

連統格子桁の理論解析について〔上〕

—主桁曲げ剛性のみを考慮する場合—

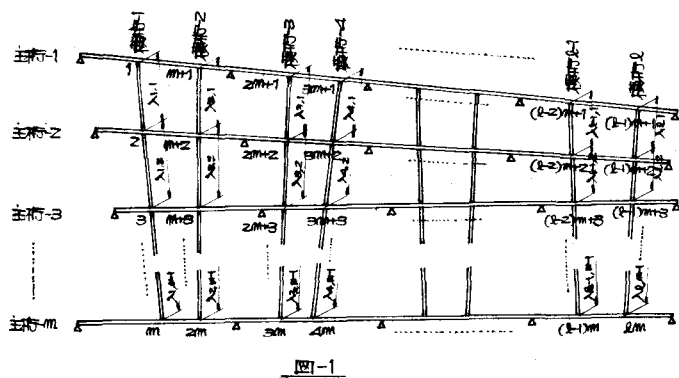
北海道南樺コンサルタント(株)電子計算部次長 正会員 ○津田義和

1. まえがき

本論文で対象としている“曲げ剛性のみを考慮した連統格子桁の理論解析とプログラミング”は5年前に完成し、現在実機演算に使用されており、後で掲載されている“せん断剛性を考慮した連統格子桁の理論解析手法”と同様、応力法によって解析されている。応力法は変形法に比して計算速度が速いというメリットがあるが、一方その適用範囲は狭い。従って応力法を使用する場合、理論解析、プログラミング上対象構造物の適用範囲と出来る応力拡大する様配慮しなくてはならない。本論文で使用されている変数のサフィクスは少しく複雑の感を与えているが、プログラムを作成する際サフィクスそのものをプログラム変数、添数として使用するに因り簡略化することが出来なかった。

2. 対象構造形状と適用範囲

ネ1図に示されている様に主桁 m 本、横桁 l 本を持つ任意形状の連統格子桁を考える。主桁及び横桁は曲げ



剛性のみを考慮し、せん断剛性は考慮しない。又、主桁と横桁とは固接自由のピンによって結合されているものとする。主桁、横桁の配置は上図の様に任意であるが、横桁は支承を結ぶ線の中に配置されていなくてはならない。主桁、横桁本数、径間数は理論解析上任意であるが、実際演算の際に連立方程式のマトリックスの元数 $m \times l$ に制約があり、現在 $m \times l = 70$ 位である。

3. 理論の概要

ネ1図の主桁と横桁とのピン結合を解放して構造、即ち連統桁と横桁(単桁)とに分けてものを基本系として解析する。この構造上に外力が作用すると各格子点に格子点力が生ずるが、この場合

- (1) 外力とこの格子点力によって生じた格子点位置に於ける主桁、横桁の撓みは等しい。
- (2) 各横桁上の格子点力の総和は零である。

(3) 各種桁端の格子点に於ける各種桁上格子点力による曲げモーメントは零である。

の三条件が成立し、この三条件より任意荷重と格子点力との関係がマトリックスの形式で表示出来る。

仕事方程式の一般形式は、

$$[K][q] = [P] \quad \text{----- (1)}$$

これは、剛性マトリックス $[K]$ は任意荷重が外桁を移動する場合と内桁を移動する場合とではその値が異なり、之をマトリックス-A(外桁 $G-1$ を移動する場合)、マトリックス-B(内桁 $G-2 \sim G-m-1$ を移動する場合)、マトリックス-C(外桁 $G-m$ を移動する場合)とする。

4. 仕事方程式

ある主桁上に任意荷重 W が作用し、各格子点には $q_1, q_2, \dots, q_{lm-1}, q_{lm}$ なる $m \times l$ 個の格子点力が生ずるが、格子点 $2, 3, \dots, m-1, m+2, \dots, (l-1)m+2, lm-1$ に於ける横桁の撓みの一般式は次の様になる。

主桁の番号を i 、横桁の番号を j とおとし、格子点力を q 、主桁本数 m 、横桁本数 l とする。 δ_{ij} は主桁 j 点 i 単位荷重が作用し、 α_{ij} は横桁(単桁)の j 点 i 単位荷重が作用し、 $\beta_{ii} = \delta_{ii} + \alpha_{ii}$ とする。

主桁が $i = 2, 3, 4, \dots, m-1$; の場合

$$\delta_{(j-1)m+i} = \frac{\sum_{k=1}^{m-1} \lambda_{j,k}}{\sum_{k=1}^{m-1} \lambda_{j,k}} \delta_{j-1)m+i} + \frac{\sum_{k=1}^{l-1} \lambda_{j,k}}{\sum_{k=1}^{m-1} \lambda_{j,k}} \delta_{(j-1)m+m} + \sum_{k=2}^{m-1} q_{(j-1)m+k} \cdot \alpha_{(j-1)m+i,k} \quad \text{----- (2)}$$

(ただし $j = 1, 2, 3, \dots, l$;)

4-1. 主桁-1 上に荷重 W が作用する場合の仕事方程式

主桁-1 上に荷重 W が作用し、各格子点には $q_1, q_2, \dots, q_{lm-1}, q_{lm}$ なる $m \times l$ 個の格子点力が生ずるが、格子点 $2, 3, \dots, m-1, m+2, \dots, (l-1)m+2, lm-1$ に於ける横桁の撓みの一般式は次の様になる。

主桁 $i=1$ の場合

$$\delta_{(j-1)m+i} = - \sum_{k=1}^l \left[\delta_{(j-1)m+i, (k-1)m+i} \cdot q_{(k-1)m+i} \right] + W \cdot \delta_{(j-1)m+i, x} \quad (j=1, 2, \dots, l) \quad \text{----- (3)}$$

主桁 $i=2, 3, \dots, m$ の場合

$$\delta_{(j-1)m+i} = - \sum_{k=1}^l \left[\delta_{(j-1)m+i, (k-1)m+i} \cdot q_{(k-1)m+i} \right] \quad (j=1, 2, \dots, l) \quad \text{----- (4)}$$

である。三条件の(1) 主桁と横桁の撓みは等しいより 式(3), (4)を式(2)に代入すると

$$\sum_{k=1}^l \left[\delta_{(j-1)m+i, (k-1)m+i} \cdot q_{(k-1)m+i} - \frac{\sum_{k=1}^{m-1} \lambda_{j,k}}{\sum_{k=1}^{m-1} \lambda_{j,k}} \cdot \delta_{(j-1)m+i, (k-1)m+i} \cdot q_{(k-1)m+i} + \frac{\sum_{k=1}^{l-1} \lambda_{j,k}}{\sum_{k=1}^{m-1} \lambda_{j,k}} \cdot \delta_{(j-1)m+m, (k-1)m+m} \cdot q_{(k-1)m+m} \right] - \frac{\sum_{k=1}^{l-1} \lambda_{j,k}}{\sum_{k=1}^{m-1} \lambda_{j,k}} \cdot \alpha_{(j-1)m+i, k} \cdot q_{(k-1)m+k} = W \cdot \delta_{(j-1)m+i, x} \quad \text{----- (5)}$$

($i=2, 3, \dots, m-1$; $j=1, 2, 3, \dots, l$)

条件(2), (3)より

$$\sum_{k=1}^m q_{(j-1)m+k} = 0 \quad (j=1, 2, 3 \dots l) \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^m \left[\sum_{l=1}^{K-1} \lambda_{j,l} \cdot q_{(j-1)m+k} \right] = 0 \quad (j=1, 2, 3 \dots l) \quad (7)$$

この二般式より格子点力 q に関する連立方程式が得られるが、之をマトリックス形式と表はすと、

$$\begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} & \dots & K_{1l} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} & \dots & K_{2l} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} & \dots & K_{3l} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K_{l1} & K_{l2} & K_{l3} & \dots & K_{ll} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \\ \vdots \\ Q_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ \vdots \\ P_l \end{bmatrix} \quad (8)$$

要素 K よりなるマトリックスを「マトリックス- A 」と呼び、対角小行列 K_{ii} 、対角要素以外的小行列 K_{ij} より成り、その内容は表-1、表-2に示す通りである。 $Q_1, Q_2, Q_3 \dots Q_l$; $P_1, P_2, P_3 \dots P_l$ も小行列であつて、前者は格子点力、後者は荷重 $\times$ ばねみを表はしているが、説明は省略する。

4-2 主桁-2 ~ $m-1$ 上に荷重 W_i が作用する場合の仕事方程式

内桁即ち主桁-2 ~ $m-1$ 上に荷重 W_i が作用した場合の主桁の撓みは

主桁 $i=1$ 又は m の場合

$$\delta_{(j-1)m+i} = - \sum_{k=1}^l \delta_{(j-1)m+i, (k-1)m+i} \cdot q_{(k-1)m+i} \quad (j=1, 2, 3 \dots l) \quad (9)$$

主桁 $i=2, 3, 4 \dots m-1$ の場合

$$\delta_{(j-1)m+i} = - \sum_{k=1}^l \delta_{(j-1)m+i, (k-1)m+i} \cdot q_{(k-1)m+i} + W_i \cdot \delta_{i,x} \quad (j=1, 2, 3 \dots l) \quad (10)$$

である。条件(1) 主桁と横桁の撓みは等しいから、式(9), (10) を式(2)に代入すると、

$$\begin{aligned} & - \sum_{k=1}^{m-1} \frac{\lambda_{j,k}}{\sum_{k=1}^m \lambda_{j,k}} \cdot \sum_{l=1}^l \left[\delta_{(j-1)m+1, (L-1)m+1} \cdot q_{(L-1)m+1} \right] + \sum_{l=1}^l \left[\delta_{(j-1)m+i, (k-1)m+i} \cdot q_{(k-1)m+i} \right] \\ & + \sum_{k=2}^{m-1} \left[\delta_{(j-1)m+i, k} \cdot q_{(j-1)m+k} \right] - \sum_{k=1}^{l-1} \frac{\lambda_{j,k}}{\sum_{k=1}^l \lambda_{j,k}} \cdot \sum_{l=1}^l \left[\delta_{(j-1)m+m, (L-1)m+m} \cdot q_{(L-1)m+m} \right] = W_i \cdot \delta_{i,x} \quad (11) \\ & (i=2, 3 \dots m-1; j=1, 2, 3 \dots l) \end{aligned}$$

条件(2), (3)より式(6), (7)が得られる。この一般式より格子点力 q に関する連立方程式が得られる。

連立方程式は式(9)と同じ形式で、要素 K よりなるマトリックスをこの場合「マトリックス- B 」と呼び、対角小行列 K_{ii} 、対角要素以外的小行列 K_{ij} の内容は表-3、表-4に示されている。

4-3 主桁- m 上に荷重 W_m が作用する場合の仕事方程式

主対角上ト荷重 W_m が作用した場合の主対角の撓みは

主対角 $i=1, 2, 3, \dots, m-1$ の場合

$$\delta_{(j-1)m+i} = - \sum_{k=1}^l [q_{(k-1)m+i} \cdot \delta_{(j-1)m+i, (k-1)m+i}] \quad (j=1, 2, \dots, l) \quad (12)$$

主対角 $i=m$ の場合

$$\delta_{(j-1)m+i} = - \sum_{k=1}^l [q_{(k-1)m+i} \cdot \delta_{(j-1)m+i, (k-1)m+i}] + W_m \cdot \delta_{(j-1)m+i, x} \quad (j=1, 2, \dots, l) \quad (13)$$

である。条件(1)主対角と撓みの撓みは等しいから、式(12), (13)を式(2)に代入すると、

$$\begin{aligned} & \sum_{k=1}^{m-1} \frac{\lambda_{j,k}}{\sum_{k=1}^{m-1} \lambda_{j,k}} \cdot \sum_{i=1}^l [\delta_{(j-1)m+1, (k-1)m+1} \cdot q_{(k-1)m+1}] - \sum_{k=1}^{m-1} \frac{\lambda_{j,k}}{\sum_{k=1}^{m-1} \lambda_{j,k}} \cdot \sum_{i=1}^l [\delta_{(j-1)m+i, (k-1)m+i} \cdot q_{(k-1)m+i}] \\ & - \sum_{k=1}^{m-1} \frac{\lambda_{j,k}}{\sum_{k=1}^{m-1} \lambda_{j,k}} \cdot \sum_{i=2}^{m-1} [\delta_{(j-1)m+i, k} \cdot q_{(j-1)m+k}] + \sum_{k=1}^l [\delta_{(j-1)m+m, (k-1)m+m} \cdot q_{(k-1)m+m}] = W_m \cdot \delta_{(j-1)m+m, x} \\ & (i=2, 3, \dots, m-1; j=1, 2, 3, \dots, l) \quad (14) \end{aligned}$$

条件(2), (3)より式(6), (7)が得られる。この一般式より格子点力 q に関する連立方程式が得られる。

連立方程式は式(9)と同じ形式で、要素 K よりなるマトリックスをこの場合「マトリックス- C 」と呼び、対角小行列 K_{ii} 、対角要素以外の小行列 K_{ij} の内容は表-5、表-6に表示されている。

4-4 格子点力 q

以上より、マトリックス $[A]$, $[B]$, $[C]$ が定義され、格子点力 q は、

$$[A] \cdot [\phi] = [P] \quad [B] \cdot [\phi] = [P] \quad [C] \cdot [\phi] = [P] \quad (15)$$

を求める為、ここでマトリックス $[A]$, $[B]$, $[C]$ の逆マトリックスを計算し、

$$[A]^{-1} [P] = [\phi] \quad [B]^{-1} [P] = [\phi] \quad [C]^{-1} [P] = [\phi] \quad (16)$$

を求める方が簡単で計算は速い。

即ち、マトリックス $[A]^{-1}$, $[B]^{-1}$, $[C]^{-1}$ の組合せを D とマトリックス- D を構成し、最終的に格子点力 q は

$$[D][P] = [\phi]$$

として求める。下図の如くマトリックス- $[A]^{-1}$, $[B]^{-1}$, $[C]^{-1}$ は m 行、 m 列よりなる正方形行列を要素とする l 行、 l 列の正方形行列である。

$[A]^{-1}$					$[B]^{-1}$					$[C]^{-1}$				
	1	2	.....	l		1	2	.....	l		1	2	.....	l
1	A_{11}	A_{12}	.....	A_{1l}	1	B_{11}	B_{12}	.....	B_{1l}	1	C_{11}	C_{12}	.....	C_{1l}
2	A_{21}	A_{22}	.....	A_{2l}	2	B_{21}	B_{22}	.....	B_{2l}	2	C_{21}	C_{22}	.....	C_{2l}
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
l	A_{l1}	A_{l2}	.....	A_{ll}	l	B_{l1}	B_{l2}	.....	B_{ll}	l	C_{l1}	C_{l2}	.....	C_{ll}

表 1 マトリックス A 対角小行列 K_i

$\frac{\partial(i-1)m+1}{(i-1)m+1}$	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (i-1)m+2}$	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (i-1)m+3}$	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (i-1)m+4}$	.....	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (i-1)m+m-1}$	$\frac{a_{i1}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}} \delta_{im, im}$
$\frac{\partial(i-1)m+1}{(i-1)m+1}$	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (i-1)m+3}$	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (i-1)m+3}$	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (i-1)m+4}$	.....	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (i-1)m+m-1}$	$\frac{a_{i1}+a_{i2}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}} \delta_{im, im}$
$\frac{\partial(i-1)m+1}{(i-1)m+1}$	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (i-1)m+2}$	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (i-1)m+3}$	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (i-1)m+4}$	.....	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (i-1)m+m-1}$	$\frac{a_{i1}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}} \delta_{im, im}$
.....						
$\frac{\partial(i-1)m+1}{(i-1)m+1}$	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{a_{i,m-1} \alpha(i-1)m+m-1}$	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{a_{i,m-1} \alpha(i-1)m+m-1}$	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{a_{i,m-1} \alpha(i-1)m+m-1}$	.....	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{a_{i,m-1} \beta(i-1)m+m-1}$	$\frac{a_{i1}}{a_{i,m-1}} \delta_{im, im}$
1	1	1	1	.....	1	1
0	a_{i1}	$a_{i1}+a_{i2}$	$a_{i1}+a_{i2}+a_{i3}$	.....	$\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}$	$\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}$

表 2 マトリックス A 対角要素以外的小行列 K_{ij}

$\frac{\partial(i-1)m+1}{(j-1)m+1}$	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (j-1)m+2}$	0	0	.....	0	$\frac{a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}} \delta_{im, jm}$
$\frac{\partial(i-1)m+1}{(j-1)m+1}$	0	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (j-1)m+3}$	0	.....	0	$\frac{a_{i1}+a_{i2}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}} \delta_{im, jm}$
$\frac{\partial(i-1)m+1}{(j-1)m+1}$	0	0	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (j-1)m+4}$	.....	0	$\frac{a_{i1}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}} \delta_{im, jm}$
.....						
$\frac{\partial(i-1)m+1}{(j-1)m+1}$	0	0	0	.....	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{a_{i,m-1} \partial(i-1)m+m-1}$	$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{a_{i,m-1}} \delta_{im, jm}$
0	0	0	0	.....	0	0
0	0	0	0	.....	0	0

表 3 マトリックス B 対角小行列 K_i

$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (i-1)m+1}$	$\frac{\beta(i-1)m+2}{(i-1)m+2}$	$\frac{\alpha(i-1)m+2}{(i-1)m+3}$	$\frac{\alpha(i-1)m+2}{(i-1)m+4}$	.....	$\frac{\alpha(i-1)m+2}{(i-1)m+m-1}$	$\frac{a_{i1}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}} \delta_{im, im}$
$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (i-1)m+1}$	$\frac{\alpha(i-1)m+3}{(i-1)m+2}$	$\frac{\beta(i-1)m+3}{(i-1)m+3}$	$\frac{\alpha(i-1)m+3}{(i-1)m+4}$	.....	$\frac{\alpha(i-1)m+3}{(i-1)m+m-1}$	$\frac{a_{i1}+a_{i2}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}} \delta_{im, im}$
$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (i-1)m+1}$	$\frac{\alpha(i-1)m+4}{(i-1)m+2}$	$\frac{\alpha(i-1)m+4}{(i-1)m+3}$	$\frac{\beta(i-1)m+4}{(i-1)m+4}$	.....	$\frac{\alpha(i-1)m+4}{(i-1)m+m-1}$	$\frac{a_{i1}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}} \delta_{im, im}$
.....						
$\frac{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik} (i-1)m+1}$	$\frac{\alpha(i-1)m+m-1}{(i-1)m+2}$	$\frac{\alpha(i-1)m+m-1}{(i-1)m+3}$	$\frac{\alpha(i-1)m+m-1}{(i-1)m+4}$	.....	$\frac{\beta(i-1)m+m-1}{(i-1)m+m-1}$	$\frac{a_{i1}}{\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}} \delta_{im, im}$
1	1	1	1	.....	1	1
0	a_{i1}	$a_{i1}+a_{i2}$	$a_{i1}+a_{i2}+a_{i3}$	.....	$\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}$	$\sum_{k=1}^{m-1} a_{ik}$

表 4 マトリクス B の固有値と K_0 の小行列

$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\partial(i-1)m+1}{(j-1)m+1}$	$\frac{\partial(i-1)m+2}{(j-1)m+2}$	0	0	.....	0	$\frac{A_{i1}}{A_{ik}} \frac{\partial_{im,jm}}$
$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\partial(i-1)m+1}{(j-1)m+1}$	0	$\frac{\partial(i-1)m+3}{(j-1)m+3}$	0	.....	0	$\frac{A_{i1}+A_{i2}}{A_{ik}} \frac{\partial_{im,jm}}$
$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\partial(i-1)m+1}{(j-1)m+1}$	0	0	$\frac{\partial(i-1)m+4}{(j-1)m+4}$	.....	0	$\frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\partial_{im,jm}}$
.....						
$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\partial(i-1)m+1}{(j-1)m+1}$	0	0	0	.....	$\frac{\partial(i-1)m+m-1}{(j-1)m+m-1}$	$\frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\partial_{im,jm}}$
0	0	0	0	.....	0	0
0	0	0	0	.....	0	0

表 5

表 5 マトリクス C の固有値と K_0 の小行列

$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{i1}} \frac{\partial(i-1)m+1}{(i-1)m+1}$	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{i1}} \frac{\beta(i-1)m+2}{(i-1)m+2}$	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{i1}} \frac{\alpha(i-1)m+2}{(i-1)m+3}$	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{i1}} \frac{\alpha(i-1)m+2}{(i-1)m+4}$	.....	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{i1}} \frac{\alpha(i-1)m+2}{(i-1)m+m-1}$	$\partial_{im,im}$
$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{i1}+A_{i2}} \frac{\partial(i-1)m+1}{(i-1)m+1}$	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{i1}+A_{i2}} \frac{\alpha(i-1)m+3}{(i-1)m+2}$	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{i1}+A_{i2}} \frac{\beta(i-1)m+3}{(i-1)m+3}$	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{i1}+A_{i2}} \frac{\alpha(i-1)m+3}{(i-1)m+4}$	.....	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{i1}+A_{i2}} \frac{\alpha(i-1)m+3}{(i-1)m+m-1}$	$\partial_{im,im}$
$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\partial(i-1)m+1}{(i-1)m+1}$	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\alpha(i-1)m+4}{(i-1)m+2}$	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\alpha(i-1)m+4}{(i-1)m+3}$	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\beta(i-1)m+4}{(i-1)m+4}$	.....	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\alpha(i-1)m+4}{(i-1)m+m-1}$	$\partial_{im,im}$
.....						
$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\partial(i-1)m+1}{(i-1)m+1}$	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\alpha(i-1)m+m-1}{(i-1)m+2}$	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\alpha(i-1)m+m-1}{(i-1)m+3}$	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\alpha(i-1)m+m-1}{(i-1)m+4}$	.....	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\beta(i-1)m+m-1}{(i-1)m+m-1}$	$\partial_{im,im}$
1	1	1	1	.....	1	1
$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}}$	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}}$	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}}$	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}}$	.....	$j_{im}-1$	0

表 6

表 6 マトリクス C の固有値と K_0 の小行列

$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{i1}} \frac{\partial(i-1)m+1}{(j-1)m+1}$	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{i1}} \frac{\partial(i-1)m+2}{(j-1)m+2}$	0	0	.....	0	$\partial_{im,jm}$
$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{i1}+A_{i2}} \frac{\partial(i-1)m+1}{(j-1)m+1}$	0	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{i1}+A_{i2}} \frac{\partial(i-1)m+3}{(j-1)m+3}$	0	.....	0	$\partial_{im,jm}$
$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\partial(i-1)m+1}{(j-1)m+1}$	0	0	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\partial(i-1)m+4}{(j-1)m+4}$	.....	0	$\partial_{im,jm}$
.....						
$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\partial(i-1)m+1}{(j-1)m+1}$	0	0	0	.....	$\sum_{k=1}^{j-1} \frac{A_{ik}}{A_{ik}} \frac{\partial(i-1)m+m-1}{(j-1)m+m-1}$	$\partial_{im,jm}$
0	0	0	0	.....	0	0
0	0	0	0	.....	0	0

マトリックス- A', B', C' の同行、同列の小行列相互、例へば A_{zz}, B_{zz}, C_{zz} の間、 m 位の小行列 A と C より $m-2$ 項の要素の和を求め、 m 位の小行列 B の $m-1, m$ 列の要素を除いてマトリックスの組合せによって、マトリックス- D を構成する。小行列 D 、この例では D_{zz} が出来る。

以上によって荷重 W と格子点力 q との関係がマトリックスの形式で表示され、格子点力 q の影響係数が求まる。

5 任意形状の連系格子桁の断面力・変形・影響係

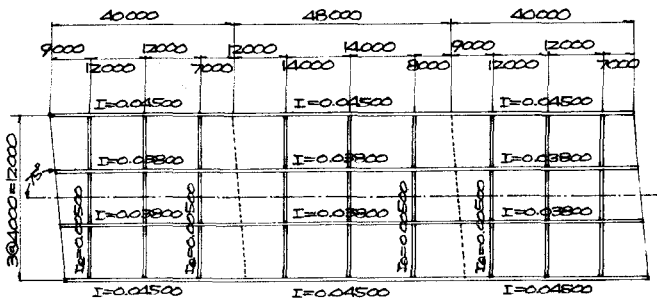
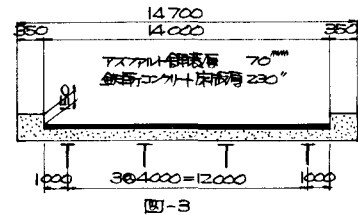
任意形状の連系格子桁の断面力・変形・影響係は、

$$S' = S_0' + \sum_{k=1}^n S_{kx} \cdot q_k'$$

ただし、 S_0' は基本系連系桁の断面力変形の影響係であり、 $S_{kx} \cdot q_k$ は格子点力 F による断面力・変形である。

6 例題

図-2 示す様子 4 主桁 3 径間連系格子桁。構造形と見て、幅員構成は



上図へ廻りであつて、上記幅員に従つて荷重計算は次の通りである。

死荷重 (T/m)			
2.220	2.200	2.200	2.220

等分布荷重 (T/m)			
0.175	1.400	0.875	0.088
0.175	1.400	0.875	0.088
0.088	0.875	1.400	0.175
0.088	0.875	1.400	0.175

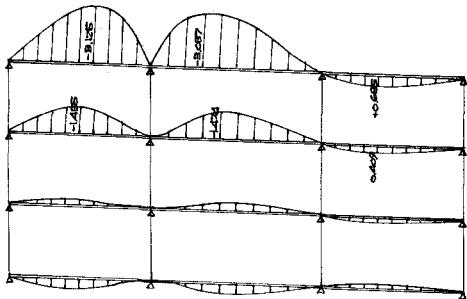
集中荷重 (t)			
2.500	20.000	12.500	1.250
2.500	20.000	12.500	1.250
1.250	12.500	20.000	2.500
1.250	12.500	20.000	2.500

群集荷重はなし

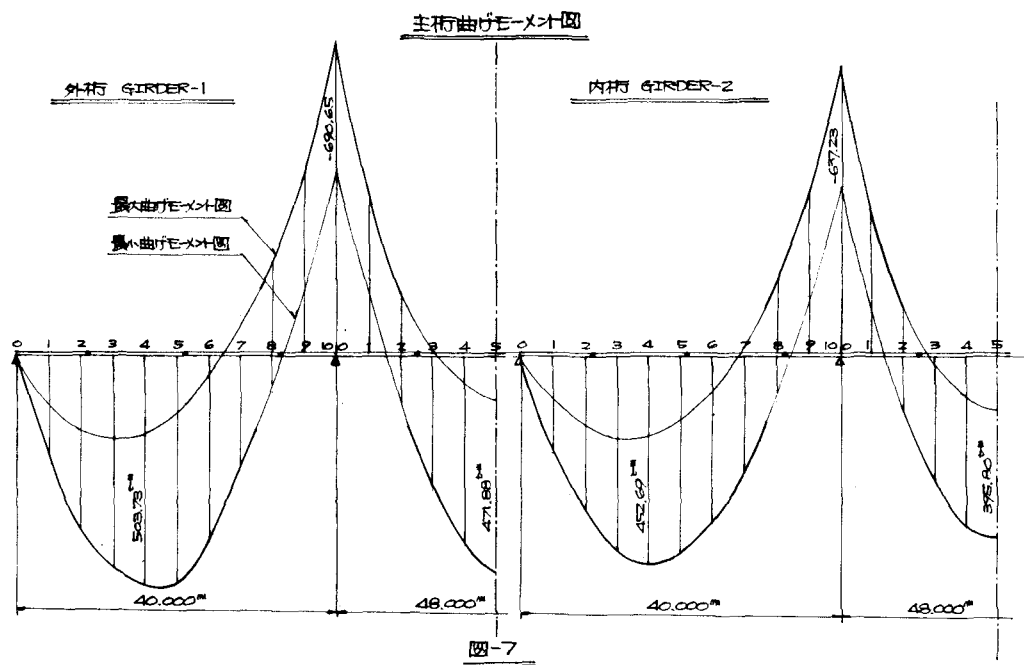
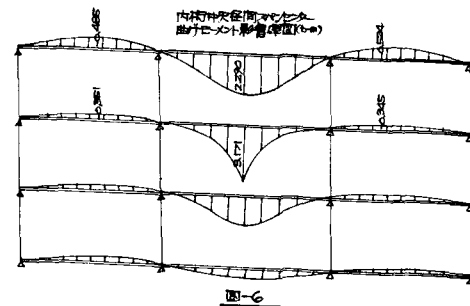
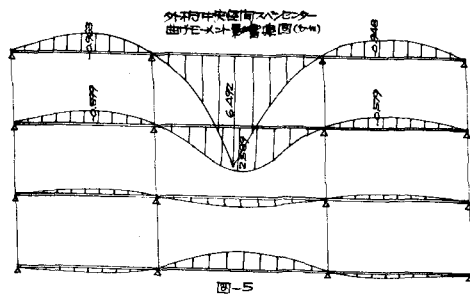
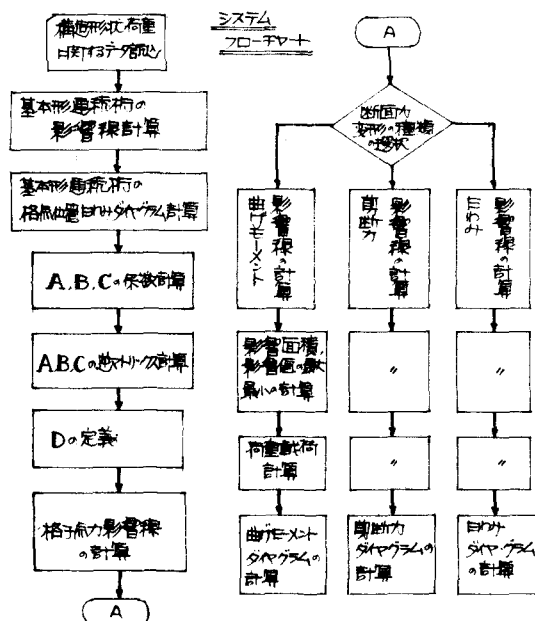
構造形状荷重データをインプットデータとして、本社の電子計算機 IBM S/370 MODEL 135 (現在 96 KB、毎月 192 KB 拡張) を計算すると、曲げモーメント影響係、荷重載荷後の曲げモーメントダイヤグラムが次の様になる。(図-4, 5, 6, 7 参照)

連系桁を桁プログラム。計算過程は次ページのシステム・フローチャートと簡単に示す。

本例題の構造形状・データを讀み曲げモーメント算出能力・内力影響係・ダイヤグラムを計算する際の CPU 時間は概定で 4 分 (マルチプログラミング 3 割程度。えてデモレーション・タイムは約 21 分、之の 20% を CPU 時間と概定)、インプット・データ・カード枚数 28 枚、印刷行数 4600 行である。



外桁・大梁間中点位置上
曲げモーメント影響係図 (t-m)



参考文献

- (1) 青木弘；「格子桁の一解法」土木学会北海道支部 技術資料 20号
- (2) 渡辺昇；「格子桁の理論と計算」技術堂
- (3) 渡辺昇；「橋の影響線、理論と計算法」現代社