

並列箱桁曲線橋の解法

PRACTICAL METHOD OF ANALYSIS FOR THE CURVED
BRIDGE WITH MULTIPLE BOX GIRDERS稼 農 知 徳*
By Chitoku Kano

1. ま え が き

曲線格子桁には曲線主桁と荷重分配横桁との結合構造により、図-1 (a), (b) に示すとおり、ヒンジ結合と剛結合の2種類が考えられる。格子構造が実際にヒンジ結合の場合、さらに曲線主桁断面がI形断面などねじれ剛性 GJ_T の小さい場合にはヒンジ結合として構造解析を行なうことができる。しかし曲線主桁断面が箱形などねじれ剛性 GJ_T の大きい閉じ断面で実際の結合構造が剛結合の場合には剛な結合として構造解析を行なわねばならない。

本論文は曲線主桁と横桁が剛結合の場合における曲線格子桁の実用解析法を誘導し、数値計算例において非常に簡単に、かつ厳密に解析できることを示したものである。従来、曲線格子桁の数値解析は一般に高次の不静定構造となるので電子計算機の使用によらねば事実上不可能であったが、本論文の実用解析法によれば、机上において数値解析ができるようになったわけである。また、たとえ電子計算機の使用によったとしてもプログラミングが簡単であり、小型電子計算機にも解析可能である。さらに、それらの結果に対する照査が簡便にできるなどその利点は大きいものと思う。

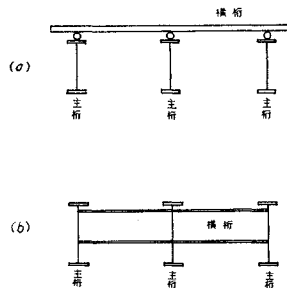


図-1

2. 曲線格子桁の構造形式と仮定

本文で取扱う曲線格子桁の構造形式は次の仮定を満足するものとする。

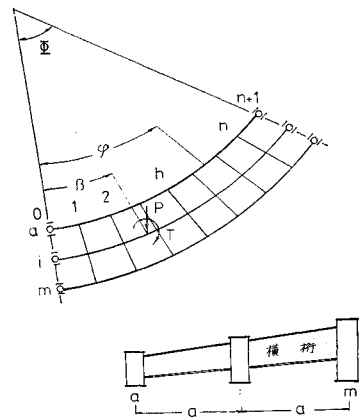


図-2

1) 曲率中心を共有し、円弧の中心角 ϕ が等しい、2本以上の曲線主桁とその軸線が曲率中心にすべて一致し、各曲線主桁と半径方向に直角に交わる直線横桁とで構成する。

2) 曲線主桁と横桁は剛に結合し、横桁のねじれ剛性は無視する。また曲線主桁は両端で曲げに対して回転自由、ねじれに対しては剛に拘束されているものとし、その軸線はねじれ中心の位置とする。

3. 曲線格子桁の弾性方程式

曲線主桁 m 本と横桁 n 本とからなる曲線格子桁において主桁と横桁が剛結合の場合には内的に $2(m-1)n$ 次の不静定構造となる。不静定量としては一般に、横桁中点で切断し、切断面に生ずるせん断力と曲げモーメントを選び解析する。いま図-3のように不静定せん断力 $X_{A(m)}=1$ と不静定モーメント $X_{B(m)}=1$ 等をそ入するが本論文ではアフィン荷重法によりこの不静定量を求めると。

アフィン荷重群とばね係数の関係式は式(1)となる。

* 正会員 工修 北海道大学助教授 工学部土木工学科

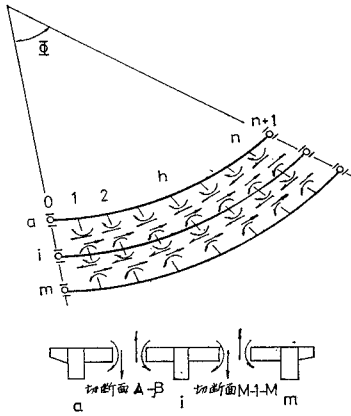


図-3

垂直ばね係数

$$\omega_{i(n)}^{\downarrow} = \frac{U_{ij,i(n)}^{\downarrow}}{\alpha_{j(n)}}$$

ねじればね係数

$$\omega_{i(n)}^{\curvearrowright} = \frac{\vartheta_{ij,i(n)}^{\curvearrowright}}{\alpha_{j(n)}} \quad (\text{または } \omega_{i(n)}^{\curvearrowright} = \frac{U_{ij,i(n)}^{\curvearrowright}}{\beta_{j(n)}})$$

回転ばね係数

$$\omega_{i(n)}^{\curvearrowleft} = \frac{\vartheta_{ij,i(n)}^{\curvearrowleft}}{\beta_{j(n)}} \quad i=a, b, \dots, m \quad j, n=1, \dots, n \quad \dots (1) \text{ a-c}$$

$\alpha_{j(n)}$ は垂直アフィン荷重群であり、 $\beta_{j(n)}$ はねじれアフィン荷重群である。また、 $U_{ij,i(n)}$ 、 $\vartheta_{ij,i(n)}$ 、 \dots 等は 図-4 および 図-5 から明らかなるように、特に主桁 i を明記して、式 (2) のようになる。

$$\left. \begin{aligned} U_{ij,i(n)}^{\downarrow} &= \sum_{h=1}^n U_{ij,ih}^{\downarrow} \cdot \alpha_{h(n)}, & \vartheta_{ij,i(n)}^{\downarrow} &= \sum_{h=1}^n \vartheta_{ij,ih}^{\downarrow} \cdot \alpha_{h(n)} \\ U_{ij,i(n)}^{\curvearrowright} &= \sum_{h=1}^n U_{ij,ih}^{\curvearrowright} \cdot \beta_{h(n)}, & \vartheta_{ij,i(n)}^{\curvearrowright} &= \sum_{h=1}^n \vartheta_{ij,ih}^{\curvearrowright} \cdot \beta_{h(n)} \end{aligned} \right\} \dots (2) \text{ a-d}$$

曲線格子桁の基本系において、切断面 $I-K$ に第 n 組の垂直アフィン荷重群を作用させた状態を状態 $X_{I(n)}=1$ 、第 n 組のねじれアフィン荷重群を作用させた状態を

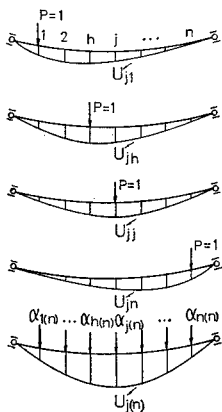


図-4

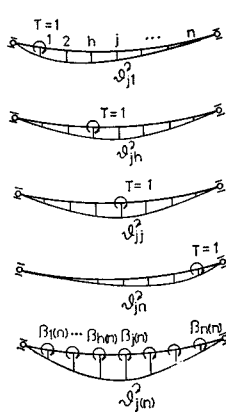


図-5

状態 $X_{K(n)}=1$ のように書くことにする。アフィン荷重群は曲線主桁の剛性が一定で、横桁の配置を等間隔とすれば次の値をとる。

$$\alpha_{h(n)} = \beta_{h(n)} = \sin \frac{n\pi h}{n+1} \quad h, n=1, \dots, n \quad \dots (3)$$

以上のように表記して、曲線格子桁の弾性方程式を求めると、式 (4) のように表わされる。

$$C \cdot X + P \cdot D + T \cdot \theta = 0 \quad \dots (4) \text{ a-e}$$

$$C = \begin{bmatrix} C_{11} & \dots & C_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{n1} & \dots & C_{nn} \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix},$$

$$D = \begin{bmatrix} D_1 \\ \vdots \\ D_n \end{bmatrix}, \quad \theta = \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \vdots \\ \theta_n \end{bmatrix}$$

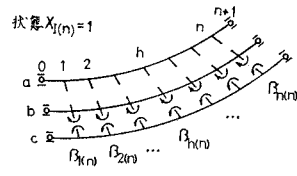
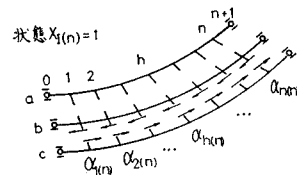


図-6

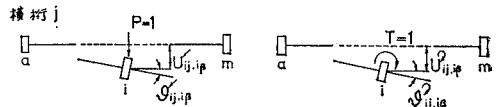
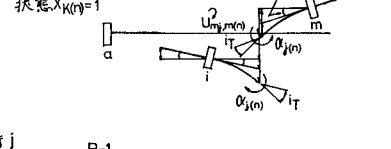
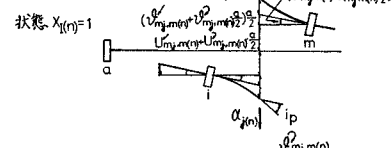
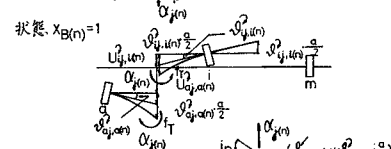
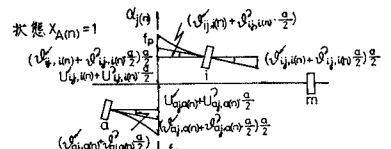


図-7

式(4)における係数マトリックス C の小マトリックス C_{nl} , C_{nn} およびマトリックス X_n , さらに荷重項 D_n , θ_n は次のように表わされる。

$$C_{nl} = \begin{bmatrix} \delta_{A(n), A(l)} & \delta_{A(n), B(l)} \cdots \delta_{A(n), M(l)} \\ \delta_{B(n), A(l)} & \delta_{B(n), B(l)} \cdots \delta_{B(n), M(l)} \\ \vdots & \vdots \cdots \vdots \\ \delta_{M(n), A(l)} & \delta_{M(n), B(l)} \cdots \delta_{M(n), M(l)} \end{bmatrix},$$

$$C_{nn} = \begin{bmatrix} \delta_{A(n), A(n)} & \delta_{A(n), B(n)} \cdots \delta_{A(n), M(n)} \\ \delta_{B(n), A(n)} & \delta_{B(n), B(n)} \cdots \delta_{B(n), M(n)} \\ \vdots & \vdots \cdots \vdots \\ \delta_{M(n), A(n)} & \delta_{M(n), B(n)} \cdots \delta_{M(n), M(n)} \end{bmatrix}$$

$$X_n = \begin{bmatrix} X_{A(n)} \\ X_{B(n)} \\ \vdots \\ X_{M(n)} \end{bmatrix}, \quad D_n = \begin{bmatrix} \delta_{A(n), 0} \\ \delta_{B(n), 0} \\ \vdots \\ \delta_{M(n), 0} \end{bmatrix},$$

$$\theta_n = \begin{bmatrix} \theta_{A(n), 0} \\ \theta_{B(n), 0} \\ \vdots \\ \theta_{M(n), 0} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (5) \text{ a-e}$$

ここでアフィン荷重群の重要な直交性による式(6)の条件式を用いれば係数小マトリックスの要素 $\delta_{I(n), K(l)}$ および荷重項の要素 $\delta_{I(n), 0}$, $\theta_{I(n), 0}$ に関しては次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \sum_{j=1}^n \alpha_{j(n)} \cdot \alpha_{j(l)} &= 0 \quad (n \neq l) \\ \sum_{j=1}^n \alpha_{j(n)}^2 &= \frac{1}{\mu(n)} \quad (n=l) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6) \text{ a-b}$$

状態 $X_{I(n)} = 1$:

$$\delta_{I(n), I-1(n)} = \left[-\omega'_{i(n)} + \omega'_{Ti(n)} \cdot \frac{a^2}{4} \right] \cdot \frac{1}{\mu(n)}$$

$$\delta_{I(n), K-1(n)} = \left[-\omega'_{Ti(n)} \cdot \frac{a}{2} - \omega \overline{\omega}_{Ti(n)} \cdot \frac{a^2}{4} \right] \cdot \frac{1}{\mu(n)}$$

$$\delta_{I(n), I(n)} = \left[\omega'_{i(n)} + \omega'_{k(n)} + (\omega'_{Ti(n)} + \omega'_{Tk(n)}) \cdot a + (\omega \overline{\omega}_{Ti(n)} + \omega \overline{\omega}_{Tk(n)}) \cdot \frac{a^2}{4} + 2f_P \right] \cdot \frac{1}{\mu(n)}$$

$$\delta_{I(n), K(n)} = \left[\omega'_{Ti(n)} - \omega'_{Tk(n)} + (\omega \overline{\omega}_{Ti(n)} - \omega \overline{\omega}_{Tk(n)}) \cdot \frac{a}{2} \right] \cdot \frac{1}{\mu(n)}$$

..... (7) a-d

状態 $X_{K(n)} = 1$:

$$\delta_{K(n), I-1(n)} = \left[-\omega'_{Ti(n)} + \omega \overline{\omega}_{Ti(n)} \cdot \frac{a}{2} \right] \cdot \frac{1}{\mu(n)}$$

$$\delta_{K(n), K-1(n)} = \left[-\omega \overline{\omega}_{Ti(n)} \right] \cdot \frac{1}{\mu(n)}$$

$$\delta_{K(n), K(n)} = \left[\omega \overline{\omega}_{Ti(n)} + \omega \overline{\omega}_{Tk(n)} + 2i_T \right] \cdot \frac{1}{\mu(n)}$$

..... (8) a-c

ここで、式(6)により、 $\delta_{I(n), K(l)} = 0$ となる、すなわち

$$C_{nl} = 0 \quad (n \neq l) \dots\dots\dots (9)$$

状態 $X_{I(n)} = 0 \quad (I = \dots, I, K, \dots)$:

主桁 i の点 β に $P=1$ が作用するとき、

$$\delta_{I-1(n), 0} = -\omega'_{i(n)} \cdot \rho_{i\beta(n)} + \omega'_{Ti(n)} \cdot \psi_{i\beta(n)} \cdot \frac{a}{2}$$

$$\delta_{K-1(n), 0} = -\omega'_{Ti(n)} \cdot \psi_{i\beta(n)}$$

$$\delta_{I(n), 0} = \omega'_{i(n)} \cdot \rho_{i\beta(n)} + \omega'_{Ti(n)} \cdot \psi_{i\beta(n)} \cdot \frac{a}{2}$$

$$\delta_{K(n), 0} = \omega'_{Ti(n)} \cdot \psi_{i\beta(n)} \dots\dots\dots (10) \text{ a-d}$$

主桁 i の点 β に $P=1$ が作用するとき、

$$\theta_{I-1(n), 0} = -\omega'_{i(n)} \cdot \psi_{i\beta(n)} + \omega \overline{\omega}_{Ti(n)} \cdot \tau_{i\beta(n)} \cdot \frac{a}{2}$$

$$\theta_{K-1(n), 0} = -\omega \overline{\omega}_{Ti(n)} \cdot \tau_{i\beta(n)}$$

$$\theta_{I(n), 0} = \omega'_{Ti(n)} \cdot \psi_{i\beta(n)} + \omega \overline{\omega}_{Ti(n)} \cdot \tau_{i\beta(n)} \cdot \frac{a}{2}$$

$$\theta_{K(n), 0} = \omega \overline{\omega}_{Ti(n)} \cdot \tau_{i\beta(n)} \dots\dots\dots (11) \text{ a-d}$$

ここで、

$$\left. \begin{aligned} \rho_{i\beta(n)} &= \frac{U'_{i\beta, i(n)}}{\omega'_{i(n)}} \quad (\text{単位曲げ曲線}) \\ \psi_{i\beta(n)} &= \frac{\vartheta'_{i\beta, i(n)}}{\omega'_{Ti(n)}} \quad (\text{単位ねじれ曲線}) \\ \tau_{i\beta(n)} &= \frac{\vartheta \overline{\omega}_{i\beta, i(n)}}{\omega \overline{\omega}_{Ti(n)}} \quad (\text{単位回転曲線}) \end{aligned} \right\} \dots\dots (12) \text{ a-c}$$

式(9)より $C_{nl} = 0$ であるから、係数マトリックス C は式(13)となる。

$$C = \begin{bmatrix} C_{11} & 0 \\ & \ddots \\ 0 & C_{nn} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (13)$$

これは、横桁本数だけの係数小マトリックスに分割されているから各横桁ごとに得られる弾性方程式を単独に解けばよいことを意味している。

4. 曲線主桁基本系 (剛支点上連続曲線桁)

曲線格子桁の解析のための補助系の1つとして剛支点上連続曲線桁を解析する。図-8の連続曲線桁の各支点には、垂直反力とねじれモーメント反力が生じているので垂直反力群 X_m とねじれモーメント反力群 Y_m を不静定量とする。不静定量を求める弾性方程式は式(14)となる。

$$A \cdot Z + P \cdot D + T \cdot \theta = 0 \dots\dots\dots (14) \text{ a-e}$$

$$A = \begin{bmatrix} \delta_{(1)(1)} & \cdots & \delta_{(1)(2n)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_{(2n)(1)} & \cdots & \delta_{(2n)(2n)} \end{bmatrix}, \quad Z = \begin{bmatrix} X_{(1)} \\ \vdots \\ Y_{(n)} \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} \delta_{(1), 0} \\ \vdots \\ \delta_{(2n), 0} \end{bmatrix}, \quad \theta = \begin{bmatrix} \theta_{(1), 0} \\ \vdots \\ \theta_{(2n), 0} \end{bmatrix}$$

式(14)における係数マトリックス A の要素 $\delta_{(n)(m)}$ および荷重項 D , θ の要素 $\delta_{(n), 0}$, $\theta_{(n), 0}$ は次のようになる。

ただし、式(1), (2), (6)を考慮している。

状態 $X_m = 1$:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{(n)(n)} &= \omega_{i(n)}' \cdot \frac{1}{\mu(n)} \\ \delta_{(n)(n+n)} &= \omega_{Ti(n)}' \cdot \frac{1}{\mu(n)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(15)$$

状態 $Y_{(n)}=1$:

$$\delta_{(n+n)(n+n)} = \omega_{Ti(n)}' \cdot \frac{1}{\mu(n)} \dots\dots\dots(16)$$

式(6)により, 要素 $\delta_{(n)(l)}=0$ ($n \neq l$) となる。

状態 $X_{(n)}=0$:

点 β に $P=1$ または $T=1$ が作用するとき,

$$\begin{aligned} \delta_{(n),0} &= \omega_{i(n)}' \cdot \rho_{i\beta(n)} \text{ または} \\ \theta_{(n),0} &= \omega_{Ti(n)}' \cdot \psi_{i\beta(n)} \dots\dots\dots(17) \text{ a-b} \end{aligned}$$

状態 $Y_{(n)}=0$:

点 β に $P=1$ または $T=1$ が作用するとき,

$$\begin{aligned} \delta_{(n+n),0} &= \omega_{i(n)}' \cdot \psi_{i\beta(n)} \text{ または} \\ \theta_{(n+n),0} &= \omega_{Ti(n)}' \cdot \tau_{i\beta(n)} \dots\dots\dots(18) \text{ a-b} \end{aligned}$$

以上の結果, 係数マトリックス A は式(19)となる。

$$A = \begin{pmatrix} \delta_{(1)(1)} & \delta_{(1)(n+1)} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \delta_{(n+1)} & \delta_{(n+1)(n+1)} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \delta_{(2)(2)} & \delta_{(2)(n+2)} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \delta_{(n+2)(2)} & \delta_{(n+2)(n+2)} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \delta_{(n)(n)} & \delta_{(n)(n+n)} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \delta_{(n+n)(n)} & \delta_{(n+n)(n+n)} \end{pmatrix} \dots\dots\dots(19)$$

これは, 各支点ごとに得られる2元連立弾性方程式を n 個独立に解けばよいことを意味している。式(14)を解けば不静定量 $X_{(n)}$ および $Y_{(n)}$ は式(20)となる。

点 β に $P=1$ が作用するとき,

$$\begin{aligned} X_{i\beta(n)} &= -\mu(n) \{ \omega_{i(n)}' \cdot \omega_{Ti(n)}' \cdot \rho_{i\beta(n)} \\ &\quad - \omega_{Ti(n)}'^2 \cdot \psi_{i\beta(n)} \} / G_{i(n)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_{i\beta(n)} &= -\mu(n) \cdot \omega_{i(n)}' \cdot \omega_{Ti(n)}' \\ &\quad \cdot \{ \psi_{i\beta(n)} - \rho_{i\beta(n)} \} / G_{i(n)} \end{aligned}$$

点 β に $T=1$ が作用するとき,

$$\begin{aligned} X_{i\beta(n)} &= -\mu(n) \cdot \omega_{Ti(n)}' \cdot \omega_{Ti(n)}' \\ &\quad \cdot \{ \psi_{i\beta(n)} - \tau_{i\beta(n)} \} / G_{i(n)} \\ Y_{i\beta(n)} &= -\mu(n) \cdot \{ \omega_{i(n)}' \cdot \omega_{Ti(n)}' \cdot \tau_{i\beta(n)} \\ &\quad - \omega_{Ti(n)}'^2 \cdot \psi_{i\beta(n)} \} / G_{i(n)} \end{aligned}$$

ここで,

$$G_{i(n)} = \omega_{i(n)}' \cdot \omega_{Ti(n)}' - \omega_{Ti(n)}'^2 \dots\dots(20) \text{ a-d}$$

不静定量が求められると, 連続曲線桁の断面力および変形はただちに得られるが, その過程において, 単位断面力が式(21)のように求められる。

$$\left. \begin{aligned} S_{i\varphi(n)} &= \sum_{n=1}^n S_{i\varphi,ih}^{\prime} \cdot \alpha_{h(n)} \\ S_{i\varphi(n)} &= \sum_{n=1}^n S_{i\varphi,ih}^{\prime\prime} \cdot \alpha_{h(n)} \quad 0 \leq \varphi \leq \phi \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(21) \text{ a-b}$$

5. 横桁基本系 (弾性沈下回転可能支承上連続桁)

曲線格子桁の解析のための他の1つの補助系として, 弾性沈下回転可能な支承上の連続桁を解析する。

図-9は各支承のばね係数が異なる連続桁で $2(m-1)$ 次不静定構造である。不静定量として支承間の切断面に生ずるせん断力と曲げモーメントを選べば, 弾性方程式は次のように求められる。

$$A \cdot X + P \cdot D + T \cdot \theta = 0 \dots\dots\dots(22) \text{ a-e}$$

$$A = \begin{bmatrix} \delta_{AA} & \dots & \delta_{AM} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_{MA} & \dots & \delta_{MM} \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} X_A \\ \vdots \\ X_M \end{bmatrix}$$

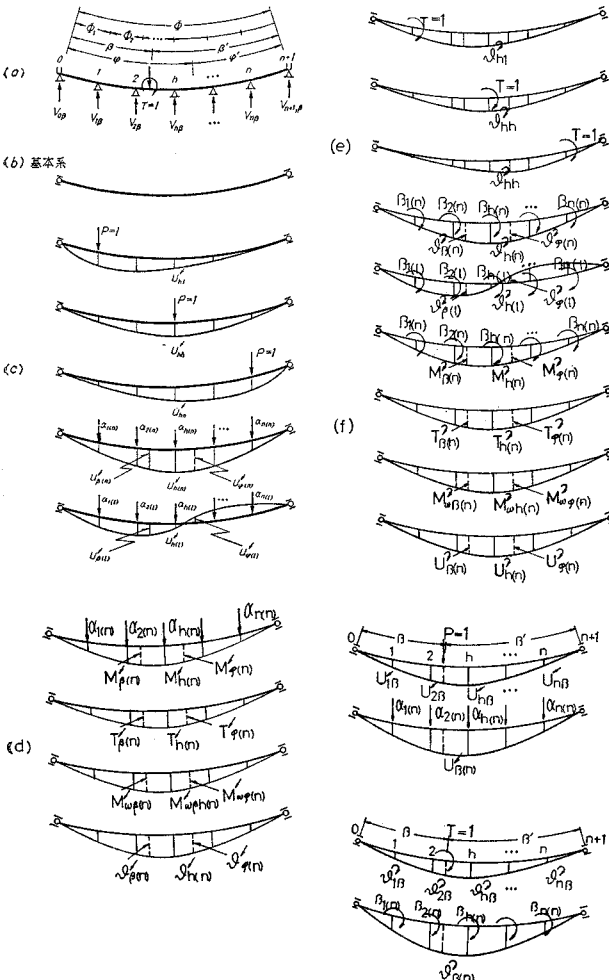


図-8

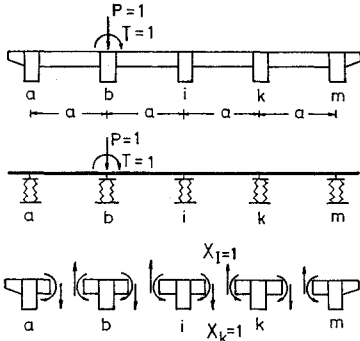


図-9

$$D = \begin{bmatrix} \delta_{A,0} \\ \vdots \\ \delta_{M,0} \end{bmatrix}, \quad \theta = \begin{bmatrix} \theta_{A,0} \\ \vdots \\ \theta_{M,0} \end{bmatrix}$$

式 (22) の係数マトリックス A の要素 δ_{IK} および荷重項 D, θ の要素 $\delta_{I,0}, \theta_{I,0}$ は式 (1) を考慮して次のように表わされる。

状態 $X_I=1$:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{I,I-1} &= -\omega'_i + \omega'_{Ti} \cdot \frac{a^2}{4} \\ \delta_{I,K-1} &= -\omega'_{Ti} \cdot \frac{a}{2} - \omega'_{Ti} \cdot \frac{a^2}{4} \\ \delta_{I,I} &= \omega'_i + \omega'_k + (\omega'_{Ti} + \omega'_{Tk}) \cdot a \\ &\quad + (\omega'_{Ti} + \omega'_{Tk}) \cdot \frac{a^2}{4} + 2f_P \\ \delta_{I,K} &= \omega'_{Ti} - \omega'_{Tk} + (\omega'_{Ti} - \omega'_{Tk}) \cdot \frac{a}{2} \end{aligned} \right\} \dots (23) \text{ a-d}$$

状態 $X_K=1$:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{K,I-1} &= -\omega'_{Ti} + \omega'_{Ti} \cdot \frac{a}{2} \\ \delta_{K,K-1} &= -\omega'_{Ti} \\ \delta_{K,K} &= \omega'_{Ti} + \omega'_{Tk} + 2i_T \end{aligned} \right\} \dots (24) \text{ a-c}$$

状態 $X_I=0$ ($I=\dots, I, K, \dots$) :

弾性支承 i に $P=1$ が作用するとき,

$$\left. \begin{aligned} \delta_{I-1,0} &= -\omega'_i + \omega'_{Ti} \cdot \frac{a}{2} \\ \delta_{K-1,0} &= -\omega'_{Ti} \\ \delta_{I,0} &= \omega'_i + \omega'_{Ti} \cdot \frac{a}{2} \\ \delta_{K,0} &= \omega'_{Ti} \end{aligned} \right\} \dots (25) \text{ a-d}$$

弾性支承 i に $T=1$ が作用するとき,

$$\left. \begin{aligned} \theta_{I-1,0} &= -\omega'_{Ti} + \omega'_{Ti} \cdot \frac{a}{2} \\ \theta_{K-1,0} &= -\omega'_{Ti} \\ \theta_{I,0} &= \omega'_{Ti} + \omega'_{Ti} \cdot \frac{a}{2} \\ \theta_{K,0} &= \omega'_{Ti} \end{aligned} \right\} \dots (26) \text{ a-d}$$

以上の結果, $2(m-1)$ 個の未知量を有する弾性方程式, 式 (22) を解けば不静定量 X_I, X_K が求められ,

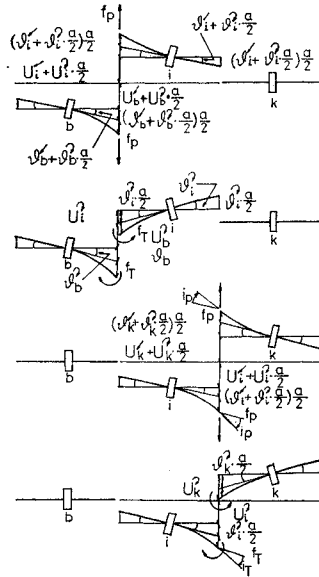


図-10

さらに任意の弾性支承における支承反力がただちに得られる。

6. 曲線格子桁の弾性方程式の解

曲線格子桁の弾性方程式の解を求めるに当り, 係数マトリックス C および荷重項 D, θ の要素を吟味すれば, 曲線格子桁の係数マトリックス C_{nn} の要素は弾性支承上連続桁の係数マトリックス A の要素の $1/\mu(n)$ 倍である。また, 荷重項 D, θ に関してはそれぞれ $\rho_{i\beta(n)}$, $\psi_{i\beta(n)}$ あるいは $\tau_{i\beta(n)}$ 倍したものになっている。これらこのことを考慮して曲線格子桁の弾性方程式の解が得られその不静定量影響面は次のようになる。

主桁 k の点 β に $P=1$ が作用するとき,

$$X_{Ih,k\beta} = \sum_{n=1}^n \mu(n) \cdot \alpha_{h(n)} \cdot \rho_{k\beta(n)} \cdot X_{Ik(n)}$$

$$X_{Kh,k\beta} = \sum_{n=1}^n \mu(n) \cdot \alpha_{h(n)} \cdot \psi_{k\beta(n)} \cdot X_{Kk(n)}$$

主桁 k の点 β に $T=1$ が作用するとき,

$$X_{Ih,k\beta}^T = \sum_{n=1}^n \mu(n) \cdot \alpha_{h(n)} \cdot \psi_{k\beta(n)} \cdot X_{Ik(n)}^T$$

$$X_{Kh,k\beta}^T = \sum_{n=1}^n \mu(n) \cdot \alpha_{h(n)} \cdot \tau_{k\beta(n)} \cdot X_{Kk(n)}^T$$

$$I=A, \dots, M-1, K=B, \dots, M \dots\dots(27) \text{ a-d}$$

7. 曲線格子桁の断面力および変形の影響面

曲線格子桁の任意の点の断面力および変形の影響面は次のようになる。

(1) 主桁 k の点 β に $P=1$ が作用するときの主桁 i の点 φ における断面力および変形の影響面

格点力：

$$K_{ih, k\beta} = \sum_{n=1}^n \mu(n) \cdot \alpha_{h(n)} \cdot \rho_{k\beta(n)} \cdot C_{ik(n)}$$

格点モーメント：

$$L_{ih, k\beta} = \sum_{n=1}^n \mu(n) \cdot \alpha_{h(n)} \cdot \psi_{k\beta(n)} \cdot D_{ik(n)}$$

断面力および変形：

$$S_{i\varphi, k\beta} = S_{i\varphi, k\beta}^0 + \sum_{n=1}^n \mu(n) \cdot \{ S_{i\varphi(n)} \cdot \rho_{k\beta(n)} \cdot C_{ik(n)} + S_{i\varphi(n)}^{\vec{0}} \cdot \psi_{k\beta(n)} \cdot D_{ik(n)} \} \dots\dots(28) \text{ a-c}$$

$S_{i\varphi, k\beta}^0$ は基本系（単一曲線桁）において $P=1$ による断面力または変形の影響線である。 $S_{i\varphi(n)}$, $S_{i\varphi(n)}^{\vec{0}}$ は基本系において状態 $X_{I(n)}=1$ または状態 $X_{K(n)}=1$ による断面力または変形の主桁 i の点 φ における値である。すなわち式 (21) より求められる。

ここで、

$$k \neq i \text{ に対して, } S_{i\varphi, k\beta}^0 = 0, C_{ik(n)} = B_{ik(n)}$$

$$k = i \text{ に対して, } S_{i\varphi, k\beta}^0 = S_{i\varphi, i\beta}^0, C_{ii(n)} = B_{ii(n)} - 1$$

$B_{ik(n)}$, $D_{ik(n)}$ は弾性支承反力である。

(2) 主桁 k の点 β に $T=1$ が作用するときの主桁 i の点 φ における断面力および変形の影響面

格点力：

$$K_{ih, k\beta}^{\vec{0}} = \sum_{n=1}^n \mu(n) \cdot \alpha_{h(n)} \cdot \psi_{k\beta(n)} \cdot B_{ik(n)}^{\vec{0}}$$

格点モーメント：

$$L_{ih, k\beta}^{\vec{0}} = \sum_{n=1}^n \mu(n) \cdot \alpha_{h(n)} \cdot \tau_{k\beta(n)} \cdot E_{ik(n)}^{\vec{0}}$$

断面力および変形：

$$S_{i\varphi, k\beta}^{\vec{0}} = S_{i\varphi, k\beta}^{\vec{0}} + \sum_{n=1}^n \mu(n) \cdot \{ S_{i\varphi(n)} \cdot \psi_{k\beta(n)} \cdot B_{ik(n)}^{\vec{0}} + S_{i\varphi(n)}^{\vec{0}} \cdot \tau_{k\beta(n)} \cdot E_{ik(n)}^{\vec{0}} \} \dots\dots(29) \text{ a-c}$$

$S_{i\varphi, k\beta}^{\vec{0}}$ は基本系において $T=1$ による断面力または

$$B_{aa} = 1 - \frac{2}{N_1} \left[Z_{uP} \left\{ 1 + 2 \left(1 + \frac{1}{r_{\theta T}} \right) Z_{\theta T} \right\} + 6 \cdot Z_{\theta P} \left\{ 1 + 4 \frac{Z_{\theta T}}{r_{\theta T}} - 4 \left(1 + \frac{1}{r_{\theta P}} \right) Z_{\theta P} \right\} \right]$$

$$B_{ab} = \frac{2}{N_1} \left[\frac{Z_{uP}}{r_{uP}} \left\{ 1 + 2 \left(1 + \frac{1}{r_{\theta T}} \right) Z_{\theta T} \right\} - 6 \frac{Z_{\theta P}}{r_{\theta P}} \left\{ 1 + 4 Z_{\theta T} + 4 \left(1 + \frac{1}{r_{\theta P}} \right) Z_{\theta P} \right\} \right]$$

$$B_{ba} = \frac{2}{N_1} \left[Z_{uP} \left\{ 1 + 2 \left(1 + \frac{1}{r_{\theta T}} \right) Z_{\theta T} \right\} + 6 Z_{\theta P} \left\{ 1 + 4 \frac{Z_{\theta T}}{r_{\theta T}} - 4 \left(1 + \frac{1}{r_{\theta P}} \right) Z_{\theta P} \right\} \right]$$

* 3-弾性支承上の桁の場合は、ページ数制限の関係上割愛する。

変形の影響線である。

ここで、

$$k \neq i \text{ に対して, } S_{i\varphi, k\beta}^{\vec{0}} = 0, E_{ik(n)}^{\vec{0}} = D_{ik(n)}^{\vec{0}}$$

$$k = i \text{ に対して, } S_{i\varphi, k\beta}^{\vec{0}} = S_{i\varphi, i\beta}^{\vec{0}}, E_{ii(n)}^{\vec{0}} = D_{ii(n)}^{\vec{0}} - 1$$

8. 弾性沈下回転可能支承上連続桁の 支承反力公式

(1) ばね係数, ばね係数比, 格子剛度

垂直ばね係数

$$\omega'_{P_i} = U_{P_i} \left(\frac{\Phi}{2}, \frac{\Phi}{2} \right) = F_{P_i}(\Phi) \cdot \frac{R_i^3}{EJ_{y_i}}$$

ねじればね係数

$$\omega'_{T_i} = \vartheta_{P_i} \left(\frac{\Phi}{2}, \frac{\Phi}{2} \right) = \theta_{P_i}(\Phi) \cdot \frac{R_i^2}{GJ_{T_i}}$$

回転ばね係数

$$\omega^{\vec{0}}_{T_i} = \vartheta_{T_i} \left(\frac{\Phi}{2}, \frac{\Phi}{2} \right) = \theta_{T_i}(\Phi) \cdot \frac{R_i}{GJ_{T_i}}$$

.....(30) a-c

垂直ばね係数比

$$\frac{1}{r_{uP, i}} = \frac{F_{P_i}(\Phi)}{F_{Pa}(\Phi)} \cdot \frac{J_{y_a}}{J_{y_i}} \cdot \left(\frac{R_i}{R_a} \right)^3$$

ねじればね係数比

$$\frac{1}{r_{\theta P, i}} = \frac{\theta_{P_i}(\Phi)}{\theta_{Pa}(\Phi)} \cdot \frac{J_{T_a}}{J_{T_i}} \cdot \left(\frac{R_i}{R_a} \right)^2$$

回転ばね係数比

$$\frac{1}{r_{\theta T, i}} = \frac{\theta_{T_i}(\Phi)}{\theta_{Ta}(\Phi)} \cdot \frac{J_{T_a}}{J_{T_i}} \cdot \left(\frac{R_i}{R_a} \right)$$

$i = a, b, \dots, m \dots\dots(31) \text{ a-c}$

曲げ格子剛度

$$Z_{uP} = 6 \cdot F_{Pa}(\Phi) \cdot \left(\frac{R_a}{a} \right)^3 \cdot \frac{J_Q}{J_{y_a}}$$

ねじれ格子剛度

$$Z_{\theta P} = \frac{1}{2} \cdot \theta_{Pa}(\Phi) \cdot \left(\frac{R_a}{a} \right)^2 \cdot \frac{EJ_Q}{GJ_{T_a}}$$

回転格子剛度

$$Z_{\theta T} = \frac{1}{2} \cdot \theta_{Ta}(\Phi) \cdot \left(\frac{R_a}{a} \right) \cdot \frac{EJ_Q}{GJ_{T_a}}$$

.....(32) a-c

(2) 2-弾性支承上の桁*

図-11 に示す 2-弾性支承上の桁の支承反力公式は次のとおりである。

a) $P_k=1$ ($k=a, b$) が作用するとき

$$\begin{aligned}
 B_{bb} &= 1 - \frac{2}{N_1} \left[\frac{Z_{uP}}{r_{uP}} \left\{ 1 + 2 \left(1 + \frac{1}{r_{\theta T}} \right) Z_{\theta T} \right\} \right. \\
 &\quad \left. - 6 \frac{Z_{\theta P}}{r_{\theta P}} \left\{ 1 + 4 Z_{\theta T} + 4 \left(1 + \frac{1}{r_{\theta P}} \right) Z_{\theta P} \right\} \right] \\
 \frac{1}{a} \cdot D_{aa} &= -\frac{1}{N_1} \left[Z_{uP} \left\{ 1 + 4 \frac{Z_{\theta T}}{r_{\theta T}} + 4 \left(\frac{1}{r_{uP}} - \frac{1}{r_{\theta P}} \right) Z_{\theta P} \right\} \right. \\
 &\quad \left. + 8 Z_{\theta P} \left\{ 1 + 6 \frac{Z_{\theta T}}{r_{\theta T}} - 12 \frac{Z_{\theta P}}{r_{\theta P}} \right\} \right] \\
 \frac{1}{a} \cdot D_{ab} &= \frac{1}{N_1} \left[\frac{Z_{uP}}{r_{uP}} \left\{ 1 + 4 \frac{Z_{\theta T}}{r_{\theta T}} - 4 Z_{\theta P} \right\} \right. \\
 &\quad \left. - 4 \frac{Z_{\theta P}}{r_{\theta P}} \left\{ 1 - Z_{uP} - 12 \left(1 - \frac{1}{r_{\theta P}} \right) Z_{\theta P} \right\} \right] \\
 \frac{1}{a} \cdot D_{ba} &= -\frac{1}{N_1} \left[Z_{uP} \left\{ 1 + 4 \frac{Z_{\theta T}}{r_{\theta T}} - 4 \left(\frac{1}{r_{uP}} - \frac{1}{r_{\theta P}} \right) Z_{\theta P} \right\} \right. \\
 &\quad \left. + 4 Z_{\theta P} \left\{ 1 - 12 \left(1 - \frac{1}{r_{\theta P}} \right) Z_{\theta P} \right\} \right] \\
 \frac{1}{a} \cdot D_{bb} &= \frac{1}{N_1} \left[\frac{Z_{uP}}{r_{uP}} \left\{ 1 + 4 Z_{\theta T} + 4 Z_{\theta P} \right\} - 4 \frac{Z_{\theta P}}{r_{\theta P}} \left\{ 2 + Z_{uP} + 12 Z_{\theta T} + 24 Z_{\theta P} \right\} \right] \\
 &\quad \dots\dots\dots(33) \text{ a-h}
 \end{aligned}$$

b) $T_k=1$ ($k=a, b$) が作用するとき

$$\begin{aligned}
 a \cdot B_{aa}^{\rightarrow} &= -\frac{12}{N_1} \left[Z_{\theta T} \left(1 + 4 \frac{Z_{\theta T}}{r_{\theta T}} - 4 \frac{Z_{\theta P}}{r_{\theta P}} \right) + 2 Z_{\theta P} \left(1 + 2 \frac{Z_{\theta T}}{r_{\theta T}} \right) \right] \\
 a \cdot B_{ab}^{\rightarrow} &= -\frac{12}{N_1} \left[\frac{Z_{\theta T}}{r_{\theta T}} \left(1 + 4 Z_{\theta T} + 4 Z_{\theta P} \right) - 2 \frac{Z_{\theta P}}{r_{\theta P}} \left(1 + 2 Z_{\theta T} \right) \right] \\
 a \cdot B_{ba}^{\rightarrow} &= \frac{12}{N_1} \left[Z_{\theta T} \left(1 + 4 \frac{Z_{\theta T}}{r_{\theta T}} - 4 \frac{Z_{\theta P}}{r_{\theta P}} \right) + 2 Z_{\theta P} \left(1 + 2 \frac{Z_{\theta T}}{r_{\theta T}} \right) \right] \\
 a \cdot B_{bb}^{\rightarrow} &= \frac{12}{N_1} \left[\frac{Z_{\theta T}}{r_{\theta T}} \left(1 + 4 Z_{\theta T} + 4 Z_{\theta P} \right) - 2 \frac{Z_{\theta P}}{r_{\theta P}} \left(1 + 2 Z_{\theta T} \right) \right] \\
 D_{aa}^{\rightarrow} &= 1 - \frac{4}{N_1} \left[Z_{\theta T} \left\{ 2 + \left(1 + \frac{1}{r_{uP}} \right) Z_{uP} + 12 \frac{Z_{\theta T}}{r_{\theta T}} - 24 \frac{Z_{\theta P}}{r_{\theta P}} \right\} + 3 Z_{\theta P} \left\{ 1 + 4 \frac{Z_{\theta T}}{r_{\theta T}} - 4 \left(1 + \frac{1}{r_{\theta P}} \right) Z_{\theta P} \right\} \right] \\
 D_{ab}^{\rightarrow} &= -\frac{4}{N_1} \left[\frac{Z_{\theta T}}{r_{\theta T}} \left\{ 1 - \left(1 + \frac{1}{r_{uP}} \right) Z_{uP} - 12 Z_{\theta P} \right\} - 3 \frac{Z_{\theta P}}{r_{\theta P}} \left\{ 1 - 4 \left(1 + \frac{1}{r_{\theta P}} \right) Z_{\theta P} \right\} \right] \\
 D_{ba}^{\rightarrow} &= -\frac{4}{N_1} \left[Z_{\theta T} \left\{ 1 - \left(1 + \frac{1}{r_{uP}} \right) Z_{uP} + 12 \frac{Z_{\theta P}}{r_{\theta P}} \right\} + 3 Z_{\theta P} \left\{ 1 + 4 \left(1 + \frac{1}{r_{\theta P}} \right) Z_{\theta P} \right\} \right] \\
 D_{bb}^{\rightarrow} &= 1 - \frac{4}{N_1} \left[\frac{Z_{\theta T}}{r_{\theta T}} \left\{ 2 + \left(1 + \frac{1}{r_{uP}} \right) Z_{uP} + 12 Z_{\theta T} + 24 Z_{\theta P} \right\} - 3 \frac{Z_{\theta P}}{r_{\theta P}} \left\{ 1 + 4 Z_{\theta T} + 4 \left(1 + \frac{1}{r_{\theta P}} \right) Z_{\theta P} \right\} \right] \\
 &\quad \dots\dots\dots(34) \text{ a-h}
 \end{aligned}$$

ここで、

$$\begin{aligned}
 N_1 &= \left\{ 1 + 2 \left(1 + \frac{1}{r_{uP}} \right) Z_{uP} \right\} \left\{ 1 + 2 \left(1 + \frac{1}{r_{\theta T}} \right) Z_{\theta T} \right\} + 6 Z_{\theta T} \left\{ 1 + \frac{1}{r_{\theta T}} + 8 \frac{Z_{\theta T}}{r_{\theta T}} \right\} \\
 &\quad + 24 Z_{\theta P} \left\{ 1 - \frac{1}{r_{\theta P}} + 4 \left(\frac{1}{r_{\theta T}} - \frac{1}{r_{\theta P}} \right) Z_{\theta P} - 2 \left(1 + \frac{1}{r_{\theta P}} \right)^2 Z_{\theta P} \right\} \dots\dots\dots(35)
 \end{aligned}$$

また、 $r_{uP,b}=r_{uP}$, $r_{\theta P,b}=r_{\theta P}$, $r_{\theta T,b}=r_{\theta T}$ としてある。

9. 数値成果表

ここに誘導した曲線格子桁の解析方法をより実用的にするためにいくつかの数値表を整備した。本論文においては数値計算例に必要な数値表のみ載せておく。

(1) 単純曲線桁の影響線 $S_{i\varphi, i\beta}^{\rightarrow}$

単純曲線桁の断面力および変形の影響線を数表化し

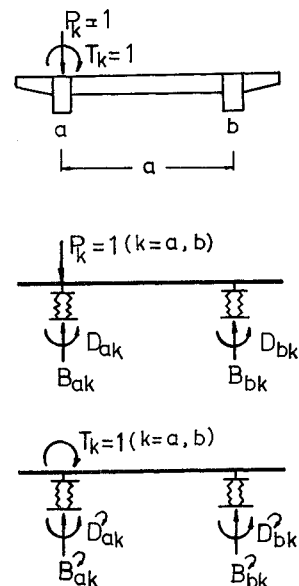


図-11

た。たとえば、表-1 に示すとおりである。

(2) 単位曲げ曲線 $\rho_{k\beta(n)}$, 単位ねじれ曲線 $\phi_{k\beta(n)}$, 単位回転曲線 $\tau_{k\beta(n)}$, 単位断面力, および変形 $S_{i\varphi(n)}$, $S_{i\varphi(n)}^{\rightarrow}$

式 (12) および式 (21) より求められ, これを数表化する。たとえば 表-2 および 表-3 に示すとおりである。

表-1 単純曲線桁影響線

(1) 曲げモーメント影響 $M_{pi}(\varphi, \beta) : 10^{-1} PR_i$

$\Phi=30^\circ$

$\beta \backslash \varphi$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0.4028	0.3687	0.3338	0.2984	0.2623	0.2258	0.1888	0.1515	0.1139	0.0760	0.0381	0
2	0	0.3687	0.7367	0.6671	0.5962	0.5242	0.4512	0.3773	0.3027	0.2275	0.1519	0.0760	0
3	0	0.3338	0.6671	0.9990	0.8929	0.7850	0.6757	0.5650	0.4533	0.3407	0.2275	0.1139	0
4	0	0.2984	0.5962	0.8929	1.1878	1.0443	0.8989	0.7517	0.6031	0.4533	0.3027	0.1515	0
5	0	0.2623	0.5242	0.7850	1.0443	1.3017	1.1204	0.9369	0.7517	0.5650	0.3773	0.1888	0
6	0	0.2258	0.4512	0.6757	0.8989	1.1204	1.3398	1.1204	0.8989	0.6757	0.4512	0.2258	0
...

(2) 垂直変位影響線 $U_{pi}(\varphi, \beta) : 10^{-3} \frac{PR_i^3}{EJ_{yi}}$

$\Phi=30^\circ, \gamma=7.5$

$\beta \backslash \varphi$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0.3380	0.6085	0.8006	0.9182	0.9667	0.9523	0.8824	0.7648	0.6083	0.4222	0.2161	0
2	0	0.6085	1.1386	1.5268	1.7673	1.8706	1.8491	1.7171	1.4907	1.1870	0.8245	0.4222	0
3	0	0.8006	1.5268	2.1053	2.4791	2.6497	2.6354	2.4574	2.1394	1.7068	1.1870	0.6083	0
4	0	0.9182	1.7673	2.4791	2.9877	3.2439	3.2580	3.0576	2.6736	2.1394	1.4907	0.7648	0
5	0	0.9667	1.8706	2.6497	3.2439	3.5960	3.6661	3.4741	3.0576	2.4574	1.7171	0.8824	0
6	0	0.9523	1.8491	2.6354	3.2580	3.6661	3.8121	3.6661	3.2580	2.6354	1.8491	0.9523	0
...

(3) 垂直変位影響線 $U_{pi}(\varphi, \beta) : 10^{-3} \frac{PR_i^3}{EJ_{yi}}$

$\Phi=30^\circ, \gamma=8.0$

$\beta \backslash \varphi$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0.3411	0.6145	0.8089	0.9282	0.9777	0.9635	0.8930	0.7742	0.6160	0.4276	0.2189	0
2	0	0.6145	1.1500	1.5427	1.7865	1.8917	1.8707	1.7377	1.5090	1.2018	0.8349	0.4276	0
3	0	0.8089	1.5427	2.1277	2.5062	2.6780	2.6660	2.4866	2.1653	1.7279	1.2018	0.6160	0
4	0	0.9282	1.7865	2.5062	3.0207	3.2804	3.2955	3.0935	2.7055	2.1653	1.5090	0.7742	0
5	0	0.9777	1.8917	2.6780	3.2804	3.6366	3.7080	3.5144	3.0935	2.4866	1.7377	0.8930	0
6	0	0.9635	1.8707	2.6660	3.2955	3.7080	3.8555	3.7080	3.2955	2.6660	1.8707	0.9635	0
...

(4) ねじれ角変位影響線 $\theta_{Ti}(\varphi, \beta) : 10^{-1} \frac{TR_i}{GJ_{Ti}}$

$\Phi=30^\circ, \gamma=7.5$

$\beta \backslash \varphi$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0.4061	0.3746	0.3415	0.3071	0.2714	0.2347	0.1970	0.1586	0.1195	0.0799	0.0400	0
2	0	0.3746	0.7476	0.6817	0.6129	0.5418	0.4684	0.3932	0.3165	0.2385	0.1595	0.0799	0
3	0	0.3415	0.6817	1.0191	0.9163	0.8100	0.7003	0.5879	0.4731	0.3565	0.2385	0.1195	0
4	0	0.3071	0.6129	0.9163	1.2161	1.0749	0.9294	0.7802	0.6279	0.4731	0.3165	0.1586	0
5	0	0.2714	0.5418	0.8100	1.0749	1.3355	1.1548	0.9695	0.7802	0.5879	0.3932	0.1970	0
6	0	0.2347	0.4684	0.7003	0.9294	1.1548	1.3756	1.1548	0.9294	0.7003	0.4684	0.2347	0
...

(3) アフィン荷重群 $a_{h(n)}$ および $\mu(n)$

式(1)および式(6)より求められ、たとえば表-4~6に示すとおりである。

(4) 曲げ格子剛度 $Z_{uP(n)}$ 、ねじれ格子剛度 $Z_{\theta P(n)}$ および回転格子剛度 $Z_{\theta T(n)}$

単位変形量より求められ、たとえば表-7に示す通り

である。また、 Z_{uP} 、 $Z_{\theta P}$ および $Z_{\theta T}$ を求める時に用いられる F_{Pi} 、 θ_{Pi} および θ_{Ti} は表-1より得られる。

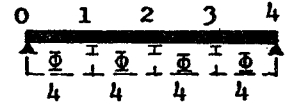
10. 数値計算例

数値計算例は2-箱形主桁並列曲線格子桁についてその断面力および変形の影響面を求めた。

曲線格子桁の形状寸法は中心角 $\Phi=30^\circ$ 、曲率半径 R_a

表-2

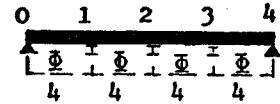
$$\phi = 30^\circ, \gamma_i = \frac{EJ_{yi}}{GJ_{Ti}} = 7.5$$



j		1			2			3			乗数				
		0	1/12	2/12	3/12	4/12	5/12	6/12	7/12	8/12	9/12	10/12	11/12	1	
1	$U_{i\phi(1)}$	0	1.9486	3.7680	5.3310	6.5237	7.2774	7.5391	7.2774	6.5237	5.3310	3.7680	1.9486	0	$\times 10^{-3} \cdot \frac{R_i^3}{EJ_{yi}}$
2	$U_{i\phi(2)}$	0	0.1923	0.3398	0.3985	0.3398	0.1923	0	-0.1923	-0.3398	-0.3985	-0.3398	-0.1923	0	"
3	$U_{i\phi(3)}$	0	-0.0439	-0.0699	-0.0602	-0.0078	0.0549	0.0852	0.0549	-0.0078	-0.0602	-0.0699	-0.0439	0	"
4	$U_{i\phi(1)}$	0	0.1371	0.2651	0.3750	0.4589	0.5119	0.5304	0.5119	0.4589	0.3750	0.2651	0.1371	0	$\times 10^{-1} \cdot \frac{R_i^2}{EJ_{yi}}$
5	$U_{i\phi(2)}$	0	0.0155	0.0274	0.0322	0.0274	0.0155	0	-0.0155	-0.0274	-0.0322	-0.0274	-0.0155	0	"
6	$U_{i\phi(3)}$	0	-0.0036	-0.0058	-0.0050	-0.0007	0.0046	0.0071	0.0046	-0.0007	-0.0050	-0.0058	-0.0036	0	"
7	$\theta_{i\phi(1)}$	0	1.8273	3.5431	5.0006	6.1184	6.8254	7.0719	6.8254	6.1184	5.0006	3.5431	1.8273	0	$\times 10^{-3} \cdot \frac{R_i^2}{GJ_{Ti}}$
8	$\theta_{i\phi(2)}$	0	0.2069	0.3660	0.4295	0.3660	0.2069	0	-0.2069	-0.3660	-0.4295	-0.3660	-0.2069	0	"
9	$\theta_{i\phi(3)}$	0	-0.0485	-0.0773	-0.0668	-0.0087	0.0608	0.0945	0.0608	-0.0087	-0.0668	-0.0773	-0.0485	0	"
10	$\theta_{i\phi(1)}$	0	0.5606	1.1191	1.6730	1.9119	2.1432	2.3660	2.1432	1.9119	1.6730	1.1191	0.5606	0	$\times 10^{-1} \cdot \frac{R_i}{GJ_{Ti}}$
11	$\theta_{i\phi(2)}$	0	0.2220	0.4432	0.6626	0.4432	0.2220	0	-0.2220	-0.4432	-0.6626	-0.4432	-0.2220	0	"
12	$\theta_{i\phi(3)}$	0	-0.0913	-0.1822	-0.2724	-0.0531	0.1664	0.3852	0.1664	-0.0531	-0.2734	-0.1822	-0.0913	0	"
13	$M_{i\phi(1)}$	0	0.5424	1.0837	1.6230	1.8508	2.0750	2.2953	2.0750	1.8508	1.6230	1.0837	0.5424	0	$\times 10^{-1} \cdot R_i$
14	$M_{i\phi(2)}$	0	0.2200	0.4395	0.6583	0.4395	0.2200	0	-0.2200	-0.4395	-0.6583	-0.4395	-0.2200	0	"
15	$M_{i\phi(3)}$	0	-0.0908	-0.1814	-0.2717	-0.0530	0.1658	0.3842	0.1658	-0.0530	-0.2717	-0.1814	-0.0908	0	"
16	$M_{i\phi(1)}$	0	0.5424	1.0837	1.6230	1.8508	2.0750	2.2953	2.0750	1.8508	1.6230	1.0837	0.5424	0	$\times 10^{-1}$
17	$M_{i\phi(2)}$	0	0.2200	0.4395	0.6583	0.4395	0.2200	0	-0.2200	-0.4395	-0.6583	-0.4395	-0.2200	0	"
18	$M_{i\phi(3)}$	0	-0.0908	-0.1814	-0.2717	-0.0530	0.1658	0.3842	0.1658	-0.0530	-0.2717	-0.1814	-0.0908	0	"
19	$T_{i\phi(1)}$	0.3632	0.3514	0.3159	0.2568	0.1810	0.0954	0	-0.0954	-0.1810	-0.2568	-0.3159	-0.3514	-0.3632	$\times 10 \cdot R_i$
20	$T_{i\phi(2)}$	0.0431	0.0383	0.0240	0	-0.0240	-0.0383	-0.0431	-0.0383	-0.0240	0	0.0240	0.0383	0.0431	"
21	$T_{i\phi(3)}$	-0.0104	-0.0085	-0.0025	0.0074	0.0145	0.0120	0	-0.0120	-0.0145	-0.0074	0.0025	0.0085	0.0104	"
22	$T_{i\phi(1)}$	1.2434	1.2422	1.2387	$\frac{1.2328}{0.5257}$	0.5181	0.5095	$\frac{0.5000}{-0.5000}$	-0.5095	-0.5181	$\frac{-0.5257}{-1.2328}$	-1.2387	-1.2422	-1.2434	—
23	$T_{i\phi(2)}$	0.5043	0.5038	0.5024	$\frac{0.5000}{0.5000}$	-0.5024	-0.5038	-0.5043	-0.5038	-0.5024	$\frac{-0.5000}{-0.5000}$	0.5024	0.5038	0.5043	—
24	$T_{i\phi(3)}$	-0.2082	-0.2080	-0.2074	$\frac{-0.2064}{0.5007}$	0.5014	0.5012	$\frac{0.5000}{-0.5000}$	-0.5012	-0.5014	$\frac{-0.5007}{0.2064}$	0.2074	0.2080	0.2082	—
25	$\rho_{k\beta(1)}$	0	0.2585	0.4998	0.7071	0.8653	0.9653	1.0000	0.9653	0.8653	0.7071	0.4998	0.2585	0	—
26	$\rho_{k\beta(2)}$	0	0.4825	0.8526	1.0000	0.8526	0.4825	0	-0.4825	-0.8526	-1.0000	-0.8526	-0.4825	0	—
27	$\rho_{k\beta(3)}$	0	-0.5155	-0.8202	-0.7071	-0.0912	0.6445	1.0000	0.6445	-0.0912	-0.7071	-0.8202	-0.5155	0	—
28	$\psi_{k\beta(1)}$	0	0.2583	0.4998	0.7071	0.8652	0.9652	1.0000	0.9652	0.8652	0.7071	0.4998	0.2583	0	—
29	$\psi_{k\beta(2)}$	0	0.4817	0.8520	1.0000	0.8520	0.4817	0	-0.4817	-0.8520	-1.0000	-0.8520	-0.4817	0	—
30	$\psi_{k\beta(3)}$	0	-0.5130	-0.8179	-0.7071	-0.0923	0.6436	1.0000	0.6436	-0.0923	-0.7071	-0.8179	-0.5130	0	—
31	$\tau_{k\beta(1)}$	0	0.2370	0.4730	0.7071	0.8081	0.9059	1.0000	0.9059	0.8081	0.7071	0.4730	0.2370	0	—
32	$\tau_{k\beta(2)}$	0	0.3351	0.6689	1.0000	0.6689	0.3351	0	-0.3351	-0.6689	-1.0000	-0.6689	-0.3351	0	—
33	$\tau_{k\beta(3)}$	0	-0.2370	-0.4730	-0.7071	-0.1379	0.4319	1.0000	0.4319	-0.1379	-0.7071	-0.4730	-0.2370	0	—

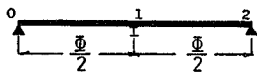
表—3

$$\Phi = 30^\circ, \quad \gamma_i = \frac{EJ_{\beta i}}{GJ_{T_i}} = 8.0$$



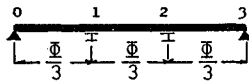
j		1			2			3			乗 数				
		0	1/12	2/12	3/12	4/12	5/12	6/12	7/12	8/12	9/12	10/12	11/12	1	
1	$U_{i\varphi(1)}$	0	1.9710	3.8113	5.3922	6.5988	7.3611	7.6257	7.3611	6.5988	5.3922	3.8113	1.9710	0	$\times 10^{-3} \cdot \frac{R_i^2}{EJ_{\beta i}}$
2	$U_{i\varphi(2)}$	0	0.1929	0.3409	0.3998	0.3409	0.1929	0	-0.1929	-0.3409	-0.3998	-0.3409	-0.1929	0	"
3	$U_{i\varphi(3)}$	0	-0.0440	-0.0700	-0.0603	-0.0078	0.0550	0.0855	0.0550	-0.0078	-0.0603	-0.0700	-0.0440	0	"
4	$U_{i\varphi(1)}$	0	0.1451	0.2807	0.3971	0.4859	0.5420	0.5616	0.5420	0.4859	0.3971	0.2807	0.1451	0	$\times 10^{-1} \cdot \frac{R_i^2}{EJ_{\beta i}}$
5	$U_{i\varphi(2)}$	0	0.0164	0.0291	0.0341	0.0291	0.0164	0	-0.0164	-0.0291	-0.0341	-0.0291	-0.0164	0	"
6	$U_{i\varphi(3)}$	0	-0.0039	-0.0061	-0.0053	-0.0007	0.0048	0.0075	0.0048	-0.0007	-0.0053	-0.0061	-0.0039	0	"
7	$\vartheta_{i\varphi(1)}$	0	1.8139	3.5082	4.9638	6.0734	6.7752	7.0199	6.7752	6.0734	4.9638	3.5082	1.8139	0	$\times 10^{-3} \cdot \frac{R_i^2}{GJ_{T_i}}$
8	$\vartheta_{i\varphi(2)}$	0	0.2054	0.3633	0.4264	0.3633	0.2054	0	-0.2054	-0.3633	-0.4264	-0.3633	-0.2054	0	"
9	$\vartheta_{i\varphi(3)}$	0	-0.0481	-0.0767	-0.0663	-0.0087	0.0604	0.0938	0.0604	-0.0087	-0.0663	-0.0767	-0.0481	0	"
10	$\vartheta_{i\varphi(1)}$	0	0.5605	1.1188	1.6726	1.9115	2.1427	2.3655	2.1427	1.9115	1.6726	1.1188	0.5605	0	$\times 10^{-1} \cdot \frac{R_i}{GJ_{T_i}}$
11	$\vartheta_{i\varphi(2)}$	0	0.2220	0.4432	0.6625	0.4432	0.2220	0	-0.2220	-0.4432	-0.6625	-0.4432	-0.2220	0	"
12	$\vartheta_{i\varphi(3)}$	0	-0.0913	-0.1822	-0.2724	-0.0531	0.1664	0.3852	0.1664	-0.0531	-0.2724	-0.1822	-0.0913	0	"
13	$M_{i\varphi(1)}$	0	0.5424	1.0837	1.6230	1.8508	2.0750	2.2953	2.0750	1.8508	1.6230	1.0837	0.5424	0	$\times 10^{-1} \cdot R_i$
14	$M_{i\varphi(2)}$	0	0.2200	0.4395	0.6583	0.4395	0.2200	0	-0.2200	-0.4395	-0.6583	-0.4395	-0.2200	0	"
15	$M_{i\varphi(3)}$	0	-0.0908	-0.1814	-0.2717	-0.0530	0.1658	0.3842	0.1658	-0.0530	-0.2717	-0.1814	-0.0908	0	"
16	$M_{i\varphi(1)}$	0	0.5424	1.0837	1.6230	1.8508	2.0750	2.2953	2.0750	1.8508	1.6230	1.0837	0.5424	0	$\times 10^{-1}$
17	$M_{i\varphi(2)}$	0	0.2200	0.4395	0.6583	0.4395	0.2200	0	-0.2200	-0.4395	-0.6583	-0.4395	-0.2200	0	"
18	$M_{i\varphi(3)}$	0	-0.0908	-0.1814	-0.2717	-0.0530	0.1658	0.3842	0.1658	-0.0530	-0.2717	-0.1814	-0.0908	0	"
19	$T_{i\varphi(1)}$	0.3632	0.3514	0.3159	0.2568	0.1810	0.0954	0	-0.0954	-0.1810	-0.2568	-0.3159	-0.3514	-0.3632	$\times 10 \cdot R_i$
20	$T_{i\varphi(2)}$	0.0431	0.0383	0.0240	0	-0.0240	-0.0383	-0.0431	-0.0383	-0.0240	0	0.0240	0.0383	0.0431	"
21	$T_{i\varphi(3)}$	-0.0104	-0.0085	-0.0025	0.0074	0.0145	0.0120	0	-0.0120	-0.0145	-0.0074	0.0025	0.0085	0.0104	"
22	$T_{i\varphi(1)}$	1.2434	1.2422	1.2387	1.2328 0.5257	0.5181	0.5095	0.5000 -0.5000	-0.5095	-0.5181	-0.5257 -1.2328	-1.2387	-1.2422	-1.2434	—
23	$T_{i\varphi(2)}$	0.5043	0.5038	0.5024	0.5000 -0.5000	-0.5024	-0.5038	-0.5043	-0.5038	-0.5024	0.5000 0.5000	0.5024	0.5038	0.5043	—
24	$T_{i\varphi(3)}$	-0.2082	-0.2080	-0.2074	-0.2064 0.5007	0.5014	0.5012	0.5000 -0.5000	-0.5012	-0.5014	-0.5007 0.2064	0.2074	0.2080	0.2082	—
25	$\rho_{k\beta(1)}$	0	0.2585	0.4998	0.7071	0.8653	0.9653	1.0000	0.9653	0.8653	0.7071	0.4998	0.2585	0	—
26	$\rho_{k\beta(2)}$	0	0.4826	0.8527	1.0000	0.8527	0.4826	0	-0.4826	-0.8527	-1.0000	-0.8527	-0.4826	0	—
27	$\rho_{k\beta(3)}$	0	-0.5157	-0.8204	-0.7071	-0.0913	0.6445	1.0000	0.6445	-0.0913	-0.7071	-0.8204	-0.5157	0	—
28	$\psi_{k\beta(3)}$	0	0.2583	0.4998	0.7071	0.8652	0.9652	1.0000	0.9652	0.8652	0.7071	0.4998	0.2583	0	—
29	$\psi_{k\beta(2)}$	0	0.4817	0.8520	1.0000	0.8520	0.4817	0	-0.4817	-0.8520	-1.0000	-0.8520	-0.4817	0	—
30	$\psi_{k\beta(1)}$	0	-0.5130	-0.8179	-0.7071	-0.0923	0.6436	1.0000	0.6436	-0.0923	-0.7071	-0.8179	-0.5130	0	—
31	$\tau_{k\beta(1)}$	0	0.2370	0.4730	0.7071	0.8081	0.9059	1.0000	0.9059	0.8081	0.7071	0.4730	0.2370	0	—
32	$\tau_{k\beta(2)}$	0	0.3351	0.6689	1.0000	0.6689	0.3351	0	-0.3351	-0.6689	-1.0000	-0.6689	-0.3351	0	—
33	$\tau_{k\beta(3)}$	0	-0.2370	-0.4730	-0.7071	-0.1379	0.4319	1.0000	0.4319	-0.1379	-0.7071	-0.4730	-0.2370	0	—

表-4



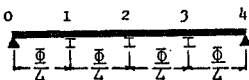
$\alpha_1(1)=1, \mu(1)=1$

表-5



n	$\alpha_1(n)$	$\alpha_2(n)$	$\mu(n)$
1	1	1	0.5
2	1	-1	0.5

表-6



n	$\alpha_1(n)$	$\alpha_2(n)$	$\alpha_3(n)$	$\mu(n)$
1	0.7071	1	0.7071	0.5
2	1	0	-1	0.5
3	-0.7071	1	-0.7071	0.5

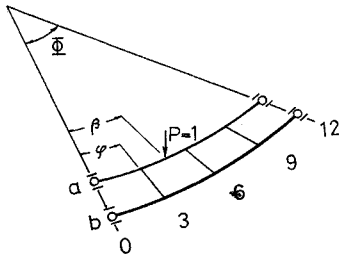


図-12

=60 m, $R_0=63$ m とする。曲線主桁断面諸係数を表-8 に示す。なお、曲げねじれ剛性 $EJ_{\omega i}$ は無視できるものとする。

(1) 弾性支承反力の計算

ばね係数比：公式 (31) より

$$\frac{1}{r_{uP,b}} = 1.0016, \quad \frac{1}{r_{\theta P,b}} = 1.0135,$$

$$\frac{1}{r_{\theta T,b}} = 0.9722$$

格子剛度：公式 (32) および表-7より表-9となる。

$$Z_{uP}=100.0561, \quad Z_{\theta P}=2.9646, \quad Z_{\theta T}=5.6905$$

したがって弾性支承反力は公式 (33), (34) より表-10となる。

表-7 格子剛度

$\phi=30^\circ$

曲げ格子剛度 $Z_{uP}(n)$

r	$Z_{uP}(1) : Z_{uP}$	$Z_{uP}(2) : Z_{uP}$	$Z_{uP}(3) : Z_{uP}$
0.5	1.9739	0.1187	0.0261
1.0	1.9743	0.1175	0.0257
1.5	1.9746	0.1163	0.0253
2.0	1.9749	0.1152	0.0251
2.5	1.9751	0.1141	0.0249
3.0	1.9754	0.1130	0.0246
3.5	1.9757	0.1120	0.0243
4.0	1.9760	0.1110	0.0240
4.5	1.9762	0.1100	0.0238
5.0	1.9765	0.1090	0.0235
5.5	1.9767	0.1081	0.0233
6.0	1.9770	0.1072	0.0230
6.5	1.9772	0.1063	0.0228
7.0	1.9774	0.1054	0.0226
7.5	1.9777	0.1045	0.0223
8.0	1.9779	0.1037	0.0221
8.5	1.9781	0.1029	0.0219
9.0	1.9783	0.1021	0.0217
9.5	1.9785	0.1013	0.0215
10.0	1.9787	0.1005	0.0213
10.5	1.9789	0.0998	0.0211
11.0	1.9791	0.0990	0.0209
11.5	1.9793	0.0983	0.0207
12.0	1.9795	0.0976	0.0205
12.5	1.9797	1.0969	0.0203
13.0	1.9798	0.0962	0.0202
13.5	1.9800	0.0956	0.0200
14.0	1.9802	0.0949	0.0198
14.5	1.9804	0.0943	0.0196
15.0	1.9805	0.0937	0.0195

ねじれ格子剛度 $Z_{\theta P}(n)$

$Z_{\theta P}(1) : Z_{\theta P}$	$Z_{\theta P}(2) : Z_{\theta P}$	$Z_{\theta P}(3) : Z_{\theta P}$
1.9736	0.1199	0.0264

回転格子剛度 $Z_{\theta T}(n)$

$Z_{\theta T}(1) : Z_{\theta T}$	$Z_{\theta T}(2) : Z_{\theta T}$	$Z_{\theta T}(3) : Z_{\theta T}$
1.7120	0.4817	0.2800

表-8 主桁・横桁・断面諸係数

	主桁 a	主桁 b	横桁
断面二次モーメント J_y	$1.628 \times 10^{-2} \text{m}^4$	$1.903 \times 10^{-2} \text{m}^4$	$8.902 \times 10^{-3} \text{m}^4$
ねじれ抵抗 J_T	$5.579 \times 10^{-3} \text{m}^4$	$6.024 \times 10^{-3} \text{m}^4$	
$r = \frac{EJ_y}{GJ_T}$	7.564	8.190	

表-9 曲げ格子剛度

	n=1	n=2	n=3
$Z_{uP}(n)$	197.8809	10.4559	2.2313
$Z_{\theta P}(n)$	5.8509	0.3555	0.0783
$Z_{\theta T}(n)$	9.7421	2.7411	1.5933

(2) 主桁 a の格点 3 ($\varphi = \frac{3}{12}\phi$) における曲げモーメント影響面 $M_{a,12}^{\frac{3}{12}\phi, \beta}$

計算過程とともに、これを示せば表-11となる。

表-10 弾性支承反力

$P_k=1$ による		$n=1$	$n=2$	$n=3$	$T_k=1$ による		$n=1$	$n=2$	$n=3$
B_{ak}	$B_{aa(n)}$	0.4806	0.6694	0.8140	B_{ak}	$B_{aa(n)}$	-0.0527	-0.1511	-0.2231
	$B_{ab(n)}$	0.3260	0.2130	0.1199		$B_{ab(n)}$	-0.0494	-0.1441	-0.2162
B_{bk}	$B_{ba(n)}$	0.5194	0.3306	0.1860	B_{bk}	$B_{ba(n)}$	0.0527	0.1511	0.2231
	$B_{bb(n)}$	0.6740	0.7870	0.8801		$B_{bb(n)}$	0.0494	0.1441	0.2162
D_{ak}	$D_{aa(n)}$	-0.7276	-0.5499	-0.3159	D_{ak}	$D_{aa(n)}$	0.5223	0.3671	0.2609
	$D_{ab(n)}$	0.8003	0.4209	0.2275		$D_{ab(n)}$	0.4959	0.2903	0.1330
D_{bk}	$D_{ba(n)}$	-0.8307	-0.4419	-0.2420	D_{bk}	$D_{ba(n)}$	0.3196	0.1796	0.0697
	$D_{bb(n)}$	0.1779	0.2180	0.1323		$D_{bb(n)}$	0.3558	0.2775	0.2183

表-11 主桁 a の格点 3 ($\varphi = \frac{3}{12}\phi$) における曲げモーメント影響面 $M_{a\frac{3}{12}\phi, r\beta}$

(a)

β	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	乗数
$M_{a\frac{3}{12}\phi, a\beta}^0$	0	0.3338	0.6671	0.9990	0.8929	0.7850	0.6757	0.5650	0.4533	0.3407	0.2275	0.1139	0	$\times 10^{-1} \cdot R_a$
$\mu_{(1)} \cdot M_{a\frac{3}{12}\phi(1), \rho_{a\beta(1)}} \cdot C_{aa(1)}$	0	-0.1090	-0.2107	-0.2980	-0.3647	-0.4069	-0.4215	-0.4069	-0.3647	-0.2980	-0.2107	-0.1090	0	"
$\mu_{(2)} \cdot M_{a\frac{3}{12}\phi(2), \rho_{a\beta(2)}} \cdot C_{aa(2)}$	0	-0.0525	-0.0928	-0.1088	-0.0928	-0.0525	0	0.0525	0.0928	0.1088	0.0928	0.0525	0	"
$\mu_{(3)} \cdot M_{a\frac{3}{12}\phi(3), \rho_{a\beta(3)}} \cdot C_{aa(3)}$	0	-0.0130	-0.0207	-0.0179	-0.0023	0.0163	0.0253	0.0163	-0.0023	-0.0179	-0.0207	-0.0130	0	"
$\mu_{(1)} \cdot M_{a\frac{3}{12}\phi(1), \psi_{a\beta(1)}} \cdot D_{aa(1)}$	0	-0.0025	-0.0049	-0.0070	-0.0085	-0.0095	-0.0098	-0.0095	-0.0085	-0.0070	-0.0049	-0.0025	0	"
$\mu_{(2)} \cdot M_{a\frac{3}{12}\phi(2), \psi_{a\beta(2)}} \cdot D_{aa(2)}$	0	-0.0015	-0.0026	-0.0030	-0.0026	-0.0015	0	0.0015	0.0026	0.0030	0.0026	0.0015	0	"
$\mu_{(3)} \cdot M_{a\frac{3}{12}\phi(3), \psi_{a\beta(3)}} \cdot D_{aa(3)}$	0	-0.0004	-0.0006	-0.0005	-0.0001	0.0005	0.0007	0.0005	-0.0001	-0.0005	-0.0006	-0.0004	0	"
$\Sigma = M_{a\frac{3}{12}\phi, a\beta}$	0	0.1549	0.3348	0.5638	0.4219	0.3314	0.2704	0.2194	0.1731	0.1291	0.0860	0.0430	0	"

(b)

β	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	乗数
$\mu_{(1)} \cdot M_{a\frac{3}{12}\phi(1), \rho_{b\beta(1)}} \cdot C_{ab(1)}$	0	0.0684	0.1322	0.1871	0.2289	0.2554	0.2645	0.2554	0.2289	0.1871	0.1322	0.0684	0	$\times 10^{-1} \cdot R_a$
$\mu_{(2)} \cdot M_{a\frac{3}{12}\phi(2), \rho_{b\beta(2)}} \cdot C_{ab(2)}$	0	0.0338	0.0598	0.0701	0.0598	0.0338	0	-0.0338	-0.0598	-0.0701	-0.0598	-0.0338	0	"
$\mu_{(3)} \cdot M_{a\frac{3}{12}\phi(3), \rho_{b\beta(3)}} \cdot C_{ab(3)}$	0	0.0084	0.0134	0.0115	0.0015	-0.0105	-0.0163	-0.0105	0.0015	0.0115	0.0134	0.0084	0	"
$\mu_{(1)} \cdot M_{a\frac{3}{12}\phi(1), \psi_{b\beta(1)}} \cdot D_{ab(1)}$	0	0.0028	0.0054	0.0077	0.0094	0.0104	0.0108	0.0104	0.0094	0.0077	0.0054	0.0028	0	"
$\mu_{(2)} \cdot M_{a\frac{3}{12}\phi(2), \psi_{b\beta(2)}} \cdot D_{ab(2)}$	0	0.0011	0.0020	0.0023	0.0020	0.0011	0	-0.0011	-0.0020	-0.0023	-0.0020	-0.0011	0	"
$\mu_{(3)} \cdot M_{a\frac{3}{12}\phi(3), \psi_{b\beta(3)}} \cdot D_{ab(3)}$	0	0.0003	0.0004	0.0004	0	-0.0003	-0.0005	-0.0003	0	0.0004	0.0004	0.0003	0	"
$\Sigma = M_{a\frac{3}{12}\phi, b\beta}$	0	0.1148	0.2132	0.2791	0.3016	0.2899	0.2585	0.2201	0.1780	0.1343	0.0896	0.0450	0	"

表-12 主桁 b の格点 $6\left(\varphi = \frac{6}{12}\phi\right)$ における垂直変位影響面 $U_{b\frac{6}{12}\phi, k\beta}$

(a)

β	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	乗数
$\mu_{(1)} \cdot U_{b\frac{\phi}{2}(1)} \cdot \rho_{a\beta(1)} \cdot C_{ba(1)}$	0	0.5119	0.9898	1.4003	1.7136	1.9117	1.9804	1.9117	1.7136	1.4003	0.9898	0.5119	0	$\times 10^{-3} \cdot \frac{R_b^3}{EJ_{yb}}$
$\mu_{(2)} \cdot U_{b\frac{\phi}{2}(2)} \cdot \rho_{a\beta(2)} \cdot C_{ba(2)}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	"
$\mu_{(3)} \cdot U_{b\frac{\phi}{2}(3)} \cdot \rho_{a\beta(3)} \cdot C_{ba(3)}$	0	-0.0041	-0.0065	-0.0056	-0.0007	0.0051	0.0079	0.0051	-0.0007	-0.0056	-0.0065	-0.0041	0	"
$\mu_{(1)} \cdot U_{b\frac{\phi}{2}(1)} \cdot \psi_{a\beta(1)} \cdot D_{ba(1)}$	0	-0.0956	-0.1850	-0.2618	-0.3203	-0.3574	-0.3702	-0.3574	-0.3203	-0.2618	-0.1850	-0.0956	0	"
$\mu_{(2)} \cdot U_{b\frac{\phi}{2}(2)} \cdot \psi_{a\beta(2)} \cdot D_{ba(2)}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	"
$\mu_{(3)} \cdot U_{b\frac{\phi}{2}(3)} \cdot \psi_{a\beta(3)} \cdot D_{ba(3)}$	0	0.0007	0.0012	0.0010	0.0001	-0.0009	-0.0014	-0.0009	0.0001	0.0010	0.0012	0.0007	0	"
$\Sigma = U_{b\frac{6}{12}\phi, a\beta}$	0	0.4129	0.7995	1.1339	1.3927	1.5585	1.6167	1.5585	1.3927	1.1339	0.7995	0.4129	0	"

(b)

β	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	乗数
$U_{b\frac{6}{12}\phi, b\beta}$	0	0.9635	1.8707	2.6660	3.2955	3.7080	3.8555	3.7080	3.2955	2.6660	1.8707	0.9635	0	$\times 10^{-3} \cdot \frac{R_b^3}{EJ_{yb}}$
$\mu_{(1)} \cdot U_{b\frac{\phi}{2}(1)} \cdot \rho_{b\beta(1)} \cdot C_{bb(1)}$	0	-0.3213	-0.6212	-0.8789	-1.0756	-1.1999	-1.2430	-1.1999	-1.0756	-0.8789	-0.6212	-0.3213	0	"
$\mu_{(2)} \cdot U_{b\frac{\phi}{2}(2)} \cdot \rho_{b\beta(2)} \cdot C_{bb(2)}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	"
$\mu_{(3)} \cdot U_{b\frac{\phi}{2}(3)} \cdot \rho_{b\beta(3)} \cdot C_{bb(3)}$	0	0.0026	0.0042	0.0036	0.0005	-0.0033	-0.0051	-0.0033	0.0005	0.0036	0.0042	0.0026	0	"
$\mu_{(1)} \cdot U_{b\frac{\phi}{2}(1)} \cdot \psi_{b\beta(1)} \cdot D_{bb(1)}$	0	0.0205	0.0396	0.0561	0.0686	0.0765	0.0793	0.0765	0.0686	0.0561	0.0396	0.0205	0	"
$\mu_{(2)} \cdot U_{b\frac{\phi}{2}(2)} \cdot \psi_{b\beta(2)} \cdot D_{bb(2)}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	"
$\mu_{(3)} \cdot U_{b\frac{\phi}{2}(3)} \cdot \psi_{b\beta(3)} \cdot D_{bb(3)}$	0	-0.0004	-0.0006	-0.0006	-0.0001	0.0005	0.0008	0.0005	-0.0001	-0.0006	-0.0006	-0.0004	0	"
$\Sigma = U_{b\frac{6}{12}\phi, b\beta}$	0	0.6649	1.2927	1.8462	2.2889	2.5818	2.6875	2.5818	2.2889	1.8462	1.2927	0.6649	0	"

(3) 主桁 b の格点 $6\left(\varphi = \frac{6}{12}\phi\right)$ における垂直変位影響面 $U_{b\frac{6}{12}\phi, k\beta}$

計算過程とともにこれを示せば 表-12 となる。

11. 結 言

曲線格子桁に限らず構造物の設計に際して構造解析の簡易化は当然必要なことである。しかし、その簡易化された方法による解が厳密な計算になっているか、否かに問題がある。本論文の実用解析法によれば、厳密にかつ簡単に解析される。箱形主桁並列の曲線格子桁では主桁 3 本並列すれば十分幅員を確保できるので 2 および 3-弾性支承上の桁の支承反力公式は非常に有効である。

最後に本論文作成にあたって終始ご助言いただいた北海道大学 渡辺 昇教授に感謝の意を表します。

12. 記 号

- a = 主桁間隔
- J_{yi}, J_{Ti} = 主桁 i の断面 2 次モーメントおよびねじれ抵抗
- J_{θ} = 横桁の断面 2 次モーメント
- P = 集中垂直荷重
- R_i = 主桁 i の曲率半径
- $r_{up}, r_{\theta p}, r_{\theta T}$ = ばね係数比
- T = 集中ねじれモーメント荷重
- U = 垂直変位
- $Z_{uP}, Z_{\theta P}, Z_{\theta T}$ = 格子剛度
- $\alpha_{h(n)}, \beta_{h(n)}$ = アフィン荷重群
- β = 載荷点の角縦座標
- θ = ねじれ角変位
- $\rho_{k\beta(n)}$ = 単位曲げ曲線

φ = 着目点の角縦座標
 $\phi_{k\beta(n)}$ = 単位ねじれ曲線
 $\tau_{k\beta(n)}$ = 単位回転曲線
 ω, ω_T = ばね係数
 \surd = 垂直荷重 $P=1$ による値

\supset = ねじれ荷重 $T=1$ による値

参 考 文 献

- 1) 稼農知徳：曲線格子桁の実用解析法，土木学会論文報告集 189号，pp. 1~12，昭和 46 年 5 月

(1970.10.15・受付)
