

1. まえがき

本論文は新化変形法により剛性のあるワーレントラスを立体的に解析したものである。従来の平面分けによる解析では無視されてきたねじり挙動をも明確に示し、構造物のあるがままの姿を解析することができるために、より正確な結果を期待できる。又、最終的に三軸マトリックスを形成するため、演算時間を節約でき、大型逆マトリックスが不要(図1においては24-24の逆マトリックスが必要だけ)となる。ここでは図1に示された構造物について解析したわけだが、条件の選択により、任意のワーレントラスに適用できるものである。

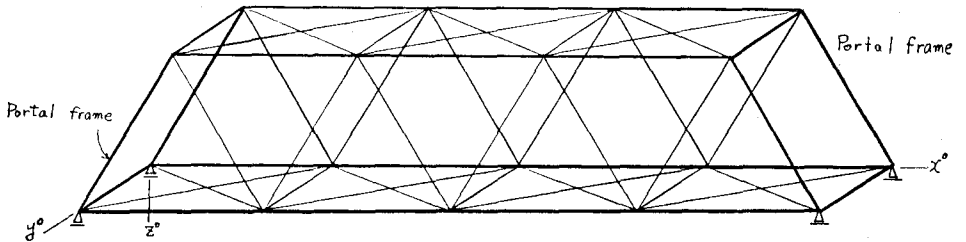


図 1

2. 基本式

図1において太線は曲げ軸力共に受け、細線は軸力のみを受けける部材とする。

$$U = \{ u \ v \ w \ \phi \ \theta_y \ \theta_z \},$$

$$F = \{ F_x \ F_y \ F_z \ 0 \ 0 \ 0 \},$$

$$V = \{ F \ S_y \ S_z \ T \ M_y \ M_z \}$$

とする。力と変位の関係は

$$F = [-K \quad 0] \begin{bmatrix} U \\ U' \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} V \\ V' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\lambda & \mu \\ \lambda' & -\mu' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ U' \end{bmatrix}$$

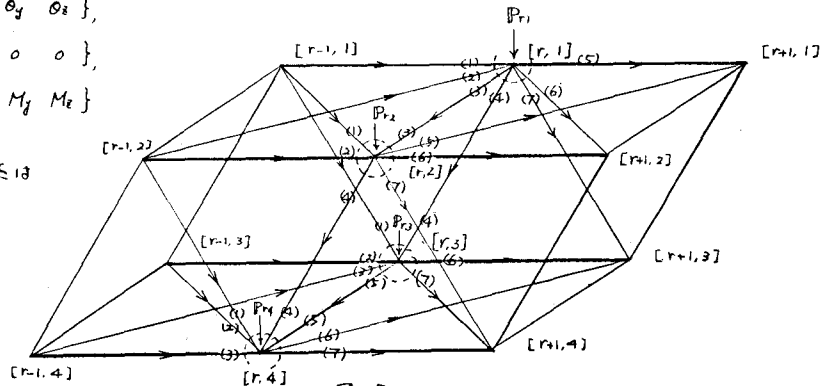


図 2

ここにおける U, U' は部材両端における変位量である。

図2より、 r 番目における単位構の節点つりあいを考え、整理すると

$$\begin{bmatrix} [\lambda'_1 & K_2 & 0 & 0]_1 \\ [K_1 & \lambda'_2 & 0 & 0]_2 \\ [K_1 & 0 & \lambda'_3 & K_3]_3 \\ [0 & K_1 & K_2 & \lambda'_3]_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} [L \ \mu_3 & K_4 & 0 & 0]_1 \\ [K_4 & 0 & 0 & K_4]_2 \\ [K_4 & 0 & 0 & K_4]_3 \\ [0 & K_4 & K_5 & 0]_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} [L \ \mu_5 & K_6 & K_7 & 0]_1 \\ [K_5 & \mu_6 & 0 & K_7]_2 \\ [0 & 0 & \mu_6 & K_7]_3 \\ [0 & 0 & K_6 & \mu_7]_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{bmatrix} = 0 \text{ となる。}$$

前式において、

$$\sigma_{r1} = -(\mu_1' + K_2 + K_3 + K_4 + \lambda_5 + K_6 + K_7)r_1,$$

$$\sigma_{r2} = -(K_1 + \mu_2' + K_3 + K_4 + K_5 + \lambda_6 + K_7)r_2,$$

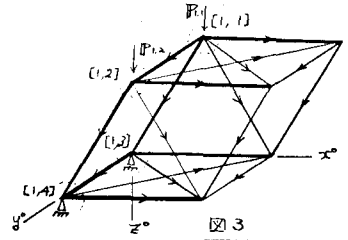
$$\sigma_{r3} = -(K_1 + \mu_2' + K_3 + K_4 + K_5 + \lambda_6 + K_7)r_3,$$

$$\sigma_{r4} = -(K_1 + K_2 + \mu_3' + K_4 + K_5 + K_6 + \lambda_7)r_4,$$

3. 端条件

(a) 左端において $\{u, v, w\}_{i=1} = 0$, $\{u, v, w\}_{i=4} = 0$ とすると、基本方程式は次の如く書かれる。(図3)

$$\begin{bmatrix} L & \sigma & \mu_3 & \mu_4 & 0 & 1 \\ L & \lambda_3 & \sigma & 0 & \mu_4 & 2 \\ L & s\lambda_4 & 0 & s\sigma + s' & s\mu_5 & 3 \\ L & 0 & s\lambda_5 & s\lambda_5 & s\sigma + s' & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L & \mu_5 & K_6 & \lambda_7 & 0 & 1 \\ L & K_5 & \mu_6 & 0 & K_7 & 2 \\ L & 0 & 0 & s\mu_6 & s\lambda_7 & 3 \\ L & 0 & 0 & sK_6 & s\mu_7 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ sP_3 \\ sP_4 \end{bmatrix} = 0$$



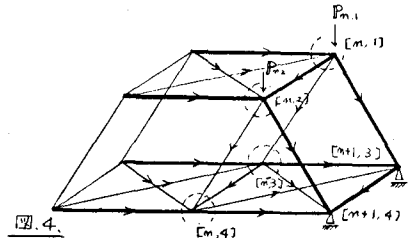
上式において $s = \text{diag}[0, 0, 0, 1, 1, 1]$,
 $s' = \text{diag}[1, 1, 1, 0, 0, 0]$.

(b) 右端左、右端右において s, s' を用いて基本方程式を書きかえることが出来る。(図4)

4. 最終方程式

一般の構造物とこれらの単位構の組み合わせを考え、以上の基本方程式を整理すると、

$$\begin{bmatrix} B_1 & C_1 \\ A_2 & B_2 & C_2 \\ \dots & \dots & \dots \\ A_{n+1} & B_{n+1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \dots \\ U_{n+1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \{P\}_1 \\ \{P\}_2 \\ \dots \\ \{P\}_{n+1} \end{bmatrix} = 0 \quad \text{と成る。}$$



5. 計算結果

図5で示された構造物の変位量は次の如くなる。

	u	v	w	ϕ	θ_y	θ_z
r=1						
1	0.1708470E-02	-0.2047494E-03	0.5466892E-02	-0.1917632E-04	-0.3590199E-04	0.6940165E-03
2	0.1708510E-02	0.2048123E-03	0.5460974E-02	0.1920409E-04	0.3588777E-04	0.6940302E-03
3	0.0	0.0	0.0	-0.2318609E-04	-0.3694461E-05	0.1196050E-02
4	0.0	0.0	0.0	0.2318903E-04	0.3694698E-05	0.1196062E-02
r=2						
1	-0.7072231E-08	-0.3779649E-03	0.8450206E-02	-0.1917845E-04	-0.2028173E-09	0.1396944E-08
2	-0.1658918E-09	0.3779880E-03	0.8450333E-02	0.1920050E-04	-0.6702976E-09	-0.4656613E-09
3	-0.1743967E-03	0.1892184E-04	0.7119957E-02	-0.2318618E-04	0.5015986E-05	0.1025310E-02
4	-0.1744010E-03	-0.1891844E-04	0.7120065E-02	0.2318957E-04	-0.5015527E-05	0.1025330E-02
r=3						
1	-0.1708492E-02	-0.2047604E-03	0.5460918E-02	-0.1918033E-04	0.2589941E-04	-0.6940232E-03
2	-0.1708515E-02	0.2048033E-03	0.5460978E-02	0.1919872E-04	-0.2589111E-04	-0.6940311E-03
3	0.1743913E-03	0.1892273E-04	0.7119972E-02	-0.2318635E-04	-0.9505802E-05	-0.1025319E-02
4	0.1743952E-03	-0.1891973E-04	0.7120077E-02	0.2318864E-04	0.3013366E-05	-0.1025328E-02
r=4						
3	0.0	0.0	0.0	-0.2318631E-04	0.2694208E-05	-0.1196054E-02
4	0.0	0.0	0.0	0.2318851E-04	-0.3694443E-05	-0.1196070E-02

6. あとがき

上記結果は手演算でなされたものであり、期待した精度と得たことになり、多少複雑な系に対しとも同様に高精度のものも期待できる。

