

徳島大学工業短期大学部 正員 ○平尾 潔
徳島大学工学部 正員 児嶋弘行

1. 要旨 本研究は、2で述べるような、幾何的および材料の非線形要素が鋼構造平面骨組の弾塑性解析結果(荷重-変位関係と耐力等)におよぼす影響について、二・三の数値計算結果をもとに比較検討したものである。なお、弾塑性解析法としては前回報告した直接法(逐次代入法)による解法の基本式等の一部修正を加えこれを接線剛性法に拡張したものをを用いた。

2. 非線形要素 解析に含まれる非線形要素のうち、幾何的非線形性を示すものとして(図-1参照)、(1)骨組の原形と釣合い形とのずれ(座標系 $\xi-\eta$ と $\xi'-\eta'$ との相違)、(2)軸力による2次的な曲げ($N \cdot \eta$, 安定関数)、(3)部材の回転に伴う2次的な軸方向変形($\Delta l = l_0 - l$ と $\Delta l' = \delta_{xi} - \delta_{xj}$ との差)、(4)部材の湾曲に伴う軸方向変形(弦長 $\bar{l}$ と弧長 $\bar{l}'$ との差、湾曲関数)、(5)2次的な部材回転角($R = \sin^{-1}\{(\delta_{yi} - \delta_{yj})/\bar{l}_0\}$ と $R = (\delta_{yi} - \delta_{yj})/\bar{l}$ との差)と考慮し、材料(鋼材)の非線形性を示すものとして、(6)弾塑性断面(断面の一部が塑性)における断面力(曲げモーメント M と軸力 N)と断面変形(曲率中と軸方向歪み ϵ)との関係($M-N-\phi-\epsilon$ 関係)。この(6)に關係するものとして、(7)降伏相関係(M と N の)、および、塑性流動則(flow law)の導入に伴う塑性断面(全断面が塑性)における断面力と塑性変形との関係。(8)歪み硬化。(9)残留応力を考慮している。

3. 仮定 本研究では解析に211としてつぎのような仮定を設けている。(1)部材に塑性域の発生する部分は適当な部材要素に分割して解析することを前提とし、部材要素 $\bar{l}$ 内の曲率 ϕ_s は式(1)、軸方向歪み ϵ_{s0} は式(2)で表わされるものとする。 $\phi_s = (\alpha + \beta \cdot M_s)/EI$ — (1), $\epsilon_{s0} = \{\delta_i + (\delta_j - \delta_i)\} N/EA$ — (2) ただし、 $\alpha = EI(\phi_i M_i - \phi_j M_j)/\Delta M$, $\beta = EI(\phi_i - \phi_j)/\Delta M$, $\delta_i = \epsilon_{i0} EA/N$, $\delta_j = \epsilon_{j0} EA/N$, $\Delta M = M_j - M_i$ であり、 ϕ_i, ϵ_{i0} および ϕ_j, ϵ_{j0} は要素の軸力 N および要素端 i, j の曲げモーメント M_i, M_j に対応する i 端および j 端の曲率、軸方向歪みを表わす。なお、弾性部材では $\alpha = 0$, $\beta = 0$ となる。(2)要素端 i, j における $M-N-\phi-\epsilon$ 関係(ϕ, ϵ)は、適当な断面力の組合せについて数値積分法でこれらの関係を求めてあらかじめ作表しており、この表を用いて比例配分により求める(講義畜子工-218参照)。したがって、(3)応力-歪み関係や降伏条件式等は講義畜子工-218と同様とする。(4)骨組全体に対する接線剛性行列 K_e の行列式 $|K_e|$ が ∞ となり収束値が求まらなくなつた状態を骨組の崩壊状態とみなし、部材の局部座屈や骨組の分岐座屈、飛移座屈、層座屈等の座屈現象は改めては考慮しない。(5)塑性流動則の導入に伴う塑性断面での断面力と塑性変形との非線形な関係は、下界あるいは上界近似により、線形近似する。(6)荷重は一定荷重および比例漸増荷重とし、すべて骨組の節点に作用するものとする。

4. 変形法の基本式 式(1)に、 $M_s = M_i - Q_{ij} \cdot \xi + N_{ij} \cdot \eta$, $d^2 \eta / d\xi^2 = -\phi_s$ を代入して梁-柱の解析解を求め、軸方向変形、 $u = l_0 - l = \int_0^{\bar{l}} \epsilon_s d\xi + \frac{1}{2} \int_0^{\bar{l}} (d^2 \eta / d\xi^2) \cdot d\xi$ に、式(2)および $(d^2 \eta / d\xi^2)$ の解析解を代入して整理すれば、図-1の材端部材力 $S^* = \{N, M_i, M_j\}^T$ と材端変形 $U^* = \{u, \tau_i, \tau_j\}^T$ との関係が式(3)のように得られる。 $S^* = R^* \cdot U^* + C^*$ — (3) ここで、 $R^* = \begin{bmatrix} EA/\bar{l}_0 & 0 & 0 \\ 0 & 4EI\phi/\beta \bar{l} & 2EI\phi/\beta \bar{l} \\ 0 & 2EI\phi/\beta \bar{l} & 4EI\phi/\beta \bar{l} \end{bmatrix}$ $U = l_0 - l$ $\tau_i = \theta_i - R$ $\tau_j = \theta_j - R$ $C^* = \{-EA u_0/\bar{l}_0, -\alpha/\beta, \alpha/\beta\}^T$, $r = (\delta_i + \delta_j)/2$ であり、 u_0 は湾曲に伴う軸方向変形、 C_1, C_2 は安定関数であ

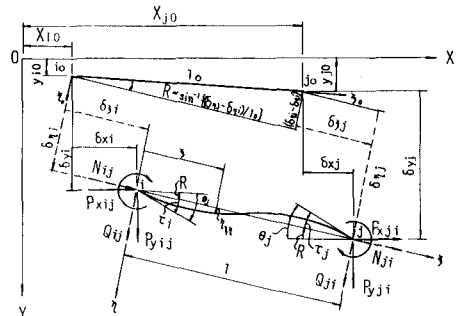


図 - 1

つぎに、図-1より、部材座標系 α -1に対する校端力
 $S = \{N_{ij}, Q_{ij}, M_{ij}, N_{iz}, Q_{iz}, M_{iz}\}^T$ は変換行列 B を用いて
 式(5)のように表わされるから、 $dS = B \cdot dS^* + dB \cdot S^*$ と
 $d\mu^* = B^T \cdot d\mu$ ³⁾より式(6)が得られ、式(5)、(6)を座標変換
 すれば、基準座標系 α -y に対する基本式が式(7)、(8)の
 ように得られる。また、式(8)を用いて、骨組全体の増分
 釣合い式が式(9)のように求まる。

$$\hat{Q} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad \hat{U} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Figure 1 consists of a graph and a schematic diagram. The graph plots pressure $P(t)$ on the vertical axis (ranging from 13.0 to 15.5) against time t on the horizontal axis (ranging from 0 to 25). Three curves are shown: CASE 1 (dashed line), CASE 67 (solid line), and CASE 1567 (solid line). The schematic diagram shows a rectangular specimen with dimensions $L=500\text{cm}$ and $h=500\text{cm}$. It features a central hole with diameter $\phi=2400(\text{kg}/\text{cm}^2)$ and a central hole with diameter 10cm . The specimen is divided into sections with dimensions 2×25 , 50 , 2×75 , 50 , and 2×25 . The top surface is labeled $35t$ and the bottom surface is labeled $35t$. The specimen is divided into sections with dimensions 2 , 2 , 3 , and 4 . The specimen is divided into sections with dimensions 2×25 , 50 , 2×75 , 50 , and 2×25 . The specimen is divided into sections with dimensions 2 , 2 , 3 , and 4 .

参考文献 1) 成田・平庭・児嶋: 有限変位ならびに塑性域の伝ガリを考慮した平面骨組の一弾塑性解析その
2, 土木学会第32回年次学術講演会講演要集工-81. 2) 成田・児嶋・平庭: 平面剛着骨組の自動弾塑性解
析 建築学会論文報告集第250号・昭和51年12月. 3) Oram, C.: Tangent Stiffness in Plane Frame, J. of Structural Division, ASCE, STG, 1968