

熊本大学 正員 山尾敏孝
 “ “ 崎元達郎
 建設省 “ 菊池良介

1) まえがき: 立体構造物を構成する部材は、一般に圧縮、曲げおよびねじりの組合せ応力を受けるが、弾塑性解析や弾塑性座屈解析を行うためには、そのような応力を受けた時の弾塑性部材の剛性を明確にする必要がある。従来、ねじり挙動の解析に関する研究は数多くなされているが、複雑な構造物の非線形解析に応用できる形で、弾塑性ねじり剛性は明確に評価されるに至っていない。本研究では、薄肉弾性ばり理論を基礎に、実験研究を行なって得られる知見を導入しながら、応力表示の接線剛性マトリックスを導き、これを増分的に解くことにより、薄肉開断面を有する三次元骨組構造物の合理的な非線形解析法を開発した。ここでは、誘導の概略と、若干の数値計算例について報告する。

2) 解析上の仮定: i) 骨組は理想的な硬化型弾塑性材料でできた薄肉矩形板で構成されている。ii) 断面の一部塑性化した後も曲げひずみは平面保持する。iii) 板厚は断面寸法に比べて十分小さく、断面のそりは板厚中心のそりで表わされる。iv) 曲げによるせん断応力は無視する。v) 板厚中心面に垂直で、部材軸線に平行な面内のせん断ひずみは無視する。vi) von Mises の降伏条件式が成立し、非弾性域では Prandtl-Reuss の応力-ひずみ式が成立する。vii) 断面の一部が塑性化した後も、St. Venant のねじりによるせん断ひずみは板厚方向に直線分布する。viii) 変位は大きくてもひずみは微小である。以下の諸式で、記号の上に⁰を付したものは、全変位、全ひずみなどを表し、付さない通常の記号は、それらの増分量を表わすものとする。

3) 接線剛性マトリックス: オレ段階までに変形した構造部材の上に右手系の局所座標 (z, y, x) を、次の荷重増分の後、変形した構造部材の上に (ω, η, ζ) を、断面の図心の O を原点として、図1のように定める。ここでは、断面の塑性化後の図心とせん断中心の移動は追跡せずに、物体に固定した任意の基準軸の増分変位のみで定式化を行ったので、断面諸量を表わすのに便利な図心軸を基準軸とした。断面内の任意点の軸ひずみ増分 ϵ は、部材軸の変位 u, v, w およびねじり角増分 ϕ により次式で表わされる。

$$\epsilon = u' - (\eta - \zeta \phi) v'' - (s + \eta \phi) w'' + \frac{1}{2} (v')^2 + (w')^2 + \frac{1}{2} (\eta^2 + \zeta^2) (\phi')^2 - \omega \phi'' \quad (1)$$

ここに、 ω は重心に関するそり関数である。又、せん断ひずみ増分 γ は、St. Venant のせん断ひずみのみを考慮すると

$$\gamma = 2n \phi' \quad (2)$$

となる。ここでは図2に示す板厚中心線からの距離を表わす。 i 状態での節点荷重を $\bar{P}$ 、 $i+1$ 状態での節点荷重を $\bar{P} + P$ 、その間の節点変位増分を u とすると、外力ポテンシャルの増分 V は次式で表わされる。

$$V = -\frac{1}{2} (\bar{u} + u)^T \cdot (\bar{P} + P) - \bar{u}^T \cdot \bar{P} = -\frac{1}{2} u^T (\bar{P} + P) - \bar{u}^T P \quad (3)$$

i 状態での任意点の応力を $(\bar{\sigma}, \bar{\tau})$ 、断面力の増分と変形の増分をそれぞれ

$$f = [N - M_x M_y M_\omega T_s]^T, \quad dl = [\epsilon_0 - k_g k_\eta k_\omega \phi]^T$$

とし、荷重増分中の線形性を仮定すると、内力のなす仕事増分 U は、部材長を L として次式で表わされる。

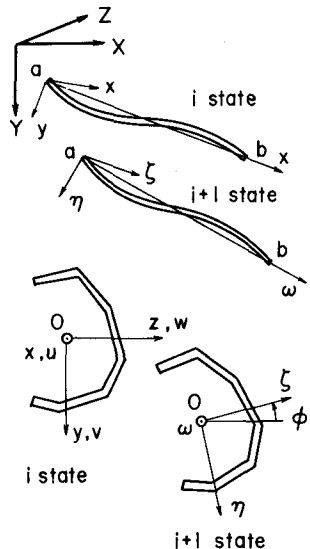


図1 座標系

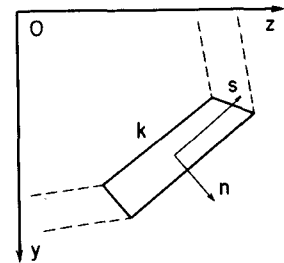


図2 k 番目 矩形板

