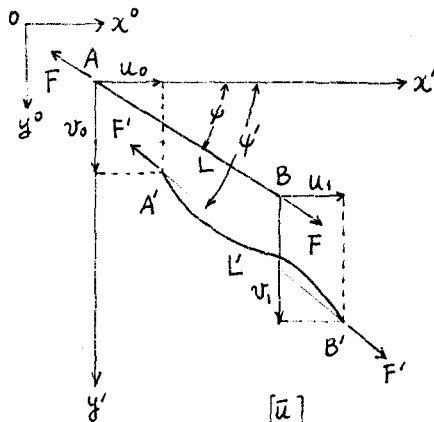


三井造船(株) 正員 ○木村 克正
 信州大学 " 夏目 正太郎
 " 谷本 勉之助

1. まえがき

ここに述べる解析方法は次のようである。すなわち、初期張力の作用する曲げと軸力を受ける部材に関して、変形後の力のつりあい式を求め、ケーブルとハンガーをつなぐノードと補剛桁とハンガーをつなぐノードからなるユニットについて変位方程式を組み立てる。この変位方程式の全剛性マトリクスは、3軸マトリクスの形で表示されているので、大きな次数の逆マトリクスを計算する必要がなく（今回の計算では9×9の逆マトリクス計算で済む）、掃き出し計算（Sweep Out Method）にてすべてのノードの変位（ u, v, θ ）を求めることができる。また漸化計算であるので、吊橋のパネル数に制限されることが緩和される。ユニットごとに変位方程式を立てているため、比較的小さなメモリーで、トラスのままの計算を行なうことができる。

2. 基本式



$$\begin{aligned} \bar{v}_0: \text{部材左端の変位} &= \begin{bmatrix} \bar{u} \\ \bar{v} \\ \bar{\theta} \end{bmatrix}_0 \\ \bar{v}_1: \text{部材右端の変位} &= \begin{bmatrix} \bar{u} \\ \bar{v} \\ \bar{\theta} \end{bmatrix}_1 \end{aligned} \quad (2b)$$

部材の剛性を表わすマトリクス

$$\begin{bmatrix} -\alpha' & \beta \\ \alpha & -\beta' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} \\ \frac{6EI}{L^3} \\ \frac{2EI}{L^2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & L \\ 0 & -3 & -2L \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & -L \\ 0 & -3 & L \end{bmatrix} \quad (3)$$

2-1. 局所座標系について

$$\begin{bmatrix} \bar{v}_0 \\ -\bar{v}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\alpha' & \beta \\ \alpha & -\beta' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{v}_0 \\ \bar{v}_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y \\ Y' \end{bmatrix} K + \begin{bmatrix} \bar{Q}_0 \\ -\bar{Q}_1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここに

$$\bar{v}_0: \text{部材左端の断面力} = \begin{bmatrix} F \\ S \\ M \end{bmatrix}_0 \quad (2a)$$

$$\bar{v}_1: \text{部材右端の断面力} = \begin{bmatrix} F \\ S \\ M \end{bmatrix}_1$$

$$\bar{Q}_0: \text{部材左端に作用する初期力} = \begin{bmatrix} Q_F \\ Q_S \\ Q_M \end{bmatrix}_0 \quad (2c)$$

$$\bar{Q}_1: \text{部材右端に作用する初期力} = \begin{bmatrix} Q_F \\ Q_S \\ Q_M \end{bmatrix}_1$$

荷重項

$$\begin{bmatrix} \gamma \\ \gamma' \end{bmatrix} K = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} \\ \frac{6EI}{L^2} \\ \frac{2EI}{L^2} \end{bmatrix}^D \cdot \begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -2 & -1 & 0 & 1 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 3 & 2 & 1 & 0 & 0 & -3 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & 3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ L[1 - \cos(\psi' - \psi)] \\ L(\psi' - \psi) \end{bmatrix} \quad (4)$$

2-2. 全体座標系について (局所座標を座標変換)

$$\begin{bmatrix} \nabla_0 \\ -\nabla_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\lambda' & \mu \\ \lambda & -\mu' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_0 \\ U_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma \\ \gamma' \end{bmatrix} K + \begin{bmatrix} Q_0 \\ Q_1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

ここに

$$\begin{bmatrix} \lambda & \mu \\ \lambda & \mu' \end{bmatrix} = I \cdot \begin{bmatrix} \alpha' & \beta \\ \alpha & \beta' \end{bmatrix} \quad (6a) \quad \begin{bmatrix} \gamma \\ \gamma' \end{bmatrix} = L \cdot \begin{bmatrix} \gamma \\ \gamma' \end{bmatrix} \quad (6b) \quad \begin{bmatrix} Q_0 \\ Q_1 \end{bmatrix} = II \cdot \begin{bmatrix} \bar{Q}_0 \\ -\bar{Q}_1 \end{bmatrix} \quad (6c) \quad I = \begin{bmatrix} \cos \psi' & -\sin \psi' & 0 \\ \sin \psi' & \cos \psi' & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

射影子

3. 変位方程式

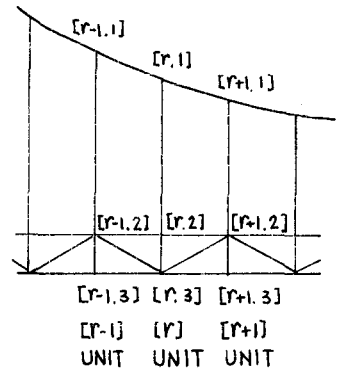
$$\text{ノードの力のつりあい式は} \quad -\Sigma V_i + \Sigma \nabla_0 + P = 0 \quad (8)$$

[r] ユニットのノード[r, 1], [r, 2], [r, 3] について

力のつりあい式を立てれば,

$$\begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \lambda_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}_{r-1} + \begin{bmatrix} \mu_1 & \mu_2 & 0 \\ \lambda_1 & \mu_2 & \mu_3 \\ 0 & \lambda_2 & \mu_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}_r + \begin{bmatrix} \mu_1 & 0 & 0 \\ 0 & \mu_2 & 0 \\ 0 & \mu_2 & \mu_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}_{r+1} + \begin{bmatrix} P'_1 \\ P'_2 \\ P'_3 \end{bmatrix}_r = 0 \quad (9)$$

$$L A_{r-1}, B_r, C_{r+1} \begin{bmatrix} \{U\}_{r-1} \\ \{U\}_r \\ \{U\}_{r+1} \end{bmatrix} + \{P'\}_r = 0 \quad (10)$$



n個のユニット (r=0~n) につき (10)式を適用すれば

$$\begin{bmatrix} B_1 & C_2 \\ A_1 & B_2 & C_3 \\ & \ddots & \ddots \\ A_{n-2} & B_{n-1} & C_n \\ A_{n-1} & B_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \{U\}_1 \\ \{U\}_2 \\ \vdots \\ \{U\}_{n-1} \\ \{U\}_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \{P'\}_1 \\ \{P'\}_2 \\ \vdots \\ \{P'\}_{n-1} \\ \{P'\}_n \end{bmatrix} = 0 \quad (11)$$

簡略化して書けば

$$[S]\{U\} + \{P'\} = 0 \quad (12)$$

4. 計算

(12)式中の全剛性マトリクス S は3軸マトリクスにて表示されており漸化方式で解くことができる。有限変位理論ではSに未知数を含んでいるので、漸化計算と繰返し計算を交互に行なうことにより変位{U}を求めることができる。計算結果については当日発表する予定である。