

I-19 連続曲線格子桁橋の構造解析

大阪市立大学 正員 小松 定夫

連続曲線桁の計算法については、既に文献(1)で発表したが、本報告ではその結果を連続曲線格子桁橋の構造解析に適用することについて述べる。

図-1に示す任意の形状寸法をもつ連続曲線格子桁橋において、 N 本の主桁に番号 $1, 2, \dots, j, \dots, N$ を付し、 P 本の横桁に番号 $1, 2, \dots, m, \dots, P$ を付す。いま図-2のように横桁の中点を切断し、各主桁を互に他から切り離して基本系をつくる。すると横桁 (j, m) の断面には曲げモーメント $M_{j,m}$ 、せん断力 $V_{j,m}$ が存在する。

さて第 j 番の単独連続桁において、

(1) 単位集中荷重 $P=1$ が点 m に作用する場合
点 X における、たわみ $\delta_{j,xm}$ 、断面回転角 $\phi_{j,xm}$ とす。

(2) 単位集中トルク $T=1$ が点 m に作用する場合
点 X における、たわみ $\delta_{tj,xm}$ 、断面回転角 $\phi_{tj,xm}$ とす。

これらの4量の影響線は文献(1)によって計算できる。

1. 弾性方程式

$2P(N-1)$ 個の不静定量 $V_{j,m}, M_{j,m}$ に関する弾性方程式を行列表示すれば、次のようである。

$$AX = Q \quad (1)$$

方程式(1)において、

$$A = \begin{bmatrix} P & T \\ \bar{\phi} & \bar{\phi}_t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Gamma & 0 \\ \frac{W}{2} & \Gamma \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} d_a & 0 \\ 0 & d_a \end{bmatrix}$$

$$P = \bar{J} + \frac{1}{2} W \phi$$

$$T = \bar{J}_t + \frac{1}{2} W \phi_t$$

$$\bar{J} = \begin{bmatrix} -\delta_1 & \delta_2 & & \\ & -\delta_j & \delta_{j+1} & \\ & & \ddots & \ddots \\ & & & -\delta_{N-1} & \delta_N \end{bmatrix},$$

$$\bar{J}_t = \begin{bmatrix} -\delta_{t1} & \delta_{t2} & & \\ & -\delta_{tj} & \delta_{tj+1} & \\ & & \ddots & \ddots \\ & & & -\delta_{tN-1} & \delta_{tN} \end{bmatrix},$$

$$\phi = \begin{bmatrix} \phi_1 & \phi_2 & & \\ & \phi_j & \phi_{j+1} & \\ & & \ddots & \ddots \\ & & & \phi_{N-1} & \phi_N \end{bmatrix},$$

$$\phi_t = \begin{bmatrix} \phi_{t1} & \phi_{t2} & & \\ & \phi_{tj} & \phi_{tj+1} & \\ & & \ddots & \ddots \\ & & & \phi_{tN-1} & \phi_{tN} \end{bmatrix}$$

対称行列

(2)

(3)

(4)

$\bar{\phi}, \bar{\phi}_t$ はそれぞれ行列 $\bar{\delta}, \bar{\delta}_t$ において部分行列 δ_j, δ_{tj} を ϕ_j, ϕ_{tj} で置き代えた行列である。

$$W = \text{Diag.} [w_j], \quad d_a = \text{Diag.} [d_{aj}], \quad d_d = \text{Diag.} [d_{dj}] \quad (5)$$

$$\delta_j = [\delta_{jnm}], \quad \delta_{tj} = [\delta_{tjnm}], \quad \phi_j = [\phi_{jnm}], \quad \phi_{tj} = [\phi_{tjnm}], \quad w_j = \text{Diag.} [w_{jn}], \quad d_{aj} = \frac{1}{12} \text{Diag.} \left[\frac{d_{ajn}^3}{EI_{jn}} \right], \quad d_{dj} = \text{Diag.} \left[\frac{d_{djn}}{EI_{jn}} \right] \quad (6)$$

d_{jn} : 横桁(jn)の支間長, $E\bar{I}_{jn}$: 横桁(jn)の曲げこわさ

$$\Gamma = \begin{bmatrix} -1 & & & & \\ & 1 & -1 & & \\ & & \ddots & \ddots & \\ & & & 1 & -1 \\ & & & & 1 \end{bmatrix}, \quad W = \begin{bmatrix} w_1 & & & & \\ w_1 & w_2 & & & \\ & \ddots & \ddots & \ddots & \\ & & w_j & w_{j+1} & \\ & & & \ddots & \ddots \\ & & & & w_{N-1} & w_N \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$X = \begin{bmatrix} V \\ M \end{bmatrix}, \quad V = \begin{bmatrix} V_{11} & \cdots & V_{1k} & \cdots & V_{1N} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ V_{ji} & \cdots & V_{jk} & \cdots & V_{jN} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ V_{N+1,1} & \cdots & V_{N+1,k} & \cdots & V_{N+1,N} \end{bmatrix}, \quad M = \begin{bmatrix} M_{11} & \cdots & M_{1k} & \cdots & M_{1N} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ M_{ji} & \cdots & M_{jk} & \cdots & M_{jN} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ M_{N+1,1} & \cdots & M_{N+1,k} & \cdots & M_{N+1,N} \end{bmatrix}, \quad V_{jk} = [V_{jnk,km}], \quad M_{jk} = [M_{jnk,km}], \quad n, m = 1, 2, \dots, P, \quad k = 1, 2, \dots, N, \quad j = 1, 2, \dots, N-1 \quad (8)$$

各要素 $V_{jnk,km}$, $M_{jnk,km}$ はそれぞれ第 k 主桁格点 m に単位荷重が作用する場合の第 j パネル第 n 横桁中点におけるせん断力および曲げモーメントを表わす。

2. 荷重項

(1) 単位集中荷重

$$Q = \begin{bmatrix} P \\ \bar{\phi} \end{bmatrix}$$

(2) 単位集中トルク

$$Q = \begin{bmatrix} T \\ \bar{\phi}_t \end{bmatrix} \quad (9)$$

3. 断面力および変形量の影響面

各主桁の断面力あるいは変形量の影響面を表わす行列は次式で与えられる。

$$S = S_0 + KX \quad (10)$$

$$S_0 = \text{Diag.} [S_{k0}], \quad S_{k0} = [\bar{S}_{k,nm}] \text{ あるいは } [\bar{S}_{tk,nm}]$$

$\bar{S}_{k,nm}$ は基本系の第 k 主桁の格点 (k, m) に単位集中荷重が作用する場合の断面力, 変形量
 $\bar{S}_{tk,nm}$ は基本系の第 k 主桁の格点 (k, m) に単位トルクが作用する場合

$$K = \begin{bmatrix} k_1 & & & & \\ & i_1 & j_1 & & \\ k_2 & k_2 & & & \\ & i_2 & j_2 & & \\ & & \ddots & \ddots & \\ & & & i_k & j_k \\ & & & & i_{N-1} & j_{N-1} \\ & & & & & i_N & j_N \end{bmatrix}, \quad k_k = -\left[\bar{S}_{k,nm} + \frac{1}{2} w_{k-1,m} \bar{S}_{tk,nm} \right], \quad i_k = \left[\bar{S}_{k,nm} - \frac{1}{2} w_{k,m} \bar{S}_{tk,nm} \right], \quad j_k = [\bar{S}_{tk,nm}], \quad i_k = -j_k \quad (11)$$

* (1) 小西一郎, 小松定夫: 連続曲梁橋の立体的解析, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要 p.34~38 昭和35年11月