

信州大学 正会員 谷本勉 久助  
 信州大学 正会員 夏目正太郎  
 ○ 信州大学 学生員 伴野 保志

1. はじめに。 去年当研究室は「平面骨組の有限変位理論の基礎的研究」と題して、建設技研(株)の鈴木璋次氏により提案された幾何的図形考察による非線形解析式を導入したものを発表したが、この一年間でさまざまな系について数値計算を行ない成果を得た。ここではそれを任意立体骨組系に拡張し考察する。電算プログラムは、当研究室で完成された汎用「OPERA」を拡張すればよいので、比較的容易である。

2. 解析の方法について。

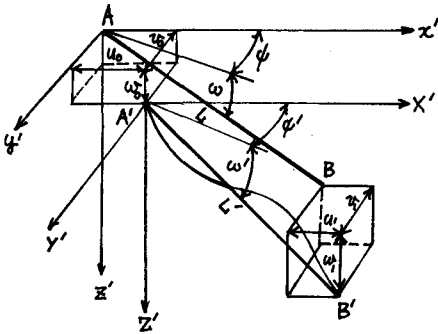


図-1. 全体座標系による変形図。

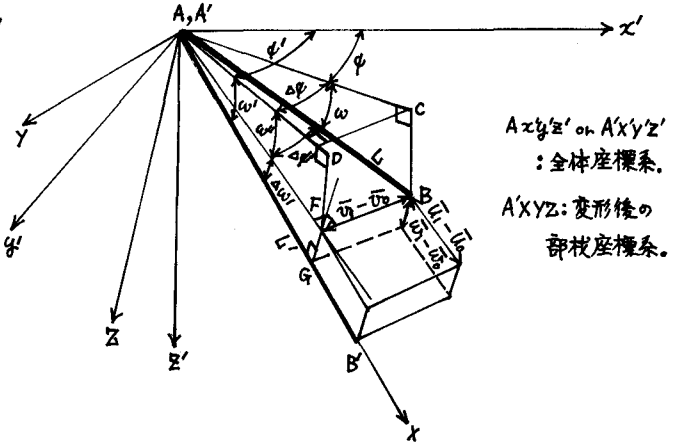


図-2. O端を重ねた変形図。

応力ひずみ関係式は、微小変位理論によるものと同じく、

$$F = EA\varepsilon, \quad T = GJ\gamma, \quad M_{y,z} = EI_{y,z} \eta_{y,z} \quad (1)$$

これらのひずみは、それぞれ次のように与えられる。

$$\varepsilon = \frac{du}{dz}, \quad \gamma = \frac{d\phi}{dz}, \quad \eta_y = -\frac{d^2v}{dz^2}, \quad \eta_z = -\frac{d^2w}{dz^2} \quad (2)$$

一般によく軸ひずみに使われる次の、

$$\varepsilon = \frac{du}{dz} + \frac{1}{2} \left( \frac{du}{dz} \right)^2 + \frac{1}{2} \left( \frac{dv}{dz} \right)^2 + \frac{1}{2} \left( \frac{dw}{dz} \right)^2 + \dots \quad (2')$$

ここでは使わない。というのは2次以後の収束のほ(よ)がないのに2次の項までで切る意味がないからである。あくまでも微小変位理論と同じ(2)式を使い、図形的な、軸方向とたわみ方向の非線形適合条件式を導入するという思想でいく事とする。さて、図-1、図-2より図形考察を行なうと、適合条件式は、結果だけを示すと次のようになる。軸方向、軸まわりのねじれ量については、

$$\frac{d\alpha}{dz} = \frac{\bar{u}_1 - \bar{u}_0}{L} - (1 - \cos \Delta\psi' \cos \Delta\omega'), \quad \frac{d\phi}{dz} = \frac{\bar{\phi} - \bar{\phi}_0}{L'} \quad (3).$$

ここで  $\Delta\psi'$ ,  $\Delta\omega'$  は 部材回転角で, ITERATIONの手法により次の式で与えられる。

$$\begin{bmatrix} \Delta\psi' \\ \Delta\omega' \end{bmatrix} = \frac{1}{L} \begin{bmatrix} \bar{v}_1 - \bar{v}_0 \\ \bar{\omega}_1 - \bar{\omega}_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta\psi' - \sin \Delta\psi' \\ \Delta\omega' - \sin \Delta\omega' \cos \Delta\psi' \end{bmatrix} \quad (4).$$

よってたわみ角については(4)式を使って次の式が得られる。

$$\begin{bmatrix} \bar{\theta}_y \\ \bar{\theta}_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta_y \\ \theta_z \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \Delta\psi' \\ \Delta\omega' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta_y \\ \theta_z \end{bmatrix} - \left[ \frac{1}{L} \begin{bmatrix} \bar{v}_1 - \bar{v}_0 \\ \bar{\omega}_1 - \bar{\omega}_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta\psi' - \sin \Delta\psi' \\ \Delta\omega' - \sin \Delta\omega' \cos \Delta\psi' \end{bmatrix} \right] \quad (5).$$

ここで記号は図-2に従って, 変形後の部材座標系の状態量にはバーを付けた。(3)~(5)をつかって変形後の適合条件式で組み立てた, 変位と力ベクトルの全体座標による Key-Equation は, 射影子をかけてしまった形で,

$$\begin{bmatrix} \bar{V}(0) \\ -\bar{V}(1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\lambda_1 & \lambda_2 \\ \lambda_3 & -\lambda_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U(0) \\ U(1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} E \\ E' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} P/K \\ P'/K \end{bmatrix} \quad (6).$$

ここで右辺の2項は(3)~(5)で組み立てられた非線形項, 左3項は荷重項である。又  $U, V$  は,

$$U = \{ u, \phi, v, \omega, \theta_y, \theta_z \}, \quad V = \{ F, T, S_y, S_z, M_y, M_z \} \quad (7).$$

である。(6)式を使って, 変形後の座標位置で力釣合をとり接点とUnitについて組み立てると次の3軸剛性マトリックスが得られる。ただし  $P'$  たちは, 荷重項と非線形項からなっている。

$$\begin{bmatrix} B_1 & C_1 & & & & \\ A_2 & B_2 & C_2 & & & \\ & A_3 & B_3 & C_3 & & \\ & & & \dots & & \\ & & & & A_n & B_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ \dots \\ U_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} P'_1 \\ P'_2 \\ P'_3 \\ \dots \\ P'_n \end{bmatrix} = 0 \quad (8).$$

(8)式を使って漸化式の手法で変位量  $U$  たちを得, それにより座標の修正, (3)~(5)式を使って非線形項  $P'$  と射影角を修正しながら ITERATIONの手法により, 所定の精度で収束するまで計算を行なう。

3. 計算結果について, 結果は当日発表する予定である。種々の系について, 微小変位理論, や漸増荷重法, との解の比較を合わせて行ない考察する。面内のものではすでに漸増荷重法との比較において, 荷重20等分のもので, およそ3~4桁の解の一致を得ている。なお電算機は, 信州大学データ・ステーションを経由して東京大学大型計算機センターの HITAC 8800/8700 を利用した。