し、中立軸位置 x と曲率 ϕ を定めると計算可能となる。ここに、曲率 ϕ は式 2.1(3)を用い、 x により求める。

したがって、中立軸位置 x を 0 から漸増的に変化させ、式 2.1(6)の左辺の符号が反転する x を求めることで、設定した軸力 N' に対する終局時の中立軸位置 x_u を算出することができる。

終局時の中立軸位置 x_u により、終局曲率 ϕ_u は、次式で算出できる。

$$\phi_u = \frac{\varepsilon'_{cu}}{x_u} \quad 2.1(7)$$

次に、曲げモーメントを求める。

圧縮側コンクリートによる中立軸周りのモーメント M'_{ci} は、次式で表される。

$$M'_{ci} = f_1 \{ (x - h + y_{ci}) \varphi \} \cdot A_{ci} \times (x - h + y_{ci}) \quad (\text{ただし、} y_{ci} > h - x) \quad 2.1(8)$$

ここに、 $f_1\{\varepsilon\}$ は圧縮ひずみ ε に対応するコンクリート圧縮応力であり、それぞれ式 2.1(2)で表される。

圧縮側鉄筋による中立軸周りのモーメント M'_{si} と引張側鉄筋による中立軸周りのモーメント M_{si} は、次式で表される。

$$M'_{si} = E_s \cdot (x - h + y_{si}) \varphi \cdot A_{si} \times (x - h + y_{si}) \quad (\text{ただし、} y_{si} > h - x) \quad 2.1(9)$$

$$M_{si} = E_s \cdot (h - y_{si} - x) \varphi \cdot A_{si} \times (h - y_{si} - x) \quad (\text{ただし、} y_{ci} \leq h - x) \quad 2.1(9)$$

上式で鉄筋降伏強度を超えたとき、すなわち $(x - h + y_{si}) \varphi > f_y / E_s$ および $(h - y_{si} - x) \varphi > f_y / E_s$ のとき、それぞれ $M'_{si} = f_y A_{si} \times (x - h + y_{si})$ 、 $M_{si} = f_y A_{si} \times (h - y_{si} - x)$ とする。

以上より、直応力、軸力および曲げモーメントの中立軸位置周りのモーメントの釣り合いから、曲げモーメント M を次式で表すことができる。

$$M = \sum_i M'_{ci} + \sum_i M'_{si} + \sum_i M_{si} - N' \times (x - y_c) \quad 2.1(10)$$

式 2.1(10)により、設定した軸力 N' に対し、算出した終局時の中立軸位置 x_u および終局曲率 φ_u を用いて、終局曲げモーメント M_u を求めることができる。

2.2 降伏曲げモーメント（降伏曲率）

降伏曲げモーメントおよび降伏曲率の計算についても、2.1 の終局時の計算とほぼ同様な手順で実行可能である。

先に示した終局時の概略計算手順(1)～(8)と異なる箇所は、(2)、(3)および(7)である。すなわち、(2)の中立軸位置探索範囲が $0 < x < h - cvt$ に、(3)の曲率と中立軸位置の関係が $f_{ai} = f_y / E_s / (h - x - cvt)$ に、(7)の降伏曲率 φ_y と降伏時の中立軸位置 x_y の関係が $\varphi_y = f_y / E_s / (h - x_y - cvt)$ に変更される。ここに、 f_y ：鉄筋降伏強度、 E_s ：鉄筋ヤング係数、 h ：断面高さ、 cvt ：最外引張鉄筋の引張縁からの距離 である。

また、降伏曲げモーメント算出の定式についても、式 2.1(3)と式 2.1(7)をそれぞれ、 $\varphi = f_y / E_s / (h - x - cvt)$ と $\varphi_y = f_y / E_s / (h - x_y - cvt)$ に変更すればよい。

2.3 せん断耐力

2.3.1 せん断耐力式（棒部材式）

せん断照査では、以下に示すように、構造解析によって算出される発生せん断力（応答せん断力） V_d が、設計せん断耐力 V_{yd} を上回らないことを確認する。なお、L2地震動に対するせん断照査では、以下の記載に示す安全係数（コンクリート材料係数、コンクリート部材係数および鉄筋部材係数）を考慮するが、L1地震動に対するせん断照査では全ての安全係数を1.0とする。

$$\gamma_i \frac{V_d}{V_{yd}} \leq 1.0$$

ここに、 V_d ：設計せん断力（発生せん断力）

V_{yd} ：設計せん断耐力

γ_i ：構造物係数（=1.0）

なお、上記の設計せん断耐力 V_{yd} については、以下により算出する。

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$$

ここに、 V_{cd} はせん断補強鋼材を用いない棒部材の設計せん断耐力で、コンクリートで負担するせん断力を表すものである。また、 V_{sd} はせん断補強鋼材が受け持つせん断力である。

(1) せん断補強鋼材を用いない棒部材の設計せん断耐力 V_{cd}

$$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$$

上式のせん断耐力式は、コンクリート強度に依存するせん断強度 f_{vcd} にせん断断面積 $b_w \cdot d$ を乗じて耐力に換算し、さらに有効高、引張鉄筋比および軸力に関する補正をして求められたものである。それぞれの補正係数は、以下に示される。

$$f_{vcd} = 0.20 \sqrt[3]{f'_{cd}} \quad (\text{N/mm}^2) \quad \text{ただし } f_{vcd} \leq 0.72 \quad (\text{N/mm}^2)$$

f'_{cd} ：コンクリートの設計圧縮強度（N/mm²）

（ $f'_{cd} = f'_{ck} / \gamma_c$, f'_{ck} ：設計基準強度, γ_c ：コンクリート材料係数（=1.3））

$\beta_d = \sqrt[4]{1000/d}$ （ d : mm）ただし $\beta_d \geq 1.5$ となる場合は1.5とする

d ：有効高さ（mm）

$\beta_p = \sqrt[3]{100p_v}$ 　　ただし $\beta_p \geq 1.5$ となる場合は1.5とする

$p_v = A_s / (b_w \cdot d)$

A_s ：引張側鋼材の断面積（mm²）

$\beta_n = 1 + 2M_0 / M_{ud}$ （ $N'_d \geq 0$ ）ただし $\beta_n \geq 2$ となる場合は2とする

$= 1 + 4M_0 / M_{ud}$ （ $N'_d \leq 0$ ）ただし $\beta_n \leq 0$ となる場合は0とする

N'_d ：設計軸方向圧縮力

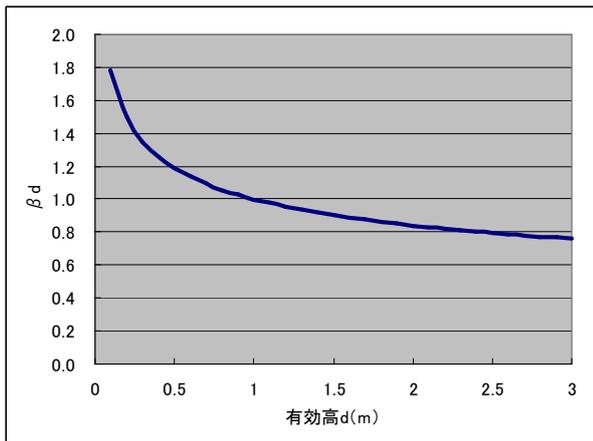
M_{ud} ：軸方向力を考慮しない純曲げ耐力

M_0 ：設計曲げモーメント M_d に対する引張縁において、軸方向力によって発生する応力を打ち消すのに必要な曲げモーメント（矩形断面では $M_0 = N'_d \cdot h / 6$, h ：部材の全高）

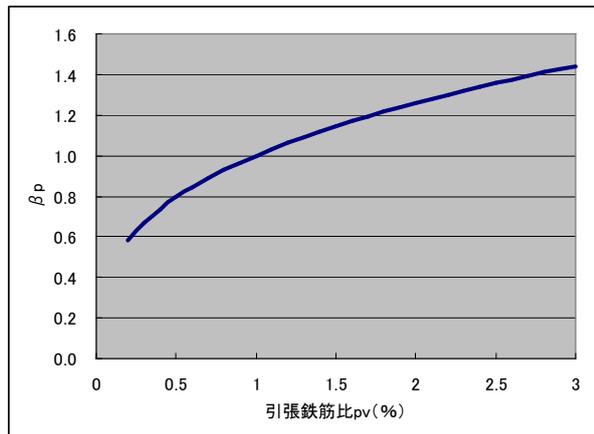
b_w ：腹部の幅（mm）

d ：有効高さ（mm）

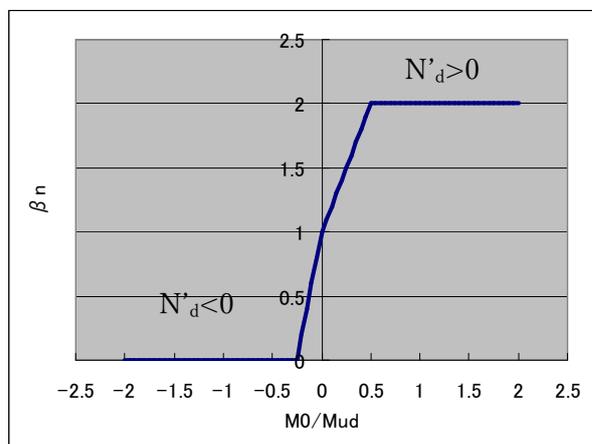
γ_b ：コンクリート部材係数（=1.3）



(a)有効高 d に関する補正係数 β_d



(b)引張鉄筋比 p_v に関する補正係数 β_p



(c)軸力に対する補正係数 β_n

図 2.3-1 せん断耐力の補正係数

(2) せん断補強鋼材により受け持たれる設計せん断耐力 V_{sd}

$$V_{sd} = (A_w f_{wyd} (\sin \alpha_s + \cos \alpha_s) / s_s) z / \gamma_b$$

A_w : 区間 s_s におけるせん断補強筋の総断面積 (mm^2)

s_s : せん断補強鉄筋の部材軸方向の配置間隔 (mm)

f_{wyd} : せん断補強鉄筋の設計降伏強度で 400N/mm^2 以下とする。ただしコンクリート圧縮強度の特性値 f'_{ck} が 60N/mm^2 以上のときは 800N/mm^2 以下としてよい。

($f_{wyd} = f_{wy} / \gamma_s \cdot f_{wy}$: せん断補強鉄筋の降伏強度, γ_s : 鉄筋材料係数 (=1.0))

α_s : せん断補強鉄筋が部材軸となす角度

z : 圧縮応力の合力作用位置から引張鋼材図心までの距離で一般に $d/1.15$ としてよい

γ_b : 鉄筋部材係数 (=1.15)

2.3.2 せん断耐力式（ディープビーム式）

水道施設耐震工法指針によれば、2.3.1 で示した棒部材式によって NG が生じた場合、ディープビーム式の適用が許容されている。また、2.3.1 のせん断耐力式には、せん断スパン比 a/d の補正係数 β_a が考慮されていないが、棒部材に対しても a/d の効果を考慮してもよいことも記載されている。

以下では、ディープビームに対するせん断耐力式およびせん断スパン比を考慮した棒部材のせん断耐力式を示す。

なお、ディープビームか棒部材かの判定は、せん断スパン比 a/d により行い、以下の通りせん断耐力式を適用することとした。

$a/d \leq 2$ のとき : ディープビーム式

$2 < a/d < 5.6$ のとき : a/d を考慮した棒部材式

$a/d \geq 5.6$ のとき : a/d を考慮しない棒部材式

ここに、 a : せん断スパン（簡易的に $a=M/V$ とする場合と曲げモーメント分布から算出する場合の両者を適用した）

M : 応答曲げモーメント、 V : 応答せん断力、 d : 有効高

(1) ディープビームのせん断耐力式

$$V_{dd} = (\beta_d + \beta_w)\beta_p \cdot \beta_a \cdot \alpha \cdot f_{dd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$$

ここに、 α : 支圧板の部材軸方向の長さ (r) の影響を考慮する係数で、以下による。ただし、一般に r/d は 0.1 としてよい。また、せん断補強筋の効果を考慮しない場合は $\alpha=1$ とする。

$$\alpha = (1 + 3.33r/d) / (1 + 3.33 \cdot 0.05)$$

$$f_{dd} = 0.19\sqrt{f'_{cd}} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1000/d} \text{ (d:mm)} \text{ ただし、} \beta_d > 1.5 \text{ となる場合は } 1.5 \text{ とする}$$

$$\beta_w = 4.2\sqrt[3]{100p_w} \cdot \left(\frac{a}{d} - 0.75\right) / \sqrt{f'_{cd}} \text{ ただし、} \beta_w < 0 \text{ となる場合は } 0 \text{ とする}$$

$$\beta_p = (1 + \sqrt{100p_v}) / 2 \text{ ただし、} \beta_p > 1.5 \text{ となる場合は } 1.5 \text{ とする}$$

$$\beta_a = 5 / [1 + (a_v/d)^2]$$

b_w : 腹部の幅 (mm)

d : 単純梁の場合は載荷点、片持ち梁の場合は支持部前面における有効高さ (mm)

a_v : 支持部前面から載荷点までの距離（せん断スパン）(mm)

$$p_v = A_s / (b_w \cdot d)$$

A_s : 引張側鋼材の断面積 (mm²)

p_w : せん断補強鉄筋比

$$p_w = A_w / (b_w \cdot s_s) \text{ ただし、} p_w < 0.002 \text{ となる場合やせん断補強鉄筋の効果を考慮しない場合は } p_w \sim 0 \text{ とする}$$

A_w : 区間 s_s における部材軸と直交するせん断補強筋の配置間隔 (mm²)

f'_{cd} : コンクリートの設計圧縮強度 (N/mm²)

γ_b : 部材係数（一般にせん断補強鉄筋を考慮する場合は 1.2、考慮しない場合は 1.3 とする）

(2) せん断スパン比を考慮した棒部材のせん断耐力式

せん断スパン比 a/d を考慮したせん断耐力式では、せん断補強鋼材を用いない棒部材の設計せん断耐力（コンクリート負担分） V_{cd} に、せん断スパン比に依存する補正係数 β_a を考慮する。また、せん断補強鋼材が受け持つせん断力 V_{sd} は同一の式で考慮できる。

V_{cd} は、以下の式で表すことができる。

$$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$$

ここに、 β_a は以下の式で算出し、他の補正係数 β_d 、 β_p 、 β_n 、およびコンクリートの設計せん断強度 f_{vcd} は、せん断スパン比を考慮しない棒部材のせん断耐力式と同一である。

$$\beta_a = 0.75 + 1.4/(a/d)$$

ここに、 $\beta_a < 1.0$ となる場合は 1.0 とする。 $a/d=5.6$ で $\beta_a=1.0$ となるため、本式の a/d の適用範囲を、 $2 < a/d < 5.6$ とした。

(3) せん断スパンの算出

せん断スパン a については、 $a=M/V$ （ M ：応答曲げモーメント、 V ：応答せん断力）により簡易的に求める場合と梁要素の曲げモーメント分布の反曲点と極大点から求める場合の両者を考慮した。

せん断スパンを算出するための曲げモーメント分布は、照査対象とする梁要素の応答せん断力が最大となる時刻の応答曲げモーメントの値を用いた。曲げモーメント分布からのせん断スパンの算出は、「最大値抽出マクロ」（後述）にて実施する。

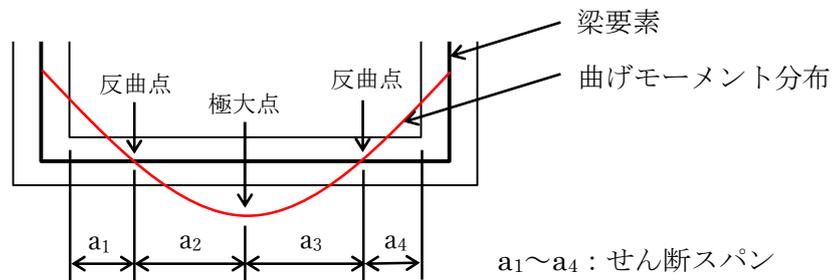
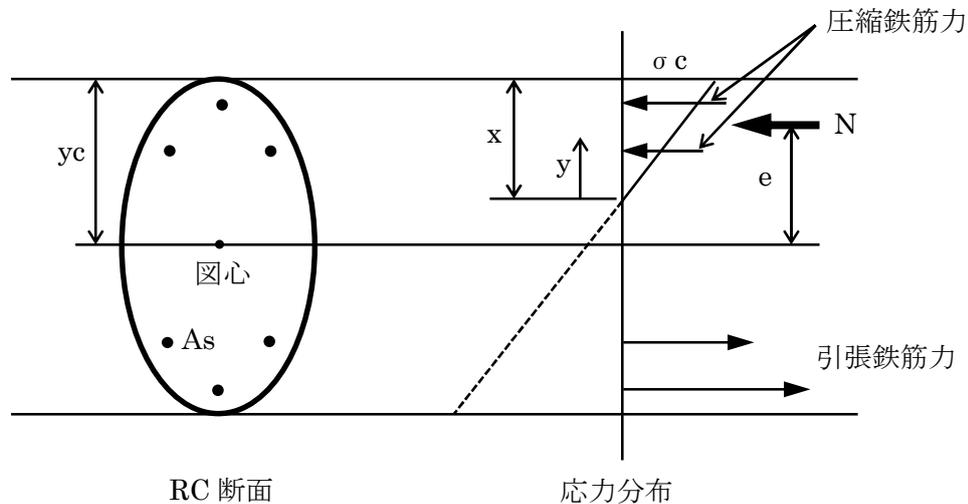


図 2.3-2 せん断スパン長の算出

2.4 許容応力度照査

2.4.1 曲げ応力度の算出

曲げ応力度算出時（RC 断面弾性計算）の断面仮定を、図 2.4-1 に示す。



【記号】

yc : 圧縮縁から断面図心までの距離、As : 鉄筋断面積

x : 圧縮縁から中立軸までの距離、σc : 圧縮縁におけるコンクリート応力

y : 中立軸から圧縮縁方向を正とした距離 (y の位置でのコンクリート応力は $\sigma_c \cdot y/x$ となる)

N : 作用軸力 (断面図心位置に作用すると仮定)

e : 偏心距離 (作用曲げモーメント M を考慮した軸力偏心位置から図心までの距離、 $e=M/N$)

図 2.4-1 許容応力度照査時の断面仮定

図 2.4-1 を参照し、断面軸方向の力の釣り合い、および中立軸周りのモーメントの釣り合いから、次式が成立する。

$$N = \int \sigma_c \frac{y}{x} dA + \sum n \sigma_c \frac{y}{x} A_s \quad 2.4(1)$$

$$N(x - y_c + e) = \int \sigma_c \frac{y^2}{x} dA + \sum n \sigma_c \frac{y^2}{x} A_s \quad 2.4(2)$$

ここに、n はヤング係数比であり、許容応力度法では $n=15$ が一般的に使用される。また、積分記号はコンクリート応力、総和記号は鉄筋応力に関するものであり、コンクリートについては圧縮領域に対する積分 (dA は中立軸から y だけ離れた位置におけるコンクリート断面の微小面積) を、鉄筋については全鉄筋の総和を意味している。さらに、中立軸から y だけ離れた位置でのコンクリートおよび鉄筋の応力が、それぞれ $\sigma_c \cdot y/x$ および $n \sigma_c \cdot y/x$ で表されることを考慮している。

なお、式 2.4(1) および 2.4(2) において、σc および x は積分および総和記号に依存しないが、y および As は積分および総和記号に依存する。また、軸力 N は圧縮を正と定義している。

ここで、中立軸に関する換算断面 1 次モーメント G_x および中立軸に関する換算断面 2 次モーメント I_x を定義すれば、式 2.4(1) および 2.4(2) は以下のように書き換えることができる。

$$N = \frac{\sigma_c}{x} G_x \quad 2.4(3)$$

$$N(x - y_c + e) = \frac{\sigma_c}{x} I_x \quad 2.4(4)$$

$$\text{ここに、} G_x = \int y dA + \sum nA_s y \quad 2.4(5)$$

$$I_x = \int y^2 dA + \sum nA_s y^2 \quad 2.4(6)$$

上記の式 2.4(5)および 2.4(6)の換算 1 次および 2 次モーメントは、コンクリートについては、引張部分の寄与を無視し、鉄筋については断面積の n 倍の寄与を考慮するものである。

式 2.4(3)および 2.4(4)より、 N 、 σ_c および x を消去すれば、次式が得られる。

$$x - y_c + e = \frac{I_x}{G_x} \quad 2.4(7)$$

ここで、 $x - y_c + e$ は、中立軸から曲げモーメントを考慮した軸力偏心位置までの距離であり、これを d_x と定義すれば、次式となる。

$$d_x = \frac{I_x}{G_x} \quad 2.4(8)$$

ここに、 $d_x = x - y_c + e$

式 2.4(8)は、中立軸周りの換算断面 2 次モーメント I_x を換算断面 1 次モーメント G_x で除した値が、中立軸から軸力偏心位置までの距離 d_x に等しいことを示している。上記の式 2.4(7)あるいは 2.4(8)が、中立軸位置 x を求めるための方程式となる。なお、式 2.4(8)については、「日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 2018 年 12 月」や「土木学会：コンクリート標準示書解説・参考篇（1936 年発行）」において提示されているものである。

式 2.4(7)において、 y_c は断面諸元（断面形状、鉄筋量および鉄筋配置）によって決まり、偏心距離 $e(=M/N)$ は作用断面力によって決まるのに対し、 x 、 I_x および G_x については中立軸位置に依存するために、陽な形で x を定めることができない。したがって、 x の算定には繰り返し計算よるか、あるいは x に関する陽な方程式（3 次方程式）を導入して解の公式による求解が必要になる。本報告では、矩形断面に対し後者の方法を用いて中立軸位置 x を算出する。

式 2.4(7)で、 $e=M/N$ を考慮すれば、次式を得る。

$$G_x = \frac{I_x N}{N(x - y_c) + M} \quad 2.4(9)$$

中立軸算定式として、式 2.4(7)あるいは 2.4(8)を用いることもできるが、軸力がゼロ ($N=0$) のときゼロ割りが生じるので、式 2.4(9)を使用すると $N=0$ の場合でも対応可能である。なお、式 2.4(9)より $N=0$ のとき $G_x=0$ となることがわかる。

さらに、式 2.4(9)を変形すれば、次式が得られる。

$$\{G_x(x - y_c) - I_x\}N + G_x M = 0 \quad 2.4(10)$$

本報告では、式 2.4(10)の左辺を $f(x)$ と置き、 $f(x)=0$ を中立軸算定式として使用することとする。

すなわち、

$$\text{中立軸算定式：} f(x) = 0 \quad 2.4(10b)$$

$$\text{ここに、} f(x) = \{G_x(x - y_c) - I_x\}N + G_x M \quad 2.4(10c)$$

G_x ：中立軸周りの換算断面 1 次モーメント

I_x ：中立軸周りの換算断面 2 次モーメント

x ：中立軸から圧縮縁までの距離、 y_c ：図心から圧縮縁までの距離

N ：軸力、 M ：曲げモーメント

次に、コンクリート圧縮縁および鉄筋の発生応力は、以下の通り導出できる。

式 2.4(4)において、 $e=M/N$ を考慮すれば、コンクリート圧縮縁における応力 σ_c として、次式を得る。

$$\sigma_c = \frac{N(x-y_c)+M}{I_x} x \quad 2.4(11)$$

式 2.4(11)に、中立軸位置 x を代入することで、コンクリート圧縮縁の応力値を求めることができる。

また、鉄筋応力 σ_{si} については、断面高さ方向の応力分布の直線性を考慮し、以下の式で表すことができる。ここに、鉄筋応力 σ_{si} は引張を正と定義した。

$$\sigma_{si} = -\frac{x-c_i}{x} n\sigma_c \quad 2.4(12)$$

ここに、 c_i は、圧縮縁から鉄筋位置までの断面高さ方向の距離（圧縮縁からの被り厚さ）である。

2.4.2 多段配筋矩形断面の曲げ応力度

(1) 中立軸が断面内にある場合

多段配筋矩形断面（幅 $b \times$ 高さ h ）に対する中立軸周りの換算断面 1 次および 2 次モーメントは、中立軸が断面内に存在する場合、次式で表すことができる。

$$G_x = \frac{bx^2}{2} + \sum nA_{si}(x - c_i) \quad 2.4(13)$$

$$I_x = \frac{bx^3}{3} + \sum nA_{si}(x - c_i)^2 \quad 2.4(14)$$

ここに、 b ：断面幅

n ：ヤング係数比 (=15)

A_{si} ：第 i 段目の鉄筋断面積

c_i ：第 i 段目の鉄筋かぶり（圧縮縁からの距離）

さらに、図心位置 y_c は、次式で表される。

$$y_c = \frac{\frac{bh^2}{2} + n\sum A_{si}c_i}{bh + n\sum A_{si}} \quad 2.4(15)$$

ここに、 h ：断面高さ

式 2.4(13)および 2.4(14)を、式 2.4(10)に代入すると、次式を得る。

$$\left\{ \frac{bx^2}{2}(x - y_c) + (x - y_c)\sum nA_{si}(x - c_i) - \frac{bx^3}{3} - \sum nA_{si}(x - c_i) - \frac{bx^3}{3} - \sum nA_{si}(x - c_i)^2 \right\} N + \frac{bx^2}{2} M + M \sum nA_{si}(x - c_i) = 0 \quad 2.4(16)$$

式 2.4(16)を x に関して整理すれば、次式を得る。

$$\frac{bN}{6} x^3 + \frac{b}{2}(M - Ny_c)x^2 + x \sum nA_{si}\{M + N(c_i - y_c)\} - \sum nA_{si}c_i\{M + N(c_i - y_c)\} = 0 \quad 2.4(17)$$

ここで、 $e=M/N$ （偏心軸力位置から図心までの距離）を定義し、式 2.4(17)の両辺に、 $6/(bh^3N)$ を乗じると、次式を得る。ここに、 h は部材の断面高さ（全高）である。

$$\left(\frac{x}{h}\right)^3 + 3\frac{e-y_c}{h}\left(\frac{x}{h}\right)^2 + 6\frac{x}{h}\sum n\frac{A_{si}}{bh}\left(\frac{e-y_c}{h} + \frac{c_i}{h}\right) - 6\sum n\frac{A_{si}c_i}{bh}\left(\frac{e-y_c}{h} + \frac{c_i}{h}\right) = 0 \quad 2.4(18)$$

ここで、次の無次元パラメータを定義する。

$$k = \frac{x}{h} \quad (\text{中立軸比})$$

$$\delta = \frac{e - \gamma e}{h} \quad (\text{圧縮縁から偏心軸力位置までの距離の断面高さに対する比})$$

$$e = \frac{M}{N} \quad (\text{偏心軸力位置から図心までの距離})$$

$$\gamma_i = \frac{c_i}{h} \quad (\text{第 } i \text{ 段目鉄筋被りの断面高さに対する比})$$

$$p_i = \frac{A_{si}}{bh} \quad (\text{第 } i \text{ 段目鉄筋の鉄筋比})$$

なお、上記の無次元パラメータ k 、 δ 、 γ_i および p_i の定義において、有効高ではなく断面高さを使用していることに注意する必要がある。

式 2.4(18)は、上記パラメータを用いて、次式で表すことができる。

$$k^3 + 3\delta k^2 + 6nk \sum p_i (\gamma_i + \delta) - 6n \sum p_i \gamma_i (\gamma_i + \delta) = 0 \quad 2.4(19)$$

式 2.4(19)が、多段配筋矩形断面における中立軸算定式となる。

特に、複鉄筋に対しては、無次元パラメータの定義において、断面高 h の代わりに有効高 d_1 (圧縮縁から引張鉄筋までの距離) を使用すれば、 $p_1 = A_{s1}/(bd_1)$ 、 $p_2 = A_{s2}/(bd_1)$ 、 $\gamma_1 = d_1/d_1 = 1$ 、および $\gamma_2 = d_2/d_1 = \gamma$ (d_2 : 圧縮鉄筋被り) を考慮し、式(19)は次式となる。

$$k^3 + 3\delta k^2 + 6n\{p_1(1 + \delta) + p_2(\delta + \gamma)\}k - 6n\{p_1(1 + \delta) + p_2\gamma(\delta + \gamma)\} = 0 \quad 2.4(20)$$

この式 2.4(20)は、複鉄筋矩形断面における中立軸算定式に一致していることがわかる (吉川弘道/富山潤著「鉄筋コンクリートの設計 第2版」p129)。

さらに、軸力 $N=0$ のとき、式 2.4(17)において $N=0$ とすれば、次式を得る。

$$bx^2 + 2x \sum nA_{si} - 2 \sum nA_{si}c_i = 0 \quad 2.4(21)$$

式(21)の両辺に、 $1/(bh^2)$ を乗じ、無次元パラメータ k 、 p_i および γ_i を用いると、次式を得る。

$$k^2 + 2nk \sum p_i - 2n \sum p_i \gamma_i = 0 \quad 2.4(22)$$

特に、複鉄筋に対しては、無次元パラメータの定義において、断面高 h の代わりに有効高 d_1 (圧縮縁から引張鉄筋までの距離) を使用すれば、 $p_1 = A_{s1}/(bd_1)$ 、 $p_2 = A_{s2}/(bd_1)$ 、 $\gamma_1 = d_1/d_1 = 1$ 、および $\gamma_2 = d_2/d_1 = \gamma$ (d_2 : 圧縮鉄筋被り) を考慮し、式 2.4(22)は次式となる。

$$k^2 + 2n(p_1 + p_2)k - 2n(p_1 + p_2\gamma) = 0 \quad 2.4(23)$$

この式 2.4(23)は、複鉄筋矩形断面における軸力ゼロの中立軸算定式に一致していることがわかる。

以上より、中立軸が断面内にある場合、多段配筋矩形断面の中立軸算定式は、以下の通り表すことができる。

軸力 $N \neq 0$ のとき :

$$k^3 + 3\delta k^2 + 6nk \sum p_i (\gamma_i + \delta) - 6n \sum p_i \gamma_i (\gamma_i + \delta) = 0 \quad 2.4(24)$$

軸力 $N=0$ のとき :

$$k^2 + 2nk \sum p_i - 2n \sum p_i \gamma_i = 0 \quad 2.4(25)$$

ここに、 $k = \frac{x}{h}$ (中立軸比、ただし断面高さに対する比)

$$\delta = \frac{e - \gamma e}{h} \quad (\text{圧縮縁から偏心軸力位置までの距離の断面高さに対する比})$$

$$e = \frac{M}{N} \quad (\text{偏心軸力位置から図心までの距離})$$

$$\begin{aligned} \gamma_i &= \frac{c_i}{h} \text{ (第 } i \text{ 段目鉄筋被りの断面高さに対する比)} \\ p_i &= \frac{A_{si}}{bh} \text{ (第 } i \text{ 段目鉄筋の鉄筋比、ただし全断面積に対する比)} \\ h &: \text{断面高さ} \end{aligned}$$

次に、コンクリートおよび鉄筋の発生応力については、式 2.4(24)あるいは 2.4(25)により中立軸比 k を求めた後、 $x=kh$ により中立軸位置を算出し、式 2.4(11)および 2.4(12)に x を代入して求めればよい。

(2) 中立軸が断面外にある場合

全断面が圧縮応力あるいは引張応力となる場合には、中立軸が断面外に存在するため、2.4.2(1)の換算断面 1 次モーメントおよび換算断面 2 次モーメントとは異なったものとなる。

全断面圧縮のとき、中立軸位置が $x>h$ となり、中立軸周りの換算断面 1 次および 2 次モーメントが次式で表される。

$$G_x = bh \left(x - \frac{h}{2} \right) + \sum n A_{si} (x - c_i) \quad 2.4(26)$$

$$I_x = \frac{bh^3}{12} + bh \left(x - \frac{h}{2} \right)^2 + \sum n A_{si} (x - c_i)^2 \quad 2.4(27)$$

式 2.4(26)および式 2.4(27)を、式 2.4(10)に代入し、 x に関して整理すると、次式を得る。

$$\begin{aligned} x \left\{ bh \left(\frac{h}{2} - y_c \right) + \sum n A_{si} (c_i - y_c) + \frac{M}{N} (bh + \sum n A_{si}) \right\} \\ + \left\{ bh^2 \left(\frac{y_c}{2} - \frac{h}{3} \right) + \sum n A_{si} c_i (y_c - c_i) - \frac{M}{N} \left(\frac{bh^2}{2} + \sum n A_{si} c_i \right) \right\} = 0 \end{aligned} \quad 2.4(28)$$

ここで、 $e=M/N$ (偏心軸力位置から図心までの距離) を定義し、両辺に $(1/(bh^3))$ を乗じると、次式を得る。

$$\frac{x}{h} \left\{ \frac{1}{2} + \frac{e-y_c}{h} + \sum n \frac{A_{si}}{bh} \left(\frac{c_i}{h} + \frac{e-y_c}{h} \right) \right\} - \left\{ \frac{1}{3} + \frac{1}{2} \frac{e-y_c}{h} + \sum n \frac{A_{si} c_i}{bh h} \left(\frac{c_i}{h} + \frac{e-y_c}{h} \right) \right\} = 0 \quad 2.4(29)$$

ここで、次の無次元パラメータを定義する。

$$\begin{aligned} k &= \frac{x}{h} \text{ (中立軸比)} \\ \delta &= \frac{e-y_c}{h} \text{ (圧縮縁から偏心軸力位置までの距離の断面高さに対する比)} \\ e &= \frac{M}{N} \text{ (偏心軸力位置から図心までの距離)} \\ \gamma_i &= \frac{c_i}{h} \text{ (第 } i \text{ 段目鉄筋被りの断面高さに対する比)} \\ p_i &= \frac{A_{si}}{bh} \text{ (第 } i \text{ 段目鉄筋の鉄筋比)} \end{aligned}$$

式 2.4(29)は、上記の無次元パラメータを用いて、次式となる。

$$3k\{1 + 2\delta + 2n \sum p_i (\gamma_i + \delta)\} - \{2 + 3\delta + 6n \sum p_i \gamma_i (\gamma_i + \delta)\} = 0 \quad 2.4(30)$$

式 2.4(30)を k について解けば、次式を得る。

$$k = \frac{2+3\delta+6n \sum p_i \gamma_i (\gamma_i + \delta)}{3\{1+2\delta+2n \sum p_i (\gamma_i + \delta)\}} \quad 2.4(31)$$

全断面引張に対しては、式 2.4(26)および 2.4(27)において、コンクリート部分の寄与が無くなり、鉄

筋部分の寄与のみとなるので、中立軸比 k として、次式が得られる。

$$k = \frac{\sum p_i \gamma_i (\gamma_i + \delta)}{\sum p_i (\gamma_i + \delta)} \quad 2.4(32)$$

以上より、中立軸が断面外にある場合（全断面圧縮あるいは全断面引張）、多段配筋矩形断面の中立軸算定式は、以下の通り表すことができる。

全断面圧縮のとき ($x > h$) :

$$k = \frac{2+3\delta+6n\sum p_i \gamma_i (\gamma_i + \delta)}{3\{1+2\delta+2n\sum p_i (\gamma_i + \delta)\}} \quad 2.4(33)$$

全断面引張のとき ($x < 0$) :

$$k = \frac{\sum p_i \gamma_i (\gamma_i + \delta)}{\sum p_i (\gamma_i + \delta)} \quad 2.4(34)$$

ここに、 $k = \frac{x}{h}$ (中立軸比、ただし断面高さに対する比)

$\delta = \frac{e - \gamma_c}{h}$ (圧縮縁から偏心軸力位置までの距離の断面高さに対する比)

$e = \frac{M}{N}$ (偏心軸力位置から図心までの距離)

$\gamma_i = \frac{c_i}{h}$ (第 i 段目鉄筋被りの断面高さに対する比)

$p_i = \frac{A_{si}}{bh}$ (第 i 段目鉄筋の鉄筋比、ただし全断面積に対する比)

h : 断面高さ

次に、コンクリートおよび鉄筋の発生応力については、式 2.4(33)および 2.4(34)により中立軸比 k を求めた後、 $x = kh$ により中立軸位置を算出し、式 2.4(11)および 2.4(12)に x を代入して求めればよい。ただし、全断面引張に対しては、コンクリート応力 $\sigma_c = 0$ であり、また鉄筋応力 σ_{si} の換算断面 2 次モーメント I_x の計算でコンクリートの寄与分を無視する必要がある。

2.4.3 中立軸比 k の解

中立軸が断面内にある場合、中立軸比 k に関する方程式は、2.4.2 で提示したように、以下の 3 次方程式で表される。

$$k^3 + Ak^2 + Bk + C = 0 \quad 2.4(35)$$

$$\text{ここに、} A = 3\delta \quad 2.4(35a)$$

$$B = 6n\sum p_i (\gamma_i + \delta) \quad 2.4(35b)$$

$$C = -6n\sum p_i \gamma_i (\gamma_i + \delta) \quad 2.4(35c)$$

なお、式 2.4(35a)~2.4(35c)に含まれるパラメータ n 、 p_i 、 γ_i 、および δ については、2.4.2 の記載を参照されたい。

ここで、 $k = k' - A/3$ に置き換えれば、次式を得る。

$$k'^3 + Pk' + Q = 0 \quad 2.4(36)$$

$$\text{ここに、} P = -\frac{A^2}{3} + B \quad 2.4(36a)$$

$$Q = \frac{2}{27}A^3 - \frac{AB}{3} + C \quad 2.4(36b)$$

3次方程式 2.4(36)は、カルダノの方法(*)によって解が得られており、式 2.4(35)の解を以下の通り求めることができる。判別式 D の符号により、以下の 2 通りの実数解が存在する。

$$(1) D = \left(\frac{Q}{2}\right)^2 + \left(\frac{P}{3}\right)^3 > 0 \quad \text{のとき}$$

1 個の実数解が存在し (他の 2 個は複素数解)、式 2.4(35)の解が次式で表される。

$$k_1 = \sqrt[3]{r_1} + \sqrt[3]{r_2} - \frac{A}{3} \quad 2.4(37)$$

$$\text{ここに、} r_1 = -\frac{Q}{2} + \sqrt{\left(\frac{Q}{2}\right)^2 + \left(\frac{P}{3}\right)^3} \quad 2.4(37a)$$

$$r_2 = -\frac{Q}{2} - \sqrt{\left(\frac{Q}{2}\right)^2 + \left(\frac{P}{3}\right)^3} \quad 2.4(37b)$$

$$(2) D = \left(\frac{Q}{2}\right)^2 + \left(\frac{P}{3}\right)^3 \leq 0 \quad \text{のとき}$$

3 個の実数解が存在し、式 2.4(35)の解が次式で得られる。特に、 $D=0$ のとき、2 個の実数解 (1 組は重根) となる。

$$k_1 = 2\sqrt[3]{r} \cos\left(\frac{\theta}{3}\right) - \frac{A}{3} \quad 2.4(38)$$

$$k_2 = -2\sqrt[3]{r} \cos\left(\frac{\theta}{3} - \frac{\pi}{3}\right) - \frac{A}{3} \quad 2.4(39)$$

$$k_3 = -2\sqrt[3]{r} \cos\left(\frac{\theta}{3} + \frac{\pi}{3}\right) - \frac{A}{3} \quad 2.4(40)$$

$$\text{ここに、} r = \sqrt{\left(\frac{Q}{2}\right)^2 + \left|\left(\frac{Q}{2}\right)^2 + \left(\frac{P}{3}\right)^3\right|} \quad 2.4(38a)$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(-\frac{Q}{2r}\right) \quad 2.4(38b)$$

(*)吉田耕作、雨宮綾夫、伊藤清、加藤敏夫、松島與三、古谷茂 (1975) : 応用数学便覧、p14、丸善

2.4.4 せん断応力度

本マクロでの許容応力度法によるせん断応力に関する照査では、コンクリートせん断応力の照査と必要せん断補強筋量の照査を実施している。土木学会コンクリート標準示方書 2002 年版に準拠した。

(1) コンクリートせん断応力の照査

コンクリートせん断応力の照査については、以下の通り、コンクリートせん断応力が許容せん断応力度を超えないとき、OK とする。

コンクリートせん断応力： $\tau < \tau_a \rightarrow \text{OK}$

$$\tau = \frac{V}{bjd} \times 1000$$

ここに、 τ ：コンクリートのせん断応力 (N/mm²)

V ：応答せん断力 (kN)

b ：部材幅 (mm)

j ： $j=1/1.15$ ($z=jd$ が圧縮応力の合力位置から引張鉄筋までの距離)

d ：有効高 (mm)

τ_a ：コンクリートのみで負担する場合の許容せん断応力度 (N/mm²)

(2) 必要せん断補強筋量の照査

2.4.4(1)の照査において、コンクリートせん断応力 τ が、許容せん断応力度 τ_a を超えたとき、必要せん断補強筋量の照査を行う。すなわち、必要せん断補強筋量が使用せん断補強筋量を超えないとき、OK とする。

必要せん断補強筋量： $A_{wn} < A_w \rightarrow \text{OK}$

ここに、 τ ：コンクリート応答せん断応力 (N/mm²)

A_w ：せん断補強筋の部材軸方向 1 ピッチあたりの使用せん断補強筋量 (mm²)

A_{wn} ：せん断補強筋の部材軸方向 1 ピッチあたりの必要せん断補強筋量 (mm²)

$$A_{wn} = \frac{\tau - 0.5 \times \tau_a}{\sigma_{saw}} bs$$

σ_{saw} ：せん断補強鉄筋の許容応力度 (N/mm²)

τ_a ：コンクリートのみで負担する場合の許容せん断応力度 (N/mm²)

b ：部材幅 (mm)

s ：せん断補強筋の部材軸方向ピッチ (mm)

3. 試算例（他ソフトとの比較）

本マクロでは、2.1 および 2.2 に示した算出方法により、終局および降伏曲げモーメントを計算している。計算結果の検証のため、別ソフト（別途作成したマクロ「矩形 RC 断面の M-N 相互作用図の作成」）を用いて終局および降伏曲げモーメントを計算し、本マクロの結果と比較を行った。

また、許容応力度照査については、2.4 に示した算出方法により、曲げ応力度を計算している。計算結果の検証のため、市販ソフト（フォーラムエイト「ES」）を用いて曲げ応力度を計算し、本マクロの結果との比較を行った。

3.1 断面諸元

試算に用いた断面諸元を、表 3.1-1 に示す。また、主鉄筋および側方鉄筋の配置を、図 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 断面諸元

項目	諸元値
断面高さ h(cm)	160
断面幅 b(cm)	150
コンクリート設計基準強度 σ_{ck} (N/mm ²)	24
鉄筋降伏強度 σ_{sy} (N/mm ²)	345 (SD345)
コンクリートヤング係数 E_c (kN/mm ²)	25
鉄筋ヤング係数 E_s (kN/mm ²)	200
コンクリート許容応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	8
鉄筋許容応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	160
主鉄筋	圧縮側、引張側とも D29・11 本・2 段
側方鉄筋	左右 1 列ずつ D29・3 本

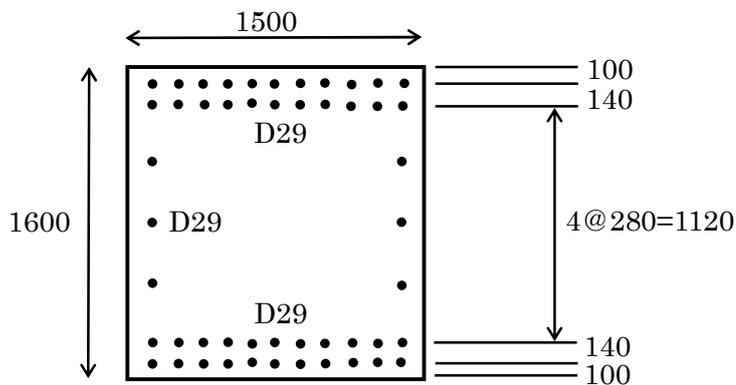


図 3.1-1 鉄筋の配置

3.2 降伏曲げモーメント

計算ケースとして、軸力値を $N=-5439\text{kN}$ から $N=19904\text{kN}$ まで変化させ、降伏曲げモーメント M_y および降伏時の中立軸位置 xy を計算した。

表 3.2-1 に、降伏曲げモーメントと降伏時中立軸位置を示す。

同表によれば、本マクロと他ソフトの結果は、ほぼ一致していることがわかる。

表 3.2-1 降伏曲げモーメント M_y および降伏時中立軸位置 xy

軸力 nf_inp(i) (kN)	本マクロ (M_y)	MN図 マクロ (M_y)	比	本マクロ (xy)	MN図 マクロ (xy)	比
-5438.55	2937.8	2937.9	1.000	8.897	8.897	1.000
-4734.58	3384.0	3384.0	1.000	16.656	16.656	1.000
-4030.61	3829.6	3829.6	1.000	22.300	22.300	1.000
-3326.64	4268.8	4268.8	1.000	26.895	26.895	1.000
-2622.67	4700.4	4700.4	1.000	30.834	30.834	1.000
-1918.7	5124.2	5124.2	1.000	34.313	34.313	1.000
-1214.73	5540.3	5540.4	1.000	37.449	37.450	1.000
-510.756	5949.0	5949.0	1.000	40.317	40.317	1.000
193.2149	6350.4	6350.5	1.000	42.966	42.966	1.000
897.1858	6744.9	6744.9	1.000	45.435	45.434	1.000
1601.157	7132.6	7132.7	1.000	47.751	47.752	1.000
2305.127	7513.7	7513.8	1.000	49.937	49.936	1.000
3009.098	7888.6	7888.6	1.000	52.008	52.008	1.000
3713.069	8257.1	8257.3	1.000	53.981	53.982	1.000
4417.04	8619.5	8619.6	1.000	55.865	55.864	1.000
5121.011	8975.9	8976.0	1.000	57.670	57.670	1.000
5824.982	9326.5	9326.6	1.000	59.405	59.406	1.000
6528.953	9671.2	9671.2	1.000	61.077	61.077	1.000
7232.923	10010.0	10010.1	1.000	62.692	62.692	1.000
7936.894	10343.2	10343.3	1.000	64.254	64.255	1.000
8640.865	10670.6	10670.7	1.000	65.770	65.770	1.000
9344.836	10992.3	10992.2	1.000	67.242	67.242	1.000
10048.81	11308.1	11308.1	1.000	68.676	68.675	1.000
10752.78	11618.1	11618.3	1.000	70.073	70.074	1.000
11456.75	11922.2	11922.2	1.000	71.438	71.438	1.000
12160.72	12220.2	12220.3	1.000	72.773	72.773	1.000
12864.69	12512.2	12512.1	1.000	74.081	74.081	1.000
13568.66	12797.8	12797.9	1.000	75.365	75.365	1.000
14272.63	13077.0	13077.0	1.000	76.627	76.628	1.000
14976.6	13349.4	13349.4	1.000	77.870	77.870	1.000
15680.57	13614.8	13614.9	1.000	79.096	79.096	1.000
16384.54	13864.6	13864.6	1.000	80.350	80.350	1.000
17088.52	14080.4	14080.5	1.000	81.715	81.715	1.000
17792.49	14285.1	14285.2	1.000	83.070	83.071	1.000
18496.46	14479.4	14479.3	1.000	84.416	84.416	1.000
19200.43	14662.9	14663.1	1.000	85.751	85.751	1.000
19904.4	14834.4	14834.4	1.000	87.087	87.087	1.000

(注) M_y : 単位 kNm 、 xy : 単位 cm

3.3 終局曲げモーメント

計算ケースとして、軸力値を $N=-11070\text{kN}$ から $N=19904\text{kN}$ まで変化させ、終局曲げモーメント Mu および降伏時の中立軸位置 xu を計算した。

表 3.3-1 に、終局曲げモーメントと終局時中立軸位置を示す。

同表によれば、本マクロと他ソフトの結果は、ほぼ一致していることがわかる。

表 3.3-1 終局曲げモーメント Mu および終局時中立軸位置 xu

軸力 nf_inp(i) (kN)	本マクロ (Mu)	MN図マクロ (Mu)	比	本マクロ (xu)	MN図マクロ (xu)	比
-11070.3	8.9	8.9	1.000	0.037	0.037	1.000
-10366.3	561.2	563.6	0.996	2.374	2.374	1.000
-9662.38	1098.3	1100.3	0.998	5.571	5.571	1.000
-8958.41	1609.9	1610.0	1.000	7.015	7.015	1.000
-8254.44	2108.0	2108.6	1.000	7.620	7.620	1.000
-7550.46	2605.3	2606.9	0.999	8.306	8.306	1.000
-6846.49	3103.4	3104.4	1.000	9.081	9.081	1.000
-6142.52	3601.1	3601.2	1.000	9.968	9.968	1.000
-5438.55	4096.5	4097.1	1.000	10.993	10.993	1.000
-4734.58	4589.1	4590.1	1.000	12.140	12.140	1.000
-4030.61	5080.3	5080.3	1.000	13.418	13.418	1.000
-3326.64	5566.0	5567.0	1.000	14.843	14.843	1.000
-2622.67	6038.9	6038.9	1.000	16.233	16.233	1.000
-1918.7	6474.3	6474.5	1.000	17.060	17.060	1.000
-1214.73	6908.3	6909.2	1.000	17.947	17.946	1.000
-510.756	7342.0	7342.4	1.000	18.894	18.894	1.000
193.2149	7772.1	7772.2	1.000	19.955	19.955	1.000
897.1858	8188.2	8188.9	1.000	21.294	21.294	1.000
1601.157	8602.8	8602.8	1.000	22.719	22.719	1.000
2305.127	9013.4	9013.9	1.000	24.243	24.243	1.000
3009.098	9420.1	9420.1	1.000	25.854	25.854	1.000
3713.069	9821.3	9821.8	1.000	27.560	27.560	1.000
4417.04	10217.0	10217.1	1.000	29.344	29.344	1.000
5121.011	10605.3	10605.8	1.000	31.212	31.212	1.000
5824.982	10986.3	10986.4	1.000	33.156	33.157	1.000
6528.953	11355.1	11355.2	1.000	35.139	35.139	1.000
7232.923	11702.3	11702.6	1.000	37.019	37.019	1.000
7936.894	12042.3	12042.3	1.000	38.961	38.961	1.000
8640.865	12373.8	12374.1	1.000	40.967	40.967	1.000
9344.836	12696.8	12697.0	1.000	43.030	43.031	1.000
10048.81	13010.2	13010.2	1.000	45.145	45.145	1.000
10752.78	13313.3	13313.6	1.000	47.311	47.311	1.000
11456.75	13585.6	13585.9	1.000	49.943	49.944	1.000
12160.72	13844.1	13844.2	1.000	52.595	52.596	1.000
12864.69	14075.6	14075.6	1.000	55.123	55.122	1.000
13568.66	14288.0	14288.0	1.000	57.593	57.593	1.000
14272.63	14489.2	14489.4	1.000	60.091	60.091	1.000
14976.6	14678.7	14678.9	1.000	62.613	62.613	1.000
15680.57	14856.0	14856.0	1.000	65.157	65.157	1.000
16384.54	15020.5	15020.5	1.000	67.721	67.721	1.000
17088.52	15171.8	15171.9	1.000	70.304	70.304	1.000
17792.49	15305.2	15305.4	1.000	72.868	72.868	1.000
18496.46	15410.4	15410.6	1.000	75.321	75.321	1.000
19200.43	15504.4	15504.4	1.000	77.796	77.795	1.000
19904.4	15586.5	15586.5	1.000	80.290	80.290	1.000

(注) Mu : 単位 kNm 、 xu : 単位 cm

3.4 許容応力度照査時の曲げ応力度

計算ケースとして、曲げモーメントと軸力を変化させ、表 3.4-1 に示す 5 ケースとした。曲げ応力度の計算結果を、表 3.4-2 に示す。

同表によれば、本マクロの結果は、市販ソフトの結果とほぼ一致を示すことがわかる。

表 3.4-1 計算ケース

ケース	曲げモーメント mf_inp(i) (kNm)	軸力 nf_inp(i) (kN)
1	2500	500
2	-2000	300
3	2000	-500
4	1000	5000
5	200	-700

表 3.4-2 許容応力度照査時の曲げ応力度

ケース	本マクロ(A)				市販ソフト(B)				比(A/B)				備考
	中立軸位置 x(cm)	コン応力 σ_c (N/mm ²)	鉄筋応力 σ_s (N/mm ²)	圧縮鉄筋応力 σ_s' (N/mm ²)	x (cm)	σ_c (N/mm ²)	σ_s (N/mm ²)	σ_s' (N/mm ²)	比 (x)	比 (σ_c)	比 (σ_s)	比 (σ_s')	
1	51.335	4.311	124.295	-52.072	51.300	4.311	124.295	-52.072	1.001	1.000	1.000	1.000	正曲げ/圧縮軸力
2	50.073	3.425	102.513	-41.111	50.100	3.425	102.513	-41.111	0.999	1.000	1.000	1.000	負曲げ/圧縮軸力
3	40.796	3.184	127.843	-36.052	40.800	3.184	127.843	-36.052	1.000	1.000	1.000	1.000	正曲げ/引張軸力
4	198.915	2.902	-10.705	-41.345	198.900	2.902	0.000	-41.345	1.000	1.000		1.000	全断面圧縮
5	-45.950	-0.530	33.905	9.681	-45.900	0.000	33.905	0.000	1.001		1.000		全断面引張

4. 入出力データ

4.1 入力データ

入力データは、「断面諸元」、「追加配筋データ」、「断面力(L1)」、「断面力(L2)」および「断面力(許容)」の5つのワークシートとなる。以下にそれぞれのワークシートの説明を行う。

4.1.1 シート「断面諸元」

断面諸元を入力するシートである。以下の通り、断面諸元を入力する。

(1) 通し番号

1 から順に、設定する断面諸元の番号を入力する。この通し番号が空欄となった時点でデータ入力終了と判断し、断面諸元入力をストップする。

(2) 断面 ID

入力する断面諸元の種類を定義するデータである。この断面 ID により断面諸元を判別し、後述の断面力の入力において、断面 ID を指定することにより、照査を実行するための断面諸元を確定させる。断面 ID は、VBA 内では文字データを想定しているが、「1」や「2」などの数字を入力してもよい。

(3) 断面高さ h(cm)

矩形断面の断面高さ（全高）を、cm 単位で入力する。

(4) 断面幅 b(cm)

矩形断面の断面幅を、cm 単位で入力する。

(5) コンクリートヤング係数 E_c (kN/mm²)

コンクリートのヤング係数を、kN/mm² 単位で入力する。

(6) 鉄筋ヤング係数 E_s (kN/mm²)

鉄筋のヤング係数を、kN/mm² 単位で入力する。

(7) コンクリート強度 f_c (N/mm²)

コンクリート強度を、N/mm² 単位で入力する。

終局曲げモーメント（終局曲率）の計算ではコンクリート材料安全係数 γ_{mc} を定義しているが、 $\gamma_{mc}=1.0$ としている。一方、せん断耐力の計算では VBA 内で L1 および L2 に対しコンクリート材料安全係数 γ_{mc} を定義し、L1 では $\gamma_{mc}=1.0$ 、L2 では $\gamma_{mc}=1.3$ としている。

(8) 鉄筋降伏強度 f_y (N/mm²)

鉄筋降伏強度を、N/mm² 単位で入力する。

終局曲げモーメント（終局曲率）の計算では鉄筋材料安全係数 γ_{ms} を定義していない。一方、せん断耐力の計算では VBA 内で L1 および L2 に対し鉄筋ヤング係数 γ_{ms} を定義し、L1 および L2 とも

に、 $\gamma_{mc}=1.0$ である。

(9) 上面鉄筋被り $c_u(\text{cm})$

上面側の鉄筋の被り（芯被り）を、 cm 単位で入力する。ここで、上面側とは正曲げ時に圧縮となる側を意味する。被りの大きさは、上面から上面鉄筋中心までの距離で入力する。

(10) 上面鉄筋量 $as_u(\text{cm})$

上面側の鉄筋断面積を、 cm^2 単位で入力する。

(11) 下面鉄筋被り $c_d(\text{cm})$

下面側の鉄筋の被り（芯被り）を、 cm 単位で入力する。ここで、下面側とは正曲げ時に引張となる側を意味する。被りの大きさは、上面から下面鉄筋中心までの距離で入力する。

(12) 下面鉄筋量 $as_d(\text{cm})$

下面側の鉄筋断面積を、 cm^2 単位で入力する。

(13) コンクリート許容応力度 $\sigma_{ca}(\text{N/mm}^2)$

コンクリート圧縮許容応力度を、 N/mm^2 単位で入力する。本データは、許容応力度照査において使用する。

(14) 鉄筋許容応力度 $\sigma_{sa}(\text{N/mm}^2)$

鉄筋引張許容応力度を、 N/mm^2 単位で入力する。本データは、許容応力度照査において使用する。

(15) せん断許容応力度 $\tau_{a1}(\text{N/mm}^2)$

コンクリートせん断許容応力度 τ_{a1} を、 N/mm^2 単位で入力する。

(16) せん断許容応力度 $\tau_{a2}(\text{N/mm}^2)$

コンクリートせん断許容応力度 τ_{a2} を、 N/mm^2 単位で入力する。ただし、現マクロでは τ_{a2} に対する照査を実施していないので、本データは未使用である。

(17) せん断補強筋量 $aw(\text{cm}^2)$

部材軸方向のせん断補強筋の 1 ピッチ内に存在するせん断補強筋の断面積で、 cm^2 単位で入力する。せん断補強筋が存在しないとき、 $aw=0$ を入力する。

(18) せん断補強筋ピッチ $pch(\text{cm})$

部材軸方向のせん断補強筋のピッチを、 cm 単位で入力する。

(19) 上面主筋段数 n_{bu} 、下面主筋段数 n_{bd}

せん断照査時の有効高を決定するため、上下面位置の主筋段数を入力する。空欄時、1 が入力される。ここに、せん断照査時の有効高は引張側主鉄筋の図心位置から圧縮縁までの距離とした。

表 4.1-1 シート「断面諸元」の例

通し 番号	断面ID	断面高さ h(cm)	断面幅 b(cm)	コン ヤング係数 ec(kN/mm ²)	鉄筋 ヤング係数 es(kN/mm ²)	鉄筋 係数 fc(N/mm ²)	鉄筋 強度 fy(N/mm ²)	鉄筋 降伏強度 fx(N/mm ²)	上面 鉄筋量 asu(cm ²)	下面 鉄筋量 asf(cm ²)	コン許容 σ_{ca} (N/mm ²)	鉄筋許容 σ_{sa} (N/mm ²)	せん断許容 τ_{s1} (N/mm ²)	せん断許容 τ_{s2} (N/mm ²)	せん断 補強筋量 aw(cm ²)	せん断 補強ピッチ psh(cm)	上面主筋 数 nbu	下面主筋 数 nbd
1	A-A-要素特性6-池③頂版-端部	30	450	25	200	24	345	345	5	89.37	13.5	294	0.675	3	0	12.5	1	1
2	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	30	450	25	200	24	345	345	5	43.692	13.5	294	0.675	3	0	12.5	1	1
3	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	30	450	25	200	24	345	345	5	89.37	13.5	294	0.675	3	0	12.5	1	1
4	A-A-要素特性7-池③右壁-上部	45	450	25	200	24	345	345	5	43.692	13.5	294	0.675	3	0	12.5	1	1
5	A-A-要素特性7-池③右壁-下部	45	450	25	200	24	345	345	5	43.692	13.5	294	0.675	3	0	12.5	1	1
6	A-A-要素特性8-池③左壁-上部	45	450	25	200	24	345	345	5	43.692	13.5	294	0.675	3	0	12.5	1	1
7	A-A-要素特性8-池③左壁-下部	45	450	25	200	24	345	345	5	89.37	13.5	294	0.675	3	0	12.5	1	1
8	A-A-要素特性9-池③底版-端部	60	450	25	200	24	345	345	6	29.79	13.5	294	0.675	3	3.5748	12.5	1	1
9	A-A-要素特性9-池③底版-中央	60	450	25	200	24	345	345	6	29.79	13.5	294	0.675	3	3.5748	12.5	1	1
10	A-A-要素特性9-池③底版-柱部	60	450	25	200	24	345	345	6	29.79	13.5	294	0.675	3	3.5748	12.5	1	1
11	A-A-要素特性10-池①頂版	45	450	25	200	24	345	345	9	91.206	13.5	294	0.675	3	0	12.5	1	1
12	A-A-要素特性11-池①右壁	45	450	25	200	24	345	345	12	69.678	13.5	294	0.675	3	0	12.5	1	1
13	A-A-要素特性12-池①左壁	45	450	25	200	24	345	345	9	69.678	13.5	294	0.675	3	0	12.5	1	1
14	A-A-要素特性13-池①左壁	60	450	25	200	24	345	345	12	91.206	13.5	294	0.675	3	3.5748	12.5	1	1
15	A-A-要素特性21-池③柱	60	50	25	200	24	345	345	5	11.613	13.5	294	0.675	3	1.662	10	1	1
16	A-A-要素特性22-池①層壁	45	450	25	200	24	345	345	12	91.206	13.5	294	0.675	3	0	12.5	1	1
17	A-A-要素特性21-池③柱-端部	70	65	25	200	24	345	345	15	11.613	13.5	294	0.675	3	1.662	10	1	1

4.1.2 シート「追加配筋データ」

シート「断面諸元」で入力した上・下面鉄筋以外の配筋を考慮するためのデータである。

本シートで入力するデータは、シート「断面諸元」で入力したデータに対応させる必要がある。すなわち、「追加配筋データ」のデータ数と順序は、「断面諸元」データと同一にする。

以下に入力すべきデータを示す。

(1) 通し番号

1 から順に、設定する断面諸元の番号を入力する。

(2) 断面 ID

「断面諸元」データと同一のデータを入力する。本データは、マクロ内の計算には未使用であり、データ入力の便宜のために使用する。

(3) 追加配筋の段数

追加配筋の段数を入力する。

(4) 鉄筋被りおよび鉄筋量

追加配筋の段数分の鉄筋被りと鉄筋量を、それぞれ cm 単位と cm² 単位で入力する。鉄筋被りは、正曲げ時圧縮縁から鉄筋中心までの距離である。

表 4.1-2 シート「追加配筋データ」の例

通し番号	断面ID	追加配筋の段数	1段		2段		3段		4段		5段	
			鉄筋被り (cm)	鉄筋量 (cm ²)								
1	A-A-要素特性6-池③頂版-端部	0										
2	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	0										
3	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	0										
4	A-A-要素特性7-池③右壁-上部	0										
5	A-A-要素特性7-池③右壁-下端	0										
6	A-A-要素特性8-池③左壁-上部	0										
7	A-A-要素特性8-池③左壁-下端	0										
8	A-A-要素特性9-池③底版-端部	0										
9	A-A-要素特性9-池③底版-中央	0										
10	A-A-要素特性9-池③底版-柱部	0										
11	A-A-要素特性10-池①頂版	0										
12	A-A-要素特性11-池①右壁	0										
13	A-A-要素特性12-池①左壁	0										
14	A-A-要素特性13-池①底版	0										
15	A-A-要素特性21-池③柱	1	25	7.742								
16	A-A-要素特性22-池①隔壁	0										
17	A-A-要素特性21-池③柱-端部	0										

4.1.3 シート「断面力(L1)」、「断面力(L2)」および「断面力(許容)」

照査用の作用断面力を入力するシートである。L1 用、L2 用および許容応力度照査用の断面力を区別して入力する。以下に入力すべきデータを示す。

(1) 通し番号

1 から順に、設定する断面力の番号を入力する。この通し番号が空欄となった時点でデータ入力終了と判断し、断面力入力をストップする。

(2)断面 ID id_sec(i)

シート「断面諸元」で定義した断面 ID のいずれかを選択して入力する。選択した断面諸元と当該断面力を使用して照査を実施する。

ある程度まとまったグループのデータで断面諸元を定義し、そのグループごとに要素番号と断面力を入力するのがよいので、モデル作成時において、同一の断面諸元を有する要素を同一のグループとしておくのが望ましい。

(3)要素番号 ilem(i)

要素番号を入力する。

(4)I,J 端 id_jj(i)

断面力の I,J 端の区別および MAX,MIN 値の区別を入力する。具体的な入力方法は以下の通りである。

ABSMAX : 曲げ照査については、曲げ評価点における曲率が最大となる時刻の曲率、および同じ時刻の I,J 端の断面力のうち絶対値が大きい断面力を用いて照査を行う。せん断照査については、I,J 端のせん断力のうち絶対値が最大となる時刻のせん断力、および同じ時刻の I,J 端の断面力のうち絶対値が大きい断面力を用いて照査を行う。なお、最大値抽出マクロにおいて、isw=1 を指定した場合には、I,J 端の曲げモーメントを使用し、isw=2 を指定した場合には曲げ評価点位置の曲げモーメントを使用する。ここに、曲げ評価点は、非線形梁では TDAP の入力データで指定され (I 端、J 端、あるいは中心位置)、線形梁では中心位置となる。

I-MAX : I 端の断面力あるいは曲率の最大値を用いて照査を行う (曲げ照査では曲げ評価点の曲率が最大となる時刻の曲率、および同じ時刻の I 端の断面力を用いる。せん断照査では I 端のせん断力が最大となる時刻のせん断力、および同じ時刻の I 端の断面力を用いる)

I-MIN : I 端の断面力あるいは曲率の最小値を用いて照査を行う (曲げ照査では曲げ評価点の曲率が最小となる時刻の曲率、および同じ時刻の I 端の断面力を用いる。せん断照査では I 端のせん断力が最小となる時刻のせん断力、および同じ時刻の I 端の断面力を用いる)

J-MAX : J 端の断面力あるいは曲率の最大値を用いて照査を行う (曲げ照査では曲げ評価点の曲率が最大となる時刻の曲率、および同じ時刻の J 端の断面力を用いる。せん断照査では J 端のせん断力が最大となる時刻のせん断力、および同じ時刻の J 端の断面力を用いる)

J-MIN : J 端の断面力あるいは曲率の最小値を用いて照査を行う (曲げ照査では曲げ評価点の曲率が最小となる時刻の曲率、および同じ時刻の J 端の断面力を用いる。せん断照査では J 端のせん断力が最小となる時刻のせん断力、および同じ時刻の J 端の断面力を用いる)

曲げ (曲率) 照査においては、曲げ評価点の応答曲率と I 端あるいは J 端の曲げモーメント (符号のみ使用)、軸力を用いて照査を行う。

せん断照査においては、I 端あるいは J 端のせん断力、曲げモーメント (符号のみ使用)、軸力を用いて照査を行う。

(5)曲げモーメント mf_inp(i)

照査用の曲げモーメントを kNm 単位で入力する。正值（正曲げ）は断面上面側が圧縮となる曲げモーメント、負値（負曲げ）は断面下面側が圧縮となる曲げモーメントとする。

(6)軸力 $nf_inp(i)$

照査用の軸力を kN 単位で入力する。正值が圧縮軸力、負値が引張軸力とする。

(7)せん断力 $sf_inp(i)$

照査用のせん断力を kN 単位で入力する。絶対値で入力する。本マクロではせん断耐力の計算にあたり、上記(5)の曲げモーメントの符号を参照している。

(8)曲率 $ff_inp(i)$

照査用の曲率を 1/m 単位で入力する。絶対値で入力する。本マクロでは終局曲率や降伏曲率の計算にあたり、上記(5)の曲げモーメントの符号を参照している。なお、許容応力度照査では、本データの入力は必要ない。

(9)せん断スパン位置

最大値抽出マクロ（後述）において算出されたせん断スパン位置を入力する。最大値抽出マクロにおいて、梁要素中心位置のせん断スパンが固定端に接する場合は「端部」とし、固定端に接しない場合は「中央」と判定している。「中央」と判定された梁要素については、せん断耐力のディープビーム式を適用しないこととする。せん断スパンを M/V (M, V : 曲げモーメントおよびせん断力の応答値) で定める場合 ($iflag4=1$) にも、本データが必要である。なお、本データは、L2 断面力に対するせん断照査において使用される。

(10)せん断スパン

最大値抽出マクロにより、曲げモーメント分布から算出されたせん断スパンを入力する。本データによりせん断スパン比 a/d を求めてせん断耐力を計算する場合には、マクロ内のフラグ $iflag4$ を 1 以外に設定しておく必要がある（デフォルト値は 0）。なお、本データは、L2 断面力に対するせん断照査において使用される。

表 4.1-3 シート「断面力(L2)」の例（一部）

通し 番号	断面ID id_sec(i)	要素番号 ielm(i)	LJ端 id_j(i)	L2				せん断 スパン 位置	せん断 スパン (m)
				曲げモーメント mf_inp(i) (kNm)	軸力 nf_inp(i) (kN)	せん断力 sf_inp(i) (kN)	曲率 ff_inp(i) (1/m)		
1	A-A-要素特性6-池③頂版-端部	20000	ABSMAX	-208.186	460.663	226.064	1.78E-06	端部	1.317
2	A-A-要素特性6-池③頂版-端部	20001	ABSMAX	-191.756	453.468	206.981	0.004693	端部	1.317
3	A-A-要素特性6-池③頂版-端部	20002	ABSMAX	-152.552	450.282	163.496	0.003103	端部	1.317
4	A-A-要素特性6-池③頂版-端部	20003	ABSMAX	99.8159	392.386	19.3428	0.000963	端部	1.317
5	A-A-要素特性6-池③頂版-端部	20004	ABSMAX	94.1412	255.115	21.1109	0.000733	中央	1.405
6	A-A-要素特性6-池③頂版-端部	20005	ABSMAX	83.2902	254.532	39.3199	0.000569	端部	2.936
7	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20006	ABSMAX	64.334	120.716	57.6871	0.000439	端部	2.956
8	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20007	ABSMAX	60.7265	44.9068	12.1438	0.000415	端部	1.594
9	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20008	ABSMAX	54.4036	41.3532	35.4933	0.000371	端部	1.576
10	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20009	ABSMAX	-88.8803	368.09	167.247	0.000607	端部	1.576
11	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20010	ABSMAX	-233.355	388.537	224.013	1.99E-06	端部	1.576
12	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20011	ABSMAX	-164.231	117.813	194.973	1.4E-06	端部	1.225
13	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20012	ABSMAX	-116.064	98.7268	140.539	0.001622	端部	1.225
14	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20013	ABSMAX	-45.798	94.6283	96.1471	0.000313	端部	1.218
15	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20014	ABSMAX	45.8223	315.466	7.25024	0.000313	中央	1.532
16	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20015	ABSMAX	50.7925	569.677	7.66687	0.000347	中央	1.532
17	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20016	ABSMAX	54.6272	556.891	18.9348	0.000373	中央	1.225
18	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20017	ABSMAX	57.0004	158.286	14.24	0.000389	端部	1.525
19	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20018	ABSMAX	49.8781	152.261	38.9231	0.000341	端部	1.503
20	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20019	ABSMAX	-77.3063	215.956	156.849	0.000528	端部	1.503

4.2 出力データ

出力のワークシートは、「照査結果(L1)」、「照査結果(L2)」、「照査結果(許容)」、「中立軸チェック(L1)」、「中立軸チェック(L2)」、「分割データ(L1)」、「分割データ(L2)」および「分割データ(許容)」の8つである。

4.2.1 シート「照査結果(L1)」

以下の項目を出力する。

- (1)通し番号
- (2)断面 ID id_sec
- (3)要素番号 $ielm$
- (4)I,J 端 id_ij
- (5)曲げモーメント mf
- (6)軸力 nf
- (7)せん断力 sf
- (8)応答曲率 ϕ
- (9)中立軸位置 xy

降伏時における中立軸位置（圧縮縁から中立軸までの距離）を cm 単位で出力する。中立軸が求まらないとき、9999 を出力する。

- (10)降伏曲げモーメント My

降伏時の曲げモーメントを kNm 単位で出力する。

- (11)降伏曲率 ϕ_y

降伏時の曲率を $1/m$ 単位で出力する。

- (12)照査値 ϕ/ϕ_y

降伏曲率 ϕ_y に対する応答曲率の比 ϕ/ϕ_y を出力する。

- (13)判定(ϕ_y)

ϕ/ϕ_y が 1 より小さいとき OK を、1 以上のとき NG を出力する。

- (14)有効高補正 βd

せん断耐力計算時の有効高に関する補正係数 βd を出力する。

- (15)引張鉄筋補正 βp

せん断耐力計算時の引張鉄筋比に関する補正係数 βp を出力する。

- (16)軸力補正 βn

せん断耐力計算時の軸力に関する補正係数 βn を出力する。

- (17)コンクリート負担分 Vc

せん断耐力のうち、コンクリート負担分 Vc を出力する。ただし、コンクリート材料係数およびコンクリート部材係数は、いずれも 1.0 とする。

- (18)鉄筋負担分 Vs

せん断耐力のうち、鉄筋負担分 Vc を出力する。ただし、鉄筋材料係数および鉄筋部材係数はいずれも 1.0 とする。

(19)せん断耐力 V_y

せん断スパン比 a/d を考慮しない棒部材のせん断耐力 V_y を出力する

(20)照査値 V/V_y

せん断耐力 V_y に対する応答せん断力 V の比 V/V_y を出力する。

(21)判定 (V_y)

V/V_y が 1 より小さいとき OK を、1 以上のとき NG を出力する。

表 4.2-1 シート「照査結果(L1)」の例 (一部)

通し 番号	断面ID id_sec(i)	要素番号 ielm(i)	LJ端 id_j(j)	曲げモーメント mf_inp(i) (kNm)	軸力 nf_inp(i) (kN)	せん断力 sf_inp(i) (kN)	応答 曲率 ϕ (1/m)	中立軸 位置 cm (cm)	降伏曲げ モーメント M_y (kNm)	降伏 曲率 ϕ_y (1/m)	照査値 ϕ/ϕ_y	判定 (ϕ_y)	有効高 補正 β_d	引張鉄筋 補正 β_p	軸力 補正 β_n	コンクリート 負担分 vc(kN)	鉄筋 負担分 vs(kN)	せん断 耐力 V_y (kN)	照査値 V/V_y	判定 (V_y)
1	A-A-要素特性6-池③頂版-端部	20000	ABSMAX	-111.136	214.125	146.522	9.48E-07	9.033	704.867	0.01080	0.000	OK	1.414	0.926	1.030	875.370	0.000	875.370	0.167	OK
2	A-A-要素特性6-池③頂版-端部	20001	ABSMAX	-101.036	213.135	132.387	0.001017	9.032	704.770	0.01080	0.094	OK	1.414	0.926	1.030	875.253	0.000	875.253	0.151	OK
3	A-A-要素特性6-池③頂版-端部	20002	ABSMAX	-75.6788	212.922	105.883	0.000517	9.032	704.748	0.01080	0.048	OK	1.414	0.926	1.030	875.228	0.000	875.228	0.121	OK
4	A-A-要素特性6-池③頂版-端部	20003	ABSMAX	-20.6218	213.308	70.5635	0.000141	9.032	704.787	0.01080	0.013	OK	1.414	0.926	1.030	875.274	0.000	875.274	0.081	OK
5	A-A-要素特性6-池③頂版-端部	20004	ABSMAX	16.0034	213.617	39.8328	0.000109	5.672	295.362	0.01204	0.009	OK	1.495	0.786	1.074	655.288	0.000	655.288	0.061	OK
6	A-A-要素特性6-池③頂版-端部	20005	ABSMAX	36.7148	212.734	12.423	0.000251	5.671	295.260	0.01204	0.021	OK	1.495	0.786	1.074	655.101	0.000	655.101	0.019	OK
7	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20006	ABSMAX	45.7666	223.231	26.1757	0.000312	7.554	554.996	0.01386	0.023	OK	1.495	0.998	1.040	805.195	0.000	805.195	0.033	OK
8	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20007	ABSMAX	32.3328	216.514	53.9109	0.000221	7.547	554.263	0.01385	0.016	OK	1.495	0.998	1.038	804.273	0.000	804.273	0.067	OK
9	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20008	ABSMAX	4.29635	213.035	86.0344	2.93E-05	5.672	295.295	0.01204	0.002	OK	1.495	0.786	1.074	655.165	0.000	655.165	0.131	OK
10	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20009	ABSMAX	-40.3533	210.887	123.065	0.000275	9.029	704.548	0.01080	0.026	OK	1.414	0.926	1.029	874.988	0.000	874.988	0.141	OK
11	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20010	ABSMAX	-147.574	212.371	168.953	1.26E-06	9.031	704.695	0.01080	0.000	OK	1.414	0.926	1.030	875.163	0.000	875.163	0.193	OK
12	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20011	ABSMAX	-117.565	185.006	148.986	1E-06	9.002	702.004	0.01078	0.000	OK	1.414	0.926	1.026	871.928	0.000	871.928	0.171	OK
13	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20012	ABSMAX	-80.8931	181.236	106.825	0.000552	8.998	701.633	0.01078	0.051	OK	1.414	0.926	1.025	871.482	0.000	871.482	0.123	OK
14	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20013	ABSMAX	-27.4806	179.607	72.8528	0.000188	8.996	701.472	0.01078	0.017	OK	1.414	0.926	1.025	871.290	0.000	871.290	0.084	OK
15	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20014	ABSMAX	8.94617	178.391	42.303	6.11E-05	7.510	550.100	0.01381	0.004	OK	1.495	0.998	1.032	799.046	0.000	799.046	0.053	OK
16	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20015	ABSMAX	30.0882	176.581	14.5658	0.000205	7.509	549.902	0.01381	0.015	OK	1.495	0.998	1.031	798.798	0.000	798.798	0.018	OK
17	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20016	ABSMAX	36.9539	182.63	21.2745	0.000252	7.515	550.563	0.01382	0.018	OK	1.495	0.998	1.032	799.263	0.000	799.263	0.027	OK
18	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20017	ABSMAX	26.3162	179.972	49.78	0.00018	7.512	550.273	0.01381	0.013	OK	1.495	0.998	1.032	799.263	0.000	799.263	0.062	OK
19	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20018	ABSMAX	1.41832	173.835	81.7863	9.68E-06	5.625	290.765	0.01200	0.001	OK	1.495	0.786	1.060	646.891	0	646.891	0.126	OK
20	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20019	ABSMAX	-39.4748	172.324	117.795	0.000269	8.988	700.755	0.01077	0.025	OK	1.414	0.926	1.024	870.429	0	870.429	0.135	OK
21	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20020	ABSMAX	-138.275	174.09	161.807	1.18E-06	8.990	700.929	0.01077	0.000	OK	1.414	0.926	1.024	870.637	0	870.637	0.186	OK
22	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20021	ABSMAX	-118.539	154.754	149.824	1.01E-06	8.969	699.025	0.01076	0.000	OK	1.414	0.926	1.022	868.351	0	868.351	0.173	OK
23	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20022	ABSMAX	-81.657	151.212	107.502	0.000557	8.965	698.676	0.01076	0.052	OK	1.414	0.926	1.021	867.933	0	867.933	0.124	OK
24	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20023	ABSMAX	-27.9059	149.945	73.466	0.000191	8.964	698.550	0.01076	0.018	OK	1.414	0.926	1.021	867.783	0	867.783	0.085	OK
25	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20024	ABSMAX	8.82732	149.187	42.9775	6.03E-05	7.482	548.905	0.01378	0.004	OK	1.495	0.998	1.026	795.041	0	795.041	0.054	OK
26	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20025	ABSMAX	30.3164	147.886	15.4221	0.000207	7.481	548.763	0.01378	0.015	OK	1.495	0.998	1.026	794.863	0	794.863	0.019	OK
27	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20026	ABSMAX	38.1078	146.68	20.5159	0.00026	7.480	546.632	0.01378	0.019	OK	1.495	0.998	1.026	794.697	0	794.697	0.026	OK
28	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20027	ABSMAX	27.8845	147.693	48.6203	0.00019	7.481	546.743	0.01378	0.014	OK	1.495	0.998	1.026	794.836	0	794.836	0.061	OK
29	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20028	ABSMAX	3.57412	145.282	80.1765	2.44E-05	5.590	287.460	0.01197	0.002	OK	1.495	0.786	1.050	640.864	0	640.864	0.125	OK
30	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20029	ABSMAX	-36.5463	140.887	115.719	0.00025	8.954	697.659	0.01075	0.023	OK	1.414	0.926	1.020	866.712	0	866.712	0.134	OK
31	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20030	ABSMAX	-133.71	142.772	159.511	1.14E-06	8.956	697.843	0.01075	0.000	OK	1.414	0.926	1.020	866.935	0	866.935	0.184	OK
32	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20031	ABSMAX	-115.567	129.733	149.247	9.85E-07	8.942	696.558	0.01074	0.000	OK	1.414	0.926	1.018	865.393	0	865.393	0.171	OK
33	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20032	ABSMAX	-79.0788	126.193	108.045	0.00054	8.938	696.209	0.01074	0.050	OK	1.414	0.926	1.018	864.975	0	864.975	0.123	OK
34	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20033	ABSMAX	-26.0562	124.874	72.2156	0.000178	8.937	696.079	0.01074	0.017	OK	1.414	0.926	1.017	864.819	0	864.819	0.084	OK
35	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20034	ABSMAX	10.0517	124.011	41.9256	6.86E-05	7.458	544.148	0.01375	0.005	OK	1.495	0.998	1.022	791.589	0	791.589	0.053	OK
36	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20035	ABSMAX	31.0149	122.57	14.5135	0.000212	7.456	543.980	0.01375	0.015	OK	1.495	0.998	1.022	791.391	0	791.391	0.018	OK
37	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20036	ABSMAX	38.3278	118.872	21.449	0.000262	7.453	543.595	0.01375	0.019	OK	1.495	0.998	1.021	790.884	0	790.884	0.027	OK
38	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20037	ABSMAX	27.6034	116.488	49.5855	0.000188	7.451	543.324	0.01375	0.014	OK	1.495	0.998	1.021	790.557	0	790.557	0.063	OK
39	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20038	ABSMAX	2.78795	111.065	81.2486	1.9E-05	5.549	283.495	0.01194	0.002	OK	1.495	0.786	1.038	633.642	0	633.642	0.128	OK
40	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20039	ABSMAX	-37.8362	109.71	116.947	0.000258	8.921	694.580	0.01073	0.024	OK	1.414	0.926	1.015	863.026	0.000	863.026	0.136	OK
41	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20040	ABSMAX	-135.953	111.522	160.87	1.16E-06	8.923	694.759	0.01073	0.000	OK	1.414	0.926	1.016	863.2406	0	863.2406	0.186	OK
42	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20041	ABSMAX	-116.923	103.196	149.059	9.98E-07	8.913	693.937	0.01072	0.000	OK	1.414	0.926	1.014	862.2562	0	862.2562	0.173	OK
43	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20042	ABSMAX	-80.2326	99.6873	106.762	0.000548	8.910	693.590	0.01072	0.051	OK	1.414	0.926	1.014	861.8414	0	861.8414	0.124	OK
44	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20043	ABSMAX	-26.8519	98.4057	72.8166	0.000183	8.908	693.464	0.01072	0.017	OK	1.414	0.926	1.014	861.8899	0	861.8899	0.085	OK
45	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20044	ABSMAX	9.55648	97.598	42.4283	6.52E-05	7.432	541.252	0.01373	0.005	OK	1.495	0.998	1.017	787.9671	0	787.9671	0.054	OK
46	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20045	ABSMAX	30.7707	96.232	14.9656	0.00021	7.430746	541.101147	0.01372997	0.015307	OK	1.495349	0.997661	1.017034	787.7786	0	787.7786	0.018997	OK
47	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20046	ABSMAX	38.4338	84.9766	20.6718	0.000262	7.41976	539.87004	0.01371198	0.019136	OK	1.495349	0.997661	1.015043	786.2364	0	786.2364	0.026292	OK
48	A-A-要素特性6-池③頂版-中央	20047	ABSMAX	28.0977	82.749	48.7324	0.000192	7.417547	539.821296	0.01370957	0.013992	OK	1.495349	0.997661	1.014649	785.9309	0	785.9309	0.026206	OK
49	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20048	ABSMAX	3.71135	80.2095	80.2744	2.55E-05	5.51286	279.926639	0.01190582	0.00214	OK	1.495349	0.785935	1.027719	627.1504	0	627.1504	0.127999	OK
50	A-A-要素特性6-池③頂版-柱部	20049	ABSMAX	-36.4058	79.0144	115.829	0.000249	8.887178	691.544952	0.01070576	0.023216	OK	1.414214	0.926147	1.010869	859.3975	0	859.3975	0.134779	OK

4.2.2 シート「照査結果(L2)」

以下の項目を出力する。

(1)通し番号

(2)断面 ID id_sec

(3)要素番号 $ielm$

(4)I,J 端 id_ij

(5)曲げモーメント mf

(6)軸力 nf

(7)せん断力 sf

(8)応答曲率 ϕ

(9)中立軸位置 xu

終局時における中立軸位置（圧縮縁から中立軸までの距離）を cm 単位で出力する。中立軸が求まらないとき、9999 を出力する。

(10)終局曲げモーメント Mu

終局時の曲げモーメントを kNm 単位で出力する。

(11)終局曲率 ϕu

終局時の曲率を $1/m$ 単位で出力する。

(12)照査値 $\phi/\phi u$

終局曲率 ϕu に対する応答曲率の比 $\phi/\phi u$ を出力する。

(13)判定(ϕu)

$\phi/\phi u$ が 1 より小さいとき OK を、1 以上のとき NG を出力する。

(14)有効高補正 βd

せん断耐力計算時の有効高に関する補正係数 βd を出力する。

(15)引張鉄筋補正 βp

せん断耐力計算時の引張鉄筋比に関する補正係数 βp を出力する。

(16)軸力補正 βn

せん断耐力計算時の軸力に関する補正係数 βn を出力する。

(17)コンクリート負担分 vc

せん断耐力のうち、コンクリート負担分 Vc を出力する。ただし、コンクリート材料係数およびコンクリート部材係数は、それぞれ 1.3 および 1.3 とする。

(18)鉄筋負担分 vs

せん断耐力のうち、鉄筋負担分 Vc を出力する。ただし、鉄筋材料係数および鉄筋部材係数はそれぞれ 1.0 および 1.15 とする。

(19)せん断耐力 vy

せん断スパン比 a/d を考慮しない棒部材のせん断耐力 Vy を出力する

(20)照査値 V/Vy

せん断耐力 Vy に対する応答せん断力 V の比 V/Vy を出力する。

(21)判定(Vy)

V/Vy が 1 より小さいとき OK を、1 以上のとき NG を出力する。

(22)a (m)

せん断スパン a を m 単位で出力する。せん断スパンは、 $iflag4 \neq 1$ のとき、シート「断面力(L2)」に入力したせん断スパンを使用し、 $iflag4=1$ のとき、応答曲げモーメント M および応答せん断力 V により、 $a=M/V$ で計算する。

(23)a/d

せん断スパン比 a/d を出力する。

(24)せん断スパン位置

シート「断面力(L2)」に入力したせん断スパン位置を出力する。「端部」あるいは「中央」が出力され、「中央」のとき、せん断耐力式のディープビーム式を適用しない。

(25)ディープ判定

a/d の大きさにより、ディープビームか否かの判定を行う。 $a/d \leq 2$ のとき「ディープビーム」、 $2 < a/d < 5.6$ のとき「棒部材」、また $a/d \geq 5.6$ のとき「 a/d の適用外」の出力を行う。

(26)せん断耐力 Vy_dp

ディープビーム式あるいはせん断スパン比 a/d を考慮した棒部材式を適用し、せん断耐力 Vy_dp を出力する。

(27)照査値 V/Vy_dp

ディープビーム式あるいはせん断スパン比 a/d を考慮した棒部材式を適用したせん断耐力に対する応答せん断力の比を出力する。

(28)判定(Vy_dp)

V/Vy_dp が 1 より小さいとき OK を、1 以上のとき NG を出力する。

(29) Vmu/Vy

せん断スパン比 a/d を考慮しないせん断耐力 Vy に対する終局時のせん断力 Vmu の比 Vmu/Vy を出力する。ここに、終局時のせん断力 Vmu は、 $Vmu=Mu/a$ で算出する。

(30)破壊モード判定

Vmu/Vy が 1.0 より大きいとき「せん断」、1.0 以下のとき「曲げ」を出力する。

(31) Vmu/Vy_dp (ディープ)

ディープビーム式あるいはせん断スパン比 a/d を考慮したせん断耐力式によりせん断耐力 Vy_dp を計算し、 Vy_dp に対する終局時のせん断力 Vmu の比 Vmu/Vy を出力する。ここに、終局時のせん断力 Vmu は、 $Vmu=Mu/a$ で算出する。

(32)破壊モード判定(ディープ)

Vmu/Vy_dp が 1.0 より大きいとき「せん断」、1.0 以下のとき「曲げ」を出力する。

(33)降伏判定

L2 時の応答曲率に対し、降伏判定を行い、「未降伏」あるいは「降伏」の出力、および ϕ/ϕ_y の出力を行う。「未降伏」の場合、許容応力度照査の適用対象となる。

4.2.3 シート「照査結果(許容)」

以下の項目を出力する。

- (1) 通し番号
- (2) 断面 ID id_{ij}
- (3) 要素番号 $ielm$
- (4) I,J 端 id_{ij}
- (5) 曲げモーメント mf
- (6) 軸力 nf
- (7) せん断力 sf
- (8) 中立軸位置 xa

曲げモーメントと軸力が作用したときの中立軸位置（圧縮縁から中立軸までの距離）を **cm** 単位で出力する。

- (9) コンクリート応力 $sigc$

圧縮縁コンクリート応力を、**N/mm²** 単位で出力する。

- (10) 鉄筋応力 sig_s

引張鉄筋応力を、**N/mm²** 単位で出力する。

- (11) 圧縮鉄筋応力 sig_s2

圧縮鉄筋応力を、**N/mm²** 単位で出力する。

- (12) せん断応力 τ

コンクリートせん断応力を、**N/mm²** 単位で出力する。

- (13) コンクリート許容応力 σ_{ca}

コンクリート圧縮許容応力度を、**N/mm²** 単位で出力する。

- (14) 鉄筋許容応力 σ_{sa}

鉄筋引張許容応力度を、**N/mm²** 単位で出力する。

- (15) 許容せん断応力 τ_{a1}

コンクリートせん断許容応力度 τ_{a1} を、**N/mm²** 単位で出力する。

- (16) 許容せん断応力 τ_{a2}

コンクリートせん断許容応力度 τ_{a2} を、**N/mm²** 単位で出力する。

- (17) 照査値 σ_c / σ_{ca}

コンクリート許容応力度に対するコンクリート応力の比を、**N/mm²** 単位で出力する。

- (18) 照査値 σ_s / σ_{sa}

鉄筋許容応力度に対する引張鉄筋応力の比を、**N/mm²** 単位で出力する。

- (19) 照査値 τ / τ_{a1}

せん断許容応力度 τ_{a1} に対するせん断応力の比を、**N/mm²** 単位で出力する。

- (20) 判定 (σ_c)

照査値 σ_c / σ_{ca} が 1 より小さいとき OK を、1 以上のとき NG を出力する。

- (21) 判定 (σ_s)

照査値 σ_s / σ_{sa} が 1 より小さいとき OK を、1 以上のとき NG を出力する。

- (22) 判定 (τ)

照査値 τ/τ_{a1} が 1 より小さいとき OK を、1 以上のとき NG を出力する。

(23)必要せん断補強筋量 A_{wn}

照査値 τ/τ_{a1} が 1 より小さいとき、せん断補強筋量の照査を行うため、部材軸方向 1 ピッチ内に必要とするせん断補強筋量を、 cm^2 単位で出力する。

(24)せん断補強筋量 A_w

部材軸方向 1 ピッチ内に配置されているせん断補強筋量を、 cm^2 単位で出力する。

(25)せん断補強筋ピッチ pch

せん断補強筋の部材軸方向のピッチを、 cm 単位で出力する。

(26)照査値 A_{wn}/A_w

せん断補強筋量に対する必要せん断補強筋量の比を出力する。

(27)判定(Aw)

照査値 A_{wn}/A_w が 1 より小さいとき OK を、1 以上のとき NG を出力する。

表 4.2-3 シート「照査結果(許容)」の例

通し番号	断面ID id_sec(i)	要素番号 elbno(i)	LJ座 id_j(i)	曲げモーメント mt_mno(i) (kNm)	軸力 nt_fno(i) (kN)	せん断力 st_sno(i) (kN)	中立軸 xao(i) (cm)	コンクリート 応力 sgo(i) (N/mm2)	鉄筋応力 sigo(i) (N/mm2)	圧縮鉄筋 応力 spgo(i) (N/mm2)	せん断 応力 tau(i) (N/mm2)	コンクリート 許容 σ_{ca} (N/mm2)	鉄筋許容 σ_{sa} (N/mm2)	せん断許 容 τ_{a1} (N/mm2)	せん断許 容 τ_{a2} (N/mm2)	照査値 σ_c/σ_{ca}	照査値 σ_s/σ_{sa}	照査値 τ/τ_{a1}	判定 (σ_c)	判定 (σ_s)	判定 (τ)	必要せん断 補強筋量 $A_{wn}(cm^2)$	せん断 補強筋量 $A_w(cm^2)$	せん断補 強筋ピッチ $pch(cm)$	照査値 A_{wn}/A_w	判定 (Aw)
1	多段:1600×h1500-許容	1	1	2500	500	500	51.335	4.311	124.285	-52.072	0.268	8	160	0.45	2	0.539	0.777	0.598	OK	OK	OK	—	2.534	12.5	—	—
2	多段:1600×h1500-許容	1	1	-2000	300	500	50.073	3.425	102.513	-41.111	0.268	8	160	0.45	2	0.428	0.641	0.598	OK	OK	OK	—	2.534	12.5	—	—
3	多段:1600×h1500-許容	1	1	2000	-500	500	40.798	3.184	127.845	-36.052	0.268	8	160	0.45	2	0.388	0.799	0.598	OK	OK	OK	—	2.534	12.5	—	—
4	多段:1600×h1500-許容	1	1	1000	5000	500	198.915	2.902	-10.705	-41.245	0.268	8	160	0.45	2	0.363	-0.067	0.598	OK	OK	OK	—	2.534	12.5	—	—
5	多段:1600×h1500-許容	1	1	200	-700	500	-45.950	-0.530	33.905	9.681	0.268	8	160	0.45	2	-0.066	0.212	0.598	OK	OK	OK	—	2.534	12.5	—	—

4.2.4 シート「中立軸チェック(L1)」

本マクロの中立軸位置の算出 (L1 および L2 照査) においては、部材断面の直応力総和 S_x がゼロとなる中立軸の位置を、繰り返し収束計算 (2 分法) によって求める方法を採用している。また、降伏時および終局時の中立軸探索範囲を部材断面内としているため、全断面圧縮あるいは全断面引張状態の場合には、中立軸位置が求まらないことに注意する必要がある。

上記の状況を判断するために、中立軸位置 x の探索範囲 (降伏: $0 < x < h - cvt$ 、終局: $0 < x < h$ 、 h : 断面高さ、 cvt : 最外引張鉄筋から引張縁までの距離) における直応力総和 S_x を書き出すワークシートを作成した。

本シートでは、仮定した x に対する降伏時 (L1) の S_x を書き出す。横軸 x に対する縦軸 S_x のグラフを描き、横軸を横切るときの x の値が、求めるべき中立軸位置となる。

具体的な出力データを、以下に示す。

(1)ケース

「断面力(L1)」で入力した「通し番号」に対応する番号である。

(2)収束回数

中立軸位置 x が確定したとき、繰り返し収束計算の回数を出力している。収束回数が 0 のとき、解が求められなかったことを示す。

(3)x

仮定した中立軸位置 x (圧縮縁から中立軸までの距離) の値であり、中立軸探索範囲を 100 分割して表示している。

(4)sx

(3)の x に対応する直応力総和 S_x の値である。 x を変動させたとき、 S_x の符号 (正負) が反転する x

(9)ycd(cm) : 圧縮縁から断面図心までの距離

(10)de(cm) : せん断照査で使用する有効高

(11)nrt : ヤング係数比 (Es/Ec)、許容応力法では 15

(12)y(cm) : 圧縮縁から分割要素中心までの距離

コンクリート断面積から鉄筋断面積を差し引くとき (iflag1=1)、分割要素中心を、鉄筋断面積を除いた面積の図心としている。

(13)ar(cm2) : 分割要素の断面積

コンクリート断面積から鉄筋断面積を差し引くとき (iflag1=1)、分割要素断面積から鉄筋断面積を除いた面積としている。

(14)ys(cm) : 圧縮縁から鉄筋中心までの距離

(15)ars(cm2) : 鉄筋断面積

4.2.7 シート「分割データ (L2)」

4.2.6 と同様に、L2 照査時に使用する RC 断面の分割要素のデータおよび鉄筋のデータを出力するワークシートである。

4.2.8 シート「分割データ (許容)」

4.2.6 と同様に、許容応力度照査時に使用する RC 断面の分割要素のデータおよび鉄筋のデータを出力するワークシートである。

表 4.2-5 シート「分割データ(L2)」の例 (一部)

1						2									
ndiv	50	番号	y(cm)	ar(cm2)	番号	ys(cm)	ars(cm2)	ndiv	50	番号	y(cm)	ar(cm2)	番号	ys(cm)	ars(cm2)
h(cm)	25	1	0.25	225	1	5	43.692	h(cm)	25	1	0.25	225	1	5	43.692
b(cm)	450	2	0.75	225	2	20	89.37	b(cm)	450	2	0.75	225	2	20	89.37
wid(cm)	0.5	3	1.25	225				wid(cm)	0.5	3	1.25	225			
ndan	2	4	1.75	225				ndan	2	4	1.75	225			
nbu	1	5	2.25	225				nbu	1	5	2.25	225			
nbd	1	6	2.75	225				nbd	1	6	2.75	225			
yc(cm)	12.5	7	3.25	225				yc(cm)	12.5	7	3.25	225			
ved(cm)	12.72256	8	3.75	225				ved(cm)	12.72256	8	3.75	225			
de(cm)	20	9	4.25	225				de(cm)	20	9	4.25	225			
nrt	8	10	4.75	225				nrt	8	10	4.75	225			
		11	5.25	225						11	5.25	225			
		12	5.75	225						12	5.75	225			
		13	6.25	225						13	6.25	225			
		14	6.75	225						14	6.75	225			
		15	7.25	225						15	7.25	225			
		16	7.75	225						16	7.75	225			
		17	8.25	225						17	8.25	225			
		18	8.75	225						18	8.75	225			
		19	9.25	225						19	9.25	225			
		20	9.75	225						20	9.75	225			
		21	10.25	225						21	10.25	225			
		22	10.75	225						22	10.75	225			
		23	11.25	225						23	11.25	225			
		24	11.75	225						24	11.75	225			
		25	12.25	225						25	12.25	225			
		26	12.75	225						26	12.75	225			
		27	13.25	225						27	13.25	225			
		28	13.75	225						28	13.75	225			
		29	14.25	225						29	14.25	225			
		30	14.75	225						30	14.75	225			
		31	15.25	225						31	15.25	225			
		32	15.75	225						32	15.75	225			
		33	16.25	225						33	16.25	225			
		34	16.75	225						34	16.75	225			
		35	17.25	225						35	17.25	225			
		36	17.75	225						36	17.75	225			
		37	18.25	225						37	18.25	225			
		38	18.75	225						38	18.75	225			
		39	19.25	225						39	19.25	225			
		40	19.75	225						40	19.75	225			
		41	20.25	225						41	20.25	225			
		42	20.75	225						42	20.75	225			
		43	21.25	225						43	21.25	225			
		44	21.75	225						44	21.75	225			
		45	22.25	225						45	22.25	225			
		46	22.75	225						46	22.75	225			
		47	23.25	225						47	23.25	225			
		48	23.75	225						48	23.75	225			
		49	24.25	225						49	24.25	225			
		50	24.75	225						50	24.75	225			

4.3 マクロ内で指定されるパラメータ

VBA マクロ内で指定されるパラメータは、以下の通りである。

(1)ndiv

本マクロでは、終局曲げモーメント（終局曲率）および降伏曲げモーメント（降伏曲率）の計算に分割法を使用しているため、部材断面高さ方向の分割数を **ndiv** により指定している。デフォルト値は **50** である。

(2)iflag1

コンクリート断面積として鉄筋断面積を差し引いて評価するかどうかを選択するフラグである。

iflag1=1：コンクリート断面積として鉄筋断面積を差し引く

iflag1≠1：コンクリート断面積として鉄筋断面積を差し引かない（デフォルト）

(3)iflag2

中立軸チェックを書き出すか否かを選択するフラグである。中立軸チェックとは、部材軸方向の直応力と軸力の和 **Sx** を、中立軸位置 **x** を変化させて書き出す機能である（4.2.4 および 4.2.5 を参照）。

iflag2=1：中立軸チェックを書き出す（デフォルト）

iflag2≠1：中立軸チェックを書き出さない

(4)iflag3

部材断面の分割データを書き出すか否かを選択するフラグである。分割データとは、分割法で使ったコンクリート断面の分割状況や鉄筋の位置および鉄筋断面積などを書き出したデータである（4.2.6～4.2.8 を参照）。

iflag3=1：分割データを書き出す（デフォルト）

iflag3≠1：分割データを書き出さない

(5)iflag4

L2 せん断照査時に使用するせん断スパンの計算において、**M/V**（曲げモーメントおよびせん断力の応答値）によって求めるか、梁の曲げモーメント分布から求めるかを選択するフラグである。

iflag4=1：せん断スパンを **M/V** により求める

iflag4≠1：梁の曲げモーメント分布から求める（デフォルト）

(6)ak

鉄筋の応力・ひずみ関係において鉄筋降伏後の 2 次勾配を考慮する場合、2 次勾配の初期勾配に対する比を入力する。デフォルト値は **0**（2 次勾配がゼロ）である。

(7)jmax

降伏および終局時の中立軸位置計算における計算回数の制限値である。**jmax** を超えたとき繰り返し計算をストップさせる。デフォルト値は **100** である。

(8)eps_alw

降伏および終局時の中立軸位置計算における許容誤差である。中立軸位置 **x** の今回値と前回値の差を今回値で除した値が **eps_alw** より小さくなったとき繰り返し計算をストップさせる。デフォルト値は 10^{-5} である。

5. 最大値抽出マクロに関して

動的解析の応答値を用いて RC 断面照査を行うためには、曲率や断面力の時刻歴応答値から最大最小値を抽出する必要がある、また、地震時軸力の影響を考慮するために、曲率照査においては最大最小曲率の発生時刻の軸力値を、またせん断照査においては最大最小せん断力の発生時刻の軸力値を用いるのが望ましいと考えられる。

そこで、TDAPⅢの時刻歴応答値（CSV ファイル）をもとに、同時性を考慮した形で曲率や断面力を抽出することとし、最大最小値の抽出用マクロ「最大値抽出_TDAPcsv」を作成した。

5.1 TDAPⅢが出力する時刻歴応答の CSV ファイル

最大値抽出マクロは、TDAPⅢが出力する時刻歴応答の CSV ファイルが必要となる。

表 5.1-1 に、CSV ファイルの出力例を示す。下表に示すように、時刻歴データの前に 6 行のヘッダー行が存在し、その具体的内容は以下である

- 1 行目：解析ケース名（TDAP の入力テキストにて指定する）
- 2 行目：「HISTORY」（TDAP による出力）
- 3 行目：要素タイプ（下記の例では 2 次元梁要素の「BEAM2D」）
- 4 行目：CMP 番号（出力項目の属性を表すもので、例えば I 端の曲げモーメントや J 端のせん断力などを識別する番号。詳細は TDAP の使用手引書を参照のこと）
- 5 行目：ID 番号（梁の要素番号）
- 6 行目：空欄
- 7 行目以降：1 列目が発生時刻で、2 列目以降が時刻歴データ

表 5.1-1 TDAPⅢの時刻歴応答値 CSV ファイルの例（一部）

A-L2-2											
HISTORY											
(TYPE)	BEAM2D	BEAM2D									
(CMP)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(ID)	20000	20010	20011	20020	20021	20030	20031	20040	20041	20050	
0	1.87395E+	1.76401E+	1.55481E+	1.42767E+	1.28877E+	1.19524E+	1.07067E+	9.67806E+	8.39939E+	7.43454E+	
0.01	1.87395E+	1.76401E+	1.55481E+	1.42767E+	1.28877E+	1.19524E+	1.07067E+	9.67806E+	8.39939E+	7.43454E+	
0.02	1.87395E+	1.76401E+	1.55481E+	1.42767E+	1.28877E+	1.19524E+	1.07067E+	9.67806E+	8.39939E+	7.43454E+	
0.03	1.87395E+	1.76401E+	1.55481E+	1.42767E+	1.28877E+	1.19524E+	1.07067E+	9.67806E+	8.39939E+	7.43454E+	
0.04	1.87395E+	1.76401E+	1.55481E+	1.42767E+	1.28877E+	1.19524E+	1.07067E+	9.67806E+	8.39939E+	7.43454E+	
0.05	1.87395E+	1.76401E+	1.55481E+	1.42767E+	1.28877E+	1.19524E+	1.07067E+	9.67806E+	8.39939E+	7.43454E+	
0.06	1.87394E+	1.76400E+	1.55480E+	1.42766E+	1.28877E+	1.19524E+	1.07067E+	9.67807E+	8.39941E+	7.43457E+	
0.07	1.87393E+	1.76397E+	1.55480E+	1.42764E+	1.28877E+	1.19524E+	1.07069E+	9.67822E+	8.39978E+	7.43491E+	
0.08	1.87404E+	1.76406E+	1.55492E+	1.42773E+	1.28889E+	1.19531E+	1.07080E+	9.67888E+	8.40081E+	7.43544E+	
0.09	1.87422E+	1.76420E+	1.55511E+	1.42785E+	1.28905E+	1.19539E+	1.07092E+	9.67929E+	8.40158E+	7.43537E+	
0.1	1.87436E+	1.76427E+	1.55523E+	1.42789E+	1.28912E+	1.19540E+	1.07096E+	9.67904E+	8.40171E+	7.43493E+	

5.2 最大最小値の抽出方法

最大値抽出マクロにおいては、要素ごとに入力されるパラメータ isw(i)の値により、以下に示す 5 通りの抽出が可能である。以下の記載において、M、N、S および ϕ は、それぞれ曲げモーメント、軸力、

せん断力および曲率を示す。

- (1) $isw(i)=1$: ABSMAX を出力。I,J 端の曲げモーメントを使用する。(1 要素 1 個の出力)
- (2) $isw(i)=2$: ABSMAX を出力。曲げ評価点の曲げモーメントを使用する。(1 要素 1 個の出力)
- (3) $isw(i)=3$: I-MAX および I-MIN を出力。(1 要素 2 個の出力)
- (4) $isw(i)=4$: J-MAX および J-MIN を出力。(1 要素 2 個の出力)
- (5) $isw(i)=5$: I-MAX、I-MIN、J-MAX および J-MIN の出力。(1 要素 4 個の出力)

上記の ABSMAX や I-MAX 等に対し、抽出される曲率や断面力は、以下の通りである。

●曲げ照査の場合

① ABSMAX : $isw(i)=1$ のとき、曲げ評価点の最大曲率発生時刻における、I,J 端の絶対値が大きい方の M、絶対値が大きい方の N、および曲げ評価点の $ABS(\phi)$ 、あるいは $isw(i)=2$ のとき、曲げ評価点の最大曲率発生時刻における、曲げ評価点の M、I,J 端の絶対値が大きい方の N、および曲げ評価点の $ABS(\phi)$

② I-MAX : 曲げ評価点の最大曲率発生時刻における、I 端の M、I 端の N、I 端の $ABS(S)$ および曲げ評価点の $ABS(\phi)$

③ I-MIN : 曲げ評価点の最小曲率発生時刻における、I 端の M、I 端の N、I 端の $ABS(S)$ および曲げ評価点の $ABS(\phi)$

④ J-MAX : 曲げ評価点の最大曲率発生時刻における、J 端の M、J 端の N、J 端の $ABS(S)$ および曲げ評価点の $ABS(\phi)$

⑤ J-MIN : 曲げ評価点の最小曲率発生時刻における、J 端の M、J 端の N、J 端の $ABS(S)$ および曲げ評価点の $ABS(\phi)$

●せん断照査の場合

① ABSMAX : $isw(i)=1$ のとき、I,J 端のせん断力が絶対値最大となる時刻における、I,J 端の絶対値が大きい方の M、I,J 端の絶対値が大きい方の N、および曲げ評価点の $ABS(\phi)$ 、あるいは $isw(i)=2$ のとき、I,J 端のせん断力が絶対値最大となる時刻における、曲げ評価点の M、I,J 端の絶対値が大きい方の N、および曲げ評価点の $ABS(\phi)$

② I-MAX : I 端の最大せん断力発生時刻における、I 端の M、I 端の N、I 端の $ABS(S)$ および曲げ評価点の $ABS(\phi)$

③ I-MIN : I 端の最小せん断力発生時刻における、I 端の M、I 端の N、I 端の $ABS(S)$ および曲げ評価点の $ABS(\phi)$

④ J-MAX : J 端の最大せん断力発生時刻における、I 端の M、J 端の N、J 端の $ABS(S)$ および曲げ評価点の $ABS(\phi)$

⑤ J-MIN : J 端の最小せん断力発生時刻における、I 端の M、J 端の N、J 端の $ABS(S)$ および曲げ評価点の $ABS(\phi)$

5.3 応答時刻歴の間引きに関して

最大値の抽出やせん断スパンの算出には、TDAPIII が出力する応答時刻歴の CSV データを使用して

いるが、時刻歴データが非常に大きい場合に、時刻歴データをスキップさせて間引きするためのマクロ「時刻歴ピックアップ」を作成した。

スキップ数などの入力パラメータを指定してマクロ「時刻歴ピックアップ」を RUN することで、オリジナルの時刻歴 CSV ファイルから間引いた時刻歴 CSV ファイルを作成できる。詳細は以下の通りである。

(1)マクロ名

「最大値抽出_TDAPcsv」に保存される「時刻歴ピックアップ」

(2)入力パラメータ

以下のパラメータをマクロ内で指定する。

ndat : オリジナル CSV ファイルの時刻歴ステップ数

nskp : 時刻歴をを間引くためのスキップ数 (nskp 個のデータのうち 1 個がピックアップされる)

dt : オリジナル CSV ファイルの時間刻み

(3)出力データ

出力データは、間引かれた時刻歴 CSV データ、間引かれた時刻歴のステップ数 (**ndat_new**)、および間引かれた時刻歴の時間刻み (**dt*nskp**) である。**ndat_new** および **dt*nskp** は、シート「入力データ 1」の 2 行目のデータ (時刻歴ステップ数および時間刻み) に書き込まれる。

(4)CSV ファイル

付与した例題では、オリジナル CSV ファイルは「L1_his.csv」であり、間引いた CSV ファイルは「L1_his_new.csv」としている。

5.4 せん断スパンの算出に関して

せん断耐力式としてディーブビーム式やせん断スパン比を考慮したせん断耐力式を適用する場合、梁要素のせん断スパン **a** が必要になる。最大値抽出マクロ「最大値抽出_TDAPcsv」では、梁の曲げモーメント分布からせん断スパンを算出可能である。シート「入力データ 1」のパラメータ **ipsan** を 1 とすることにより、曲げモーメント分布からせん断スパンを算出できる。一方、**ispan** を 1 以外に設定した場合には、曲げモーメント分布からせん断スパンを算出しない (この場合、照査用マクロにおいて **iflag4=1** を設定し、**M/V** によりせん断スパンを算出する)。

曲げモーメント分布からのせん断スパンの算出には、応答せん断力が最大値となる時刻の曲げモーメントの値を用いた。

曲げモーメント分布からせん断スパンを求めるには、節点座標値や節点構成が必要になるので、座標データと要素節点構成データを、テキストファイル「**nod&elm**」に用意する必要がある。これは、TDAP III の入力テキストデータ (**dat** データ) に含まれる「**NODE**」データと「**BEAM2D**」データをピックアップしたものを使用すればよい。なお、テキストファイル「**nod&elm**」の最終行の 1 カラム目に「**#**」などの文字変数を入力する必要がある。具体的なフォーマットについては、付与した「**nod&elm**」のデータ例を参照されたい。

5.5 入力データ

5.5.1 シート「入力データ 1」

「入力データ 1」の入力項目は、以下の通りである。

(1)時刻歴データ数 $ndat$

(2)時刻歴時間刻み dt

(3)抽出要素数 ne

(4)せん断スパン計算フラグ $ispan$

$ispan=1$: せん断スパンを曲げモーメント分布から算出する

(このとき、I,J 端出力パラメータ $isw(i)$ を 1 あるいは 2 に設定する)

$ispan \neq 1$: せん断スパンを曲げモーメント分布から算出しない

(この場合、照査用マクロにおいて $iflag4=1$ を設定し M/V によりせん断スパンを算出)

(5)通し番号

(6)要素番号

(7) $isw(i)$

I,J 端の断面力出力を規定するパラメータであり、詳細は以下の通りである。

$isw(i)=1,2$: ABSMAX を出力する。曲げ照査のとき、曲げ評価点の曲率が絶対値最大となる時刻の曲率、および同じ時刻の I,J 端の断面力のうち絶対値が大きい方を出力する。せん断照査のとき、I,J 端のせん断力うち絶対値が最大となる時刻のせん断力、および同じ時刻の I,J 端の断面力のうち絶対値が大きい方を出力する。 $isw(i)=1$ のとき曲げモーメントとして I,J 端の値を、 $isw(i)=2$ のとき曲げモーメントとして曲げ評価点の値を用いる。このとき、梁の 1 要素につき 1 個の出力となる。

$isw(i)=3$: I-MAX と I-MIN を出力する。曲げ照査のときの I-MAX は、曲げ評価点の曲率が最大値となる時刻の曲率、および同じ時刻の I 端の断面力を出力する。せん断照査のときの I-MAX は、I 端のせん断力が最大となる時刻のせん断力、および同じ時刻の I 端の断面力を出力する。曲げ照査のときの I-MIN は、曲げ評価点の曲率が最小値となる時刻の曲率、および同じ時刻の I 端の断面力を出力する。せん断照査のときの I-MIN は、I 端のせん断力が最小となる時刻のせん断力、および同じ時刻の I 端の断面力を出力する。このとき、梁の 1 要素につき 2 個の出力となる。

$isw(i)=4$: J-MAX と J-MIN を出力する。曲げ照査のときの J-MAX は、曲げ評価点の曲率が最大値となる時刻の曲率、および同じ時刻の J 端の断面力を出力する。せん断照査のときの J-MAX は、J 端のせん断力が最大となる時刻のせん断力、および同じ時刻の J 端の断面力を出力する。曲げ照査のときの J-MIN は、曲げ評価点の曲率が最小値となる時刻の曲率、および同じ時刻の J 端の断面力を出力する。せん断照査のときの J-MIN は、J 端のせん断力が最小となる時刻のせん断力、および同じ時刻の J 端の断面力を出力する。このとき、梁の 1 要素につき 2 個の出力となる。

$isw(i)=5$: I-MAX、IMIN、J-MAX および J-MIN を出力する。上記の $isw(i)=3$ と $isw(i)=4$ の両者を出力する。このとき、梁の 1 要素につき 4 個の出力となる。

(7)所属部位

梁要素が所属する部位名を入力する。本データはせん断スパンを算出するときに使用する。部位ごとに曲げモーメント分布が描出され、梁要素に本データの部位名の曲げモーメント分布を適用してせん断スパンが算出される。所属部位に含まれる梁要素は、「入力データ 2」において定義される。

5.5.2 シート「入力データ 2」

曲げモーメント分布からせん断スパンを算出する際に、モーメント分布を描出する部位とその部位に含まれる要素の関係が必要になる。本データでは、部位名の定義やその部位に含まれる要素番号の入力等を行う。

「入力データ 2」の入力項目は、以下の通りである。

(1) 通し番号

部位名の数の通し番号を入力する。通し番号が空欄となった時点でデータの読み込みを終了する。

(2) 部位名

曲げモーメント分布を描出する部位名を入力する。

(3) 水平 or 鉛直部材

梁要素が水平部材か鉛直部材か認識するためのデータである。水平部材のとき「H」を、鉛直部材のとき「V」を入力する。

(4) 始点側直交部材厚 (m)

始点側に接続される直交部材の部材厚を入力する。この部材厚の 1/2 により始点部のせん断スパンが補正される。

(5) 終点側直交部材厚 (m)

終点側に接続される直交部材の部材厚を入力する。この部材厚の 1/2 により終点部のせん断スパンが補正される。

(6) 要素番号

部位名の属する梁要素の要素番号を入力する。空欄になった時点でデータの読み込みを終了する。

なお、入力する要素番号の附番として、要素番号の始点から終点に向かって要素が連続し、かつ座標値が小さい方から大きい方へ変化しなければならない。予めモデル化において、梁要素の附番順序を考慮しておく必要がある。

表 5.5-1 および 2 に、シート「入力データ 1」および「入力データ 2」の例を示す。

表 5.5-1 シート「入力データ 1」の例 (一部)

1	2	3	4	5	6															
	時刻歴データ数 ndat 時刻歴時刻間隔 dt 抽出要素数 ne せん断スパン計算フラグ ispan	4000	0.01	442	1															
	通し番号	要素番号	isw(i)	所属部位																
	1	20000	2	池③頂版1																
	2	20001	2	池③頂版1																
	3	20002	2	池③頂版1																
	4	20003	2	池③頂版1																
	5	20004	2	池③頂版1																
	6	20005	2	池③頂版1																
	7	20006	2	池③頂版1																
	8	20007	2	池③頂版1																
	9	20008	2	池③頂版1																
	10	20009	2	池③頂版1																
	11	20010	2	池③頂版1																
	12	20011	2	池③頂版2																
	13	20012	2	池③頂版2																
	14	20013	2	池③頂版2																
	15	20014	2	池③頂版2																
	16	20015	2	池③頂版2																
	17	20016	2	池③頂版2																
	18	20017	2	池③頂版2																
	19	20018	2	池③頂版2																
	20	20019	2	池③頂版2																

せん断スパン計算フラグ ispan

1のとき：せん断スパンを梁要素の曲げモーメント分布から算出する
1以外：せん断スパンを梁要素の曲げモーメント分布から算出しない

I,J端出力のパラメータ isw(i)

isw(i)=1：I,J端のABSMAXを出力 (曲げモーメントはM1とM2を使用、1要素1個)
isw(i)=2：I,J端のABSMAXを出力 (曲げモーメントはMzを使用、1要素1個)
isw(i)=3：I端の出力 (1要素2個、I端のmax,min)
isw(i)=4：J端の出力 (1要素2個、J端のmax,min)
isw(i)=5：I,J端の出力 (1要素4個、I,J端のmax,min)

表 5.5-2 シート「入力データ 2」の例 (一部)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	通し番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	部位名	池③頂版	池③底版	池③底版	池③底版	池③底版	池③底版	池③底版						
	水平or鉛直部材	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	始点側直交部材厚(m)	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	終点側直交部材厚(m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	以下、要素番号	20000	20011	20021	20031	20041	20051	20061	20092	20104	20114	20124	20134	20144
		20001	20012	20022	20032	20042	20052	20062	20093	20105	20115	20125	20135	20145
		20002	20013	20023	20033	20043	20053	20063	20094	20106	20116	20126	20136	20146
		20003	20014	20024	20034	20044	20054	20064	20095	20107	20117	20127	20137	20147
		20004	20015	20025	20035	20045	20055	20065	20096	20108	20118	20128	20138	20148
		20005	20016	20026	20036	20046	20056	20066	20097	20109	20119	20129	20139	20149
		20006	20017	20027	20037	20047	20057	20067	20098	20110	20120	20130	20140	20150
		20007	20018	20028	20038	20048	20058	20068	20099	20111	20121	20131	20141	20151
		20008	20019	20029	20039	20049	20059	20069	20100	20112	20122	20132	20142	20152
		20009	20020	20030	20040	20050	20060	20070	20101	20113	20123	20133	20143	20153
		20010						20071	20102					
									20103					

5.6 出力データ

5.6.1 最大値抽出関連の出力

最大値抽出関連の出力データは、ワークシート「照査用断面力」および「最大最小値」の2つである。

シート「照査用断面力」が照査用マクロで使用する断面力である。シート「最大最小値」は、各要素のI端およびJ端におけるM、N、Sおよびφの最大値と最小値を出力する。

シート「照査用断面力」には、曲率照査用とせん断照査用の両者を出力しているが、それぞれ照査用マクロ「L1 および L2 断面照査_多段配筋矩形」の「断面力」シートに貼り付けて使用する。

表 5.6-1 に、シート「照査用断面力」の例を示す。

表 5.6-1 シート「照査用断面力」の例

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	曲率照査										せん断照査									
	通し番号	要素番号	I端orJ端 MAXorMIN	M (kNm)	N (kN)	abs(S) (kN)	abs(φ) (1/m)	isw(i)	発生時刻 (sec)		通し番号	要素番号	I端orJ端 MAXorMIN	M (kNm)	N (kN)	abs(S) (kN)	abs(φ) (1/m)	isw(i)	発生時刻 (sec)	
	1	20000	ABSMAX	-208.186	460.663	226.064	1.78E-06	2	9.57		1	20000	ABSMAX	-207.08	458.847	225.697	1.77E-06	2	9.57	
	2	20001	ABSMAX	-191.756	453.468	206.981	0.004693	2	9.57		2	20001	ABSMAX	-190.677	451.667	206.589	0.004734	2	9.57	
	3	20002	ABSMAX	-152.552	450.282	163.496	0.003103	2	9.57		3	20002	ABSMAX	-151.556	448.558	163.038	0.003113	2	9.57	
	4	20003	ABSMAX	99.8159	392.386	19.3428	0.000963	2	9.18		4	20003	ABSMAX	-67.489	450.995	109.137	0.000426	2	9.57	
	5	20004	ABSMAX	94.1412	255.115	21.1109	0.000733	2	8.36		5	20004	ABSMAX	-10.8568	456.948	70.8375	3.56E-05	2	9.57	
	6	20005	ABSMAX	83.2902	254.532	39.3199	0.000569	2	8.36		6	20005	ABSMAX	71.7241	372.998	42.7413	0.000499	2	8.92	
	7	20006	ABSMAX	64.334	120.716	57.6871	0.000439	2	8.34		7	20006	ABSMAX	52.6266	382.905	61.6092	0.000359	2	9.18	
	8	20007	ABSMAX	60.7265	44.9068	12.1438	0.000415	2	8.72		8	20007	ABSMAX	20.6384	374.466	88.0425	0.000141	2	9.18	
	9	20008	ABSMAX	54.4036	41.3532	35.4933	0.000371	2	8.72		9	20008	ABSMAX	-23.4461	460.661	123.13	0.00016	2	9.19	
	10	20009	ABSMAX	-88.8803	368.09	167.247	0.000607	2	9.18		10	20009	ABSMAX	-87.3617	460.388	167.703	0.000596	2	9.19	
	11	20010	ABSMAX	-233.355	388.537	224.013	1.99E-06	2	9.18		11	20010	ABSMAX	-232.058	479.183	223.907	1.98E-06	2	9.19	
	12	20011	ABSMAX	-164.231	117.813	194.973	1.4E-06	2	8.72		12	20011	ABSMAX	-164.07	117.066	195.035	1.4E-06	2	8.72	
	13	20012	ABSMAX	-116.064	98.7268	140.539	0.001622	2	8.72		13	20012	ABSMAX	-115.893	98.0451	140.521	0.001636	2	8.72	
	14	20013	ABSMAX	-45.798	94.6283	96.1471	0.000313	2	8.72		14	20013	ABSMAX	-45.405	161.451	96.9074	0.00031	2	8.71	
	15	20014	ABSMAX	45.8223	315.466	7.25024	0.000313	2	9.19		15	20014	ABSMAX	3.06441	161.224	63.1784	2.09E-05	2	8.71	
	16	20015	ABSMAX	50.7925	569.677	7.66687	0.000347	2	8.98		16	20015	ABSMAX	34.6725	161.789	35.1029	0.000237	2	8.71	
	17	20016	ABSMAX	54.6272	556.891	18.9348	0.000373	2	8.98		17	20016	ABSMAX	39.6884	224.423	45.2163	0.000271	2	9.18	
	18	20017	ABSMAX	57.0004	158.286	14.24	0.000389	2	8.71		18	20017	ABSMAX	17.0774	218.141	76.0542	0.000117	2	9.18	
	19	20018	ABSMAX	49.8781	152.261	38.9231	0.000341	2	8.71		19	20018	ABSMAX	-19.1712	289.173	113.353	0.000131	2	9.19	
	20	20019	ABSMAX	-77.3063	215.956	156.849	0.000528	2	9.18		20	20019	ABSMAX	-75.8524	290.393	158.067	0.000518	2	9.19	

なお、照査用マクロでは、同一の断面力および曲率の組み合わせに対し、曲率照査およびせん断照査を同時に実施している。提示した例題では、曲率照査とせん断照査において、断面力および曲率が異なる（発生時刻や値が異なる）ので、両者を別のエクセルファイルに分けて照査を実施している。例題では、エクセルファイル名を、それぞれ「L1 および L2 断面照査_多段配筋矩形_L1(L2)_a 曲げ」および「L1 および L2 断面照査_多段配筋矩形_L1(L2)_b せん断」としている。

5.6.2 せん断スパン関連の出力

せん断スパン関連の出力データは、ワークシート「曲げモーメント分布」、「反曲点と最大点」および「せん断スパン」の3つである。

シート「せん断スパン」が、せん断照査に使用するせん断スパン値である。出力項目は、通し番号、要素番号、部位、発生時刻、区間数、区間、位置、およびせん断スパンである。ここに、区間数とは、ある部位でせん断スパンが計算された数を示し、区間は要素が属する位置を示している。

これらの項目のうち、位置とせん断スパンのデータを、照査用マクロ「L1 および L2 断面照査_多段配筋矩形」のシート「断面力(L2)」に貼り付けて使用する。

シート「曲げモーメント分布」は、要素ごとにせん断スパンを算出した曲げモーメント分布（最大せん断力発生時刻の曲げモーメント分布）を出力している。

シート「反曲点と最大点」は、要素ごとに曲げモーメントの反曲点と最大点の座標を出力している。

表 5.6-2 に、シート「せん断スパン」の例を示す。

表 5.6-2 シート「せん断スパン」の例（一部）

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	通し番号	要素番号	部位	発生時刻 (sec)	区間数	区間	位置	せん断スパン(m)
	1	20000	池③頂版1	9.57	4	1	端部	1.317
	2	20001	池③頂版1	9.57	4	1	端部	1.317
	3	20002	池③頂版1	9.57	4	1	端部	1.317
	4	20003	池③頂版1	9.57	4	1	端部	1.317
	5	20004	池③頂版1	9.57	4	2	中央	1.405
	6	20005	池③頂版1	8.92	2	1	端部	2.936
	7	20006	池③頂版1	9.18	2	1	端部	2.956
	8	20007	池③頂版1	9.18	2	2	端部	1.594
	9	20008	池③頂版1	9.19	2	2	端部	1.576
	10	20009	池③頂版1	9.19	2	2	端部	1.576
	11	20010	池③頂版1	9.19	2	2	端部	1.576
	12	20011	池③頂版2	8.72	4	1	端部	1.225
	13	20012	池③頂版2	8.72	4	1	端部	1.225
	14	20013	池③頂版2	8.71	4	1	端部	1.218
	15	20014	池③頂版2	8.71	4	2	中央	1.532
	16	20015	池③頂版2	8.71	4	2	中央	1.532
	17	20016	池③頂版2	9.18	4	3	中央	1.225
	18	20017	池③頂版2	9.18	4	4	端部	1.525
	19	20018	池③頂版2	9.19	4	4	端部	1.503
	20	20019	池③頂版2	9.19	4	4	端部	1.503

6. NG 要素の表示に関して

梁要素を照査した結果、NG 要素を簡易表示するためのマクロ「NG 表示_曲げ」および「NG 表示_せん断」を用意した。照査用マクロ「L1 および L2 断面照査_多段配筋矩形」内に作成している（現時点では L2 対応のみ）。シート「NG 表示_曲げ」および「NG 表示_せん断」に、NG 要素を赤で、OK 要素を青の線分で表示する。

梁要素の節点構成と節点座標値を使用するために、TDAPⅢの入力テキストデータから抽出したテキスト「nod&elm.txt」が必要である。また、シートへの図化位置は、モデルの寸法や原点位置により異なるため、マクロ内のスケールファクターscf や原点位置(x0,y00)を適宜設定する必要がある。