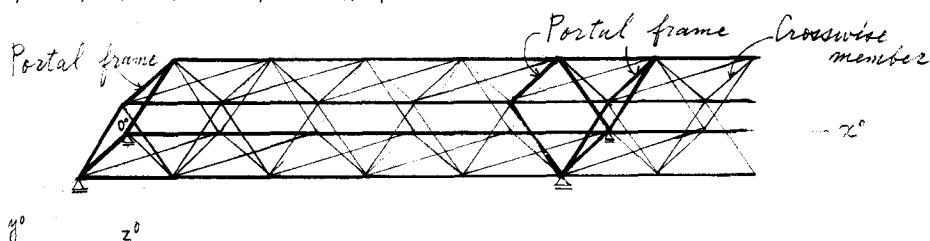


I-131 演算子法による連続ワーレントラスの立体解析

信州大学 学生員 稲葉輝雄, 生原 寛
正員 谷本勉之助, 夏目 正太郎

1. まえがき

従来、橋梁解析は平面的に分割して取り扱われ、その結果ねじれ挙動は無視されてきた。しかし本稿は下図に示す連続ワーレントラスを立体的に解析した。これによりねじれ挙動が明確になり、より正確性を持つに至った。即ち、太線部材は三次元的に曲げ、ねじり、軸力を受けるのに対し、細線部材は軸力のみに受けることとした。本稿の演算子法によると、最終的に三軸ストリクスとなり、電算のワーキングスペースが少なくて済む。又、誤差集積も少ない。将来、電算の進歩と普及に伴い、実際の構造物に即した立体解析になるであろう。



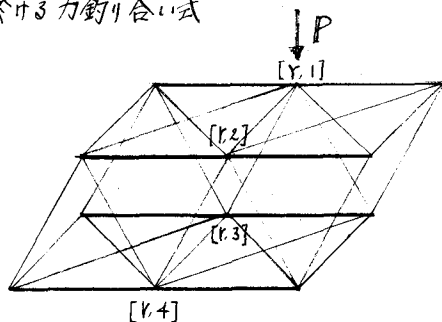
2. 基本式

力と変位の関係式は

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

上式に於て $F = \{F_x, F_y, F_z, 0, 0, 0\}$, $U = \{u, v, w, \phi, \theta_y, \theta_z\}$, $V = \{F, S_y, S_z, T, M_y, M_z\}$ である。

3. 節点に於ける力釣り合い式



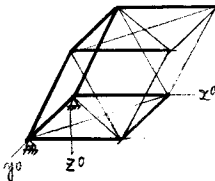
$$\begin{bmatrix} -\lambda_1 & \lambda_2 & 0 & 0 \\ -\lambda_1 & \lambda_2 & 0 & 0 \\ \lambda_1 & 0 & \lambda_2 & \lambda_3 \\ 0 & \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 \end{bmatrix}_{[r,1]} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \sigma & \lambda_3 & \lambda_4 & 0 \\ \lambda_3 & \sigma & 0 & \lambda_4 \\ -\lambda_4 & 0 & \sigma & \lambda_5 \\ 0 & \lambda_4 & \lambda_5 & \sigma \end{bmatrix}_{[r,2]} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mu_5 & \mu_6 & \mu_7 & 0 \\ \mu_5 & \mu_6 & 0 & \mu_7 \\ 0 & 0 & \mu_6 & \mu_8 \\ 0 & 0 & \mu_7 & \mu_8 \end{bmatrix}_{[r,3]} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} P \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{bmatrix}_{[r,4]} = 0$$

前式を簡略化すると

$$[A_r, B_r, C_r] \begin{Bmatrix} \{U\}_{r-1} \\ \{U\}_r \\ \{U\}_{r+1} \end{Bmatrix} + \{P\}_r = 0 \quad \times \text{なる。}$$

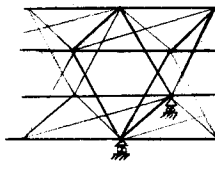
4. 端条件と中間支条件

(a) 左端



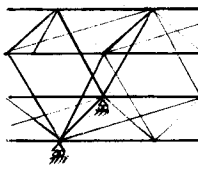
$$\begin{bmatrix} 0 & M_2 & M_4 & 0 \\ \lambda_2 & 0 & 0 & M_4 \\ -\lambda_2 & 0 & S_0 + S & S M_4 \\ 0 & -\lambda_2 & -\lambda_2 & S_0 + S \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} M_5 & K_6 & K_7 & 0 \\ K_5 & M_6 & 0 & K_7 \\ 0 & 0 & S M_6 & -S K_7 \\ 0 & 0 & -S K_6 & S M_7 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ S_3 P_3 \\ S_4 P_4 \end{Bmatrix} = 0$$

(b) 中間左



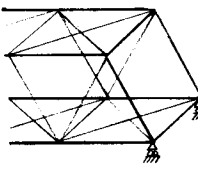
$$\begin{bmatrix} -\lambda_1 & K_2 & 0 & 0 \\ K_1 & -\lambda_2 & 0 & 0 \\ -K_1 & 0 & \lambda_2 & K_3 \\ 0 & K_2 & K_3 & -\lambda_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & M_2 & M_4 & 0 \\ \lambda_2 & 0 & 0 & M_4 \\ -\lambda_2 & 0 & S_0 + S & S M_4 \\ 0 & -\lambda_2 & -\lambda_2 & S_0 + S \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} M_5 & K_6 & K_7 & 0 \\ K_5 & M_6 & 0 & K_7 \\ 0 & 0 & S M_6 & -S K_7 \\ 0 & 0 & -S K_6 & S M_7 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{Bmatrix} = 0$$

(c) 中間右



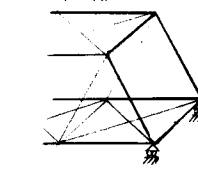
$$\begin{bmatrix} -\lambda_1 & K_2 & 0 & 0 \\ K_1 & -\lambda_2 & 0 & 0 \\ -K_1 & 0 & \lambda_2 & K_3 \\ 0 & -\lambda_2 & -\lambda_2 & S_0 + S \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & M_2 & M_4 & 0 \\ \lambda_2 & 0 & 0 & M_4 \\ -\lambda_2 & 0 & S_0 + S & S M_4 \\ 0 & -\lambda_2 & -\lambda_2 & S_0 + S \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} M_5 & K_6 & K_7 & 0 \\ K_5 & M_6 & 0 & K_7 \\ 0 & 0 & S M_6 & -S K_7 \\ 0 & 0 & -S K_6 & S M_7 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ S_3 P_3 \\ S_4 P_4 \end{Bmatrix} = 0$$

(d) 右端左



$$\begin{bmatrix} -\lambda_1 & K_2 & 0 & 0 \\ K_1 & -\lambda_2 & 0 & 0 \\ K_1 & 0 & \lambda_2 & K_3 \\ 0 & K_2 & K_3 & -\lambda_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & M_2 & M_4 & 0 \\ \lambda_2 & 0 & 0 & M_4 \\ -\lambda_2 & 0 & S_0 + S & S M_4 \\ 0 & -\lambda_2 & -\lambda_2 & S_0 + S \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & M_7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & M_7 \\ 0 & 0 & M_6 & K_7 \\ 0 & 0 & -K_6 & M_7 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{Bmatrix} = 0$$

(e) 右端右



$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\lambda_1 & 0 & -\lambda_2 & -\lambda_3 \\ 0 & -\lambda_2 & -\lambda_2 & S_0 + S \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} E & 0 & 0 & 0 \\ 0 & E & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_0 + S & S M_1 \\ 0 & 0 & -S K_1 & S M_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ S_3 P_3 \\ S_4 P_4 \end{Bmatrix} = 0$$

5. あとがき

以上3, 4を Assembling すると、次式の望ましい三軸マトリクスが得られる。

$$\begin{bmatrix} B_1, C_1 \\ A_2, B_2, C_2 \\ A_3, B_3, C_3 \\ \vdots \\ A_{n+1}, B_{n+1} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{U\}_1 \\ \{U\}_2 \\ \{U\}_3 \\ \vdots \\ \{U\}_{n+1} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} \{P\}_1 \\ \{P\}_2 \\ \{P\}_3 \\ \vdots \\ \{P\}_{n+1} \end{Bmatrix} = 0$$