

KK日本構造橋梁研究所 正員 野中正樹
 信州大学 正員 夏田正太郎
 KK日本構造橋梁研究所 正員 O的場興司

1. 概説

格子の影響線載荷は通常大型電子計算機でないと処理できないと言われている。ここでは任意形状の格子構造に影響線の単位荷重を動かして、しかも小型電子計算機で処理しようとするものである。この格子の影響線載荷の解析を演算子法で行う。演算子法の特徴等については前回の講演会で発表されているが、影響線載荷になると荷重項の扱いが非常に複雑になる。演算子法では格子構造を各单位構 (Unit) に分類しそれを単位とした漸化式を進める。影響線載荷の格子構造の剛性マトリクスは三軸方程式である。

$$\begin{bmatrix} B_1 & C_1 \\ A_2 & B_2 & C_2 \\ & A_3 & B_3 & C_3 \\ & & \dots & \dots \\ & & & A_n & B_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ \dots \\ U_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2' & P_2 \\ & P_3' & P_3 \\ & & \dots & \dots \\ & & & P_n' & P_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \\ \dots \\ K_n \end{bmatrix} = 0 \quad (1)$$

より簡単に書いて $[S] \{U\} + [P] = 0 \quad (2)$

$[S]$ は剛性マトリクス、 $[P]$ は影響線載荷による全荷重マトリクスである。 $[A B C P]_n$ は単一剛性マトリクスである。演算子法では剛性マトリクスは三軸マトリクスと成る関係上、剛性マトリクス $[A B C P]_n$ を扱う。このような関係より必ずしも大容量の計算機を用いることも大節点の長大構造物の連立方程式を扱うことができる。

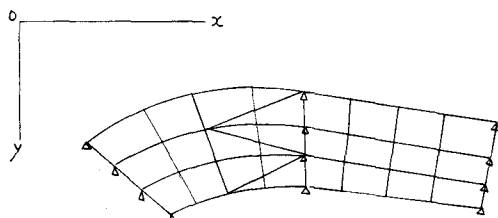


図-1. 任意格子

2. 基礎式

格子構造の状態ベクトルにおいて一般変位量 U および力量 V は

$$U = \begin{bmatrix} \phi \\ \omega \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ & & \frac{d}{dx} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi \\ \omega \end{bmatrix}, \quad V = \begin{bmatrix} T \\ S \\ M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} GJ \frac{d^2}{dx^2} & 0 \\ 0 & -EI \frac{d^3}{dx^3} \\ 0 & -EI \frac{d^2}{dx^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi \\ \omega \end{bmatrix} \quad (3)$$

で表われ、式(3)を整理すると、出発方程式を得る

$$U = P(\phi) [N + \{K\}], \quad V = Q(P) [N + \{K\}] \quad (4)$$

$\{K\}$ は格子構造の部材のある点に注目して単位荷重を動かす時、部材の任意の中間点に載荷した場合に、動かした部分だけの列マトリクスとなる。これは影響線の荷重マトリクスである。式(4)を系統的に整理すると部材端の力量は部材端の変位量で表わすことのできる式 (Key Equation) が得られる。又任意形状である関係上部材の状態ベクトルを基準の座標に斜射する必要がある。この処理は部材の両端の座標値を与えると射影マトリクスが作られ Key Equation の成分を基準の座標に変換してくれる。式(5)より、各節点での力平衡条件を取り入れて整理

すると、式(1)が得られる。

$$\begin{bmatrix} \nabla \\ \nabla' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda & \mu \\ \lambda' & \mu' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ U' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V \\ V' \end{bmatrix} \{K\} \quad (5)$$

3. 影響線の荷重項の扱い

影響線の単位荷重を移動載荷する位置については格子構造の節点と部材の中間点とに載荷する時では扱いが変わってくる。

i) 格子構造の節点にだけ影響線荷重が載荷する場合

単位荷重が節点に載荷した時は、単位構の各節点の力平衡条件を取り入れる時に節点荷重を参加させると、全荷重マトリクスの対角線上に荷重項が現われ全剛性マトリクスは

$$[P] = \begin{bmatrix} P_1 & & & & \\ & P_2 & & & \\ & & P_3 & & \\ & & & \dots & \\ & & & & P_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

に在る関係式非常に扱いが簡単である。

ii) 格子構造の部材の中間に影響線荷重が載荷する場合

部材の中間に荷重が作用する場合は、かたぬき式(5)の荷重マトリクスの項が参加してくる。

格子構造を単位構に分類すると部材は同じ単位構内の節点同士で結ばれる時の閉部材 (Closed member) と相隣る単位構の節点とに結ぶ開部材 (Open member) がある。

閉部材の影響線載荷の荷重マトリクスを F_m とし、開部材の荷重マトリクスを F'_m とすれば全荷重マトリクスは、

$$[P] = \begin{bmatrix} F_1 & F'_1 & & & \\ & F_2 & F'_2 & & \\ & & F_3 & F'_3 & \\ & & & \dots & \\ & & & & F_n & F'_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

ここで、閉部材の荷重マトリクス項は独立的で、開部材の荷重マトリクス項は次の漸化の時見返す時に、 F'_m が現われ、3重的に対角線上に並ぶ。

又一部材に節点の影響線載荷しても同様に扱うことができる。

4. まとめ

小型電子計算機 (16KB) で節点数100, 影響線載荷点100, 注目点は各部材の両端と中央点という系がすでにできている。