

任意形格子桁の自動設計化のための1アプローチ

(任意形格子桁の設計断面力の自動解析について)

株式会社 宮地鉄工所

後藤 茂夫

今野 光明

○大西 幸紀

大槻 謙

§ 1 序

格子桁の完全自動設計化に対して一つの指針を提示し、適用できる格子桁タイプと影響線値の自動処理法について説明する。

一般に設計手順は、(図-1)の様な5段階に区分できる。第1段階は道路線形に適合させた桁配置の計画を含む骨組決定と、その寸法決定等のいわゆる線形計算である。第2段階は骨組の解析であって、各々の形状、構造に適した解法により影響線の算出が行われる。第3段階はこの影響線値による部材設計のための最大または最小断面力算出であり、第4段階は部材断面計算に始まる細部設計計算になり、最後の第5段階は製図工程及び材料積算である。この5段階の部分ごとについては、すでにコンピューターの利用が進められており、主に第2段階においては、必要欠くべからざるものとなった。本プログラムは自動設計化の一つのアプローチとして、第2段階と第3段階を結合し、合成桁については断面計算をも加えて一貫した自動化を計るものであり、特に第3段階のサブプログラム内で、きわめて功妙に断面力を算出させてある。

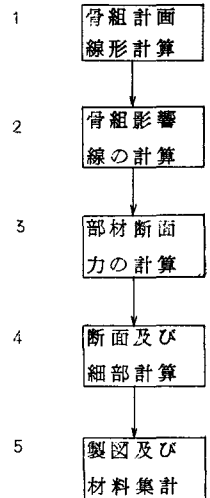
§ 2 プログラムの構成

本プログラムのおよその構成は(図-2)のようになっており、各部分をサブプログラムとして扱うことができる。

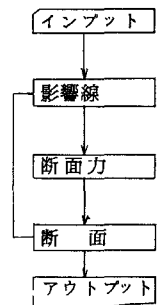
格子桁解析のサブプログラムに対するインプットデータとして、線形計算より求めた骨組節点の平面座標、各部材の仮定曲げ剛性及び捩り剛性、部材組合せ及び本数、支点の節点番号などがある。アウトプットデータである影響線群は、テープ、ドラム、ディスク等の外部記憶装置に格納しておき、同時にプリントアウトすることもできる。解析理論としては、§3に述べる各種のプログラムが用意されており、適宜に交換して多くのタイプに応用できることになる。

断面力計算に対するインプットデータとして、荷重強度、求める断面力の指定などがあり、アウトプットデータは外部記憶装置に格納することも、プリントアウトすることもできる。最大断面力に十分抵抗できる断面を、次のサブプログラムで求めることができれば、仮定した部材の剛性を修正して、再び影響線を求めるサブプログラムに戻る。何回かの繰り返し計算の後に、収束した断面が工学的にまた経済的に妥当であると判断されれば、計算は終了する。経済性に対する判定は、許容応力と実応力の比較によるのが簡明であると考えられる。

断面力算出サブプログラムの内容については、§4で述べることにし、合成桁断面計算については改めて別の機会にゆずることとする。



(図-1)



(図-2)

§ 3 適用格子桁理論

本プログラム中にサブプログラムとして使用されている格子桁解析プログラムには、つぎのような理論が用いられている。

1. 変形法による任意格子桁の解法
2. 不整形格子桁の解法
3. 分離変形法による直交曲線格子桁の解法
4. レダクション法による直交曲線格子桁の解法

1については、あらためて説明するまでもなく、各節点 3ヶの未知変位を求める連立一次方程式に帰着せしめるもので、コンピュータの成能が許せば、あらゆる形状の格子桁の解析に用いられる汎用性を有する。2は、ねじれ剛性のない直線状の主桁と横桁が不規則に交叉する構造を対象とし、その●交点のたわみを未知量とする連立方程式を導く。3および4は、ねじれ剛性のない直線横桁が曲線（直線を含んでもよい）主桁群とほぼ直交している格子桁の解析に適用するものである。

なお、これらの理論を用いたプログラムは、それぞれ独立した解析プログラムとして開発されたものであるが、3および4の理論は未発表であるため、ここにその概要を説明する。

3-1 分離変形法による直交曲線格子桁の解法

図のように、 i 主桁の格間 $i-1 \sim i$ をとりだし、曲げモーメントを M 、ねじりモーメントを T 、せん断力を S 、たわみを y 、断面回転角を ψ とすれば、円弧ばりの面外変形に関する連立微分方程式は

$$\frac{d\psi}{d\theta} - \psi = -R \frac{M}{EI} \quad (1)$$

$$\frac{d\psi}{d\theta} + \psi = R \frac{T}{GJ} \quad (2)$$

$$\frac{dy}{d\theta} = R\psi \quad (3)$$

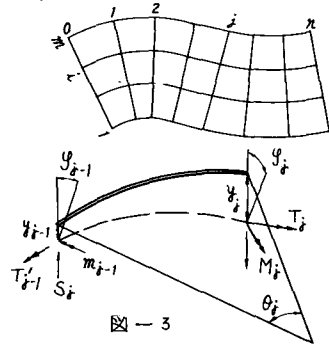


図-3

と表わすことができる。これを解き、幾何学的な力のつりあい条件と境界条件を用いて、せん断力およびねじりモーメントを求めれば、図-1の記号にしたがって

$$S_i = \frac{M_i - M_{i-1}}{R_i \theta_i} + GJ_i \frac{y_i - y_{i-1}}{R_i^3 \theta_i} + GJ_i \frac{y_i - y_{i-1}}{R_i^3 \theta_i} \quad (4)$$

$$T_i = \left(\frac{1}{\theta_i} - \cot \theta_i \right) M_i - \left(\frac{1}{\theta_i} - \operatorname{cosec} \theta_i \right) M_{i-1} + GJ_i \frac{y_i - y_{i-1}}{R_i \theta_i} + GJ_i \frac{y_i - y_{i-1}}{R_i^3 \theta_i} \quad (5)$$

以下、主桁を表わす添字 i は省略する。たとえば、 $M_{ii} \rightarrow M_i$

i 点の荷重 P_i 、 Q_i 横桁反力 W_i 、 X_i と j の左右のせん断力、ねじりモーメントのつりあいより

$$P_i - W_i = S_i - S_{i+1} \quad Q_i - X_i = T_i - T_{i+1}$$

(4)、(5)を用いて、 S および T を代入すれば

$$\begin{aligned} P_i - W_i = & -\gamma_i M_{i-1} + (\gamma_i + \gamma_{i+1}) M_i - \gamma_{i+1} M_{i+1} \\ & -k_i' y_{i-1} + (k_i' + k_{i+1}') y_i - k_{i+1}' y_{i+1} \\ & -R_i^3 y_{i-1} + (k_i' + R_i^3 + k_{i+1}') y_i - k_{i+1}' y_{i+1} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} Q_i - X_i = & a_i M_{i-1} + (a_i' + a_{i+1}') M_i + a_{i+1}' M_{i+1} \\ & -k_i y_{i-1} + (k_i + k_{i+1}) y_i - k_{i+1} y_{i+1} \\ & -k_i' y_{i-1} + (k_i' + k_{i+1}') y_i - k_{i+1}' y_{i+1} \end{aligned} \quad (7)$$

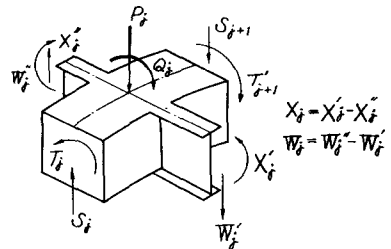


図-4

ただし、 $\gamma_i = \frac{1}{R_i \theta_i}$, $k_i = \frac{G J_i}{R_i \theta_i}$, $k'_i = \frac{G J_i}{R_i^2 \theta_i}$, $k''_i = \frac{G J_i}{R_i^3 \theta_i}$, $a_i = \text{cosec} \theta_i - \frac{1}{\theta_i}$, $a'_i = \frac{1}{\theta_i} - \cot \theta_i$
 また、 j 点の左右のたわみ角は

$$\gamma_{i,j-1} = \frac{R_i}{G J_i} \left\{ \frac{1}{\theta_i} - \cot \theta_i + \frac{1}{2} \left(1 + \frac{G J_i}{E I_i} \right) \left(\cot \theta_i - \frac{\theta_i \text{cosec} \theta_i}{\sin \theta_i} \right) \right\} M_i + a'_i y_i + \delta_i y_i$$

$$+ \frac{R_i}{G J_i} \left\{ \text{cosec} \theta_i - \frac{1}{\theta_i} - \frac{1}{2} \left(1 + \frac{G J_i}{E I_i} \right) \left(\text{cosec} \theta_i - \frac{\theta_i \cot \theta_i}{\sin \theta_i} \right) \right\} M_{i-1} + a_i y_{i-1} + \delta_i y_{i-1} \quad \text{----- (8)}$$

$$\gamma_{i,j+1} = \frac{R_{i+1}}{G J_{i+1}} \left\{ \frac{1}{\theta_{i+1}} - \cot \theta_{i+1} + \frac{1}{2} \left(1 + \frac{G J_{i+1}}{E I_{i+1}} \right) \left(\cot \theta_{i+1} - \frac{\theta_{i+1} \text{cosec} \theta_{i+1}}{\sin \theta_{i+1}} \right) \right\} M_{i+1} - a'_{i+1} y_{i+1} - \delta_{i+1} y_{i+1}$$

$$- \frac{R_{i+1}}{G J_{i+1}} \left\{ \text{cosec} \theta_{i+1} - \frac{1}{\theta_{i+1}} - \frac{1}{2} \left(1 + \frac{G J_{i+1}}{E I_{i+1}} \right) \left(\text{cosec} \theta_{i+1} - \frac{\theta_{i+1} \cot \theta_{i+1}}{\sin \theta_{i+1}} \right) \right\} M_{i+1} - a'_{i+1} y_{i+1} - \delta_{i+1} y_{i+1} \quad \text{----- (9)}$$

さらにたわみ角の連続条件より

$$b_i = \frac{R_i \theta_i}{E I_i} \frac{\sin \theta_i - \theta_i \cos \theta_i}{2 \theta_i^3 \sin^2 \theta_i} + \frac{R_i \theta_i}{G J_i} \frac{2 \sin^2 \theta_i - \theta_i^2 \cos \theta_i - \theta_i \sin \theta_i}{2 \theta_i^3 \sin \theta_i} , \quad b'_i = \frac{R_i \theta_i}{E I_i} \frac{\theta_i - \sin \theta_i \cos \theta_i}{2 \theta_i \sin^2 \theta_i} + \frac{R_i \theta_i}{G J_i} \frac{\theta_i^2 + \theta_i \sin \theta_i \cos \theta_i - 2 \sin^2 \theta_i}{2 \theta_i^3 \sin \theta_i}$$

とおけば、 $b_i M_{i-1} + (b'_i + b''_i) M_i + b_{i+1} M_{i+1} - a_i y_{i-1} - (a'_i + a''_i) y_i - a_{i+1} y_{i+1} + \delta_i y_{i-1} + (\delta'_i + \delta''_i) y_i + \delta_{i+1} y_{i+1} = 0$ ----- (10)

ここで、 $Q_i = \begin{bmatrix} a'_i + a''_i, a_i \\ a_i, a'_i + a''_i, a_{i+1} \\ \vdots \\ a_{n-1}, a_{n-1} + a''_{n-1} \end{bmatrix}$, $b_i = \begin{bmatrix} b'_i + b''_i, b_i \\ b_i, b'_i + b''_i, b_{i+1} \\ \vdots \\ b_{n-1}, b_{n-1} + b''_{n-1} \end{bmatrix}$, $\delta_i = F_i(\delta) = \begin{bmatrix} \delta_1 + \delta_2, -\delta_2 \\ -\delta_2, \delta_2 + \delta_3, -\delta_3 \\ \vdots \\ -\delta_{n-1}, \delta_{n-1} + \delta_n \end{bmatrix}$

$R_i = F_i(k)$, $R'_i = F_i(k')$, $R''_i = F_i(k'')$ とおき、 P, W, M, y, δ および y_i を $j = 1, 2, \dots, n-1$ とした
 i 主桁に関する列ベクトルとすれば、(6), (7), (10) は、つぎのように表わされる。

$$P_i - W_i = R'_i y_i + R''_i y_i + \delta_i M_i \quad \text{----- (11)}$$

$$Q_i - X_i = R'_i y_i + R_i y_i + a_i M_i \quad \text{----- (12)}$$

$$0 = \delta_i y_i + a_i y_i - b_i M_i \quad \text{----- (13)}$$

さらに、 b_i が tri-diagonal matrix で、その逆行列が容易に求まることから $A_i = R'_i + \delta_i b_i^{-1} \delta_i$
 $B_i = R_i - a_i b_i^{-1} a_i$, $C_i = R'_i - \delta_i b_i^{-1} a_i$ とおき、 P, Q, W, X, y, δ を $i = 1, 2, \dots, m$ とした P, Q, X, y による列ベクトル、 A, B, C を A_i, B_i, C_i による $i = 1, 2, \dots, m$ として構成した対角行列とすれば、結局 $\begin{bmatrix} P \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W \\ X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & C \\ C^* & B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y \\ \delta \end{bmatrix}$ ----- (14) と主桁群に関する不静定力と変形の関係式が導かれる。

つぎに、横桁に関しても同様な関係式を導かねばならない。

図一五は、全横桁を同時に代表するものと考え、図の各力も W, X の各列ベクトルを表わしているものとする。

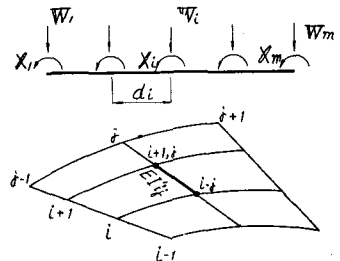
$\kappa_{ij} = \frac{2 E I_{ij}}{d_{ij}^3}$, $\kappa'_{ij} = \frac{6 E I_{ij}}{d_{ij}^2}$, $\kappa''_{ij} = \frac{12 E I_{ij}}{d_{ij}^3}$ また、 $\kappa_i, \kappa'_i, \kappa''_i$ を $j = 1, 2, \dots, n-1$ とおいた $\kappa_{ij}, \kappa'_{ij}, \kappa''_{ij}$ による対角行列とし

$$\kappa = \begin{bmatrix} 2\kappa_{11}, \kappa_{11} \\ \kappa_{11}, 2(\kappa_{11} + \kappa_{12}), \kappa_{12} \\ \vdots \\ \kappa_{m-1}, 2\kappa_{m-1}, \kappa_{m-1} \end{bmatrix}$$

$$\kappa' = \begin{bmatrix} \kappa'_{11}, -\kappa'_{11} \\ \kappa'_{11}, \kappa'_{11} - \kappa'_{12} \\ \vdots \\ \kappa'_{m-1}, \kappa'_{m-1} \end{bmatrix}$$

$$\kappa'' = \begin{bmatrix} \kappa''_{11}, -\kappa''_{11} \\ -\kappa''_{11}, \kappa''_{11} + \kappa''_{12}, -\kappa''_{12} \\ \vdots \\ -\kappa''_{m-1}, \kappa''_{m-1} \end{bmatrix}$$

$$\text{とおけば} \quad \begin{bmatrix} W \\ X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \kappa'' & \kappa' \\ \kappa^* & \kappa \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y \\ \delta \end{bmatrix} \quad \text{----- (15)}$$



図一五

する不静定力と変位の関係式が得られる。したがって、(14), (15) から不静定力が消去され、格子桁とし

ての節点荷重と節点変位の関係式が導かれる。すなわち $\begin{bmatrix} A + \kappa'' & C + \kappa' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y \\ \delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P \\ Q \end{bmatrix}$ ----- (16)

実際のプログラムでは、主桁上の任意の節点に

支点やヒンジの条件が容易に入力できるように配慮され、三角関数で表わした a, a', b, b' も

$$a = \frac{\theta}{6} + \frac{7}{360} \theta^3 + \frac{31}{15120} \theta^5 , \quad a' = \frac{\theta}{3} + \frac{1}{45} \theta^3 + \frac{2}{945} \theta^5$$

$b = \frac{\ell}{EI} \left(\frac{1}{6} + \frac{7}{180} \theta^2 + \frac{31}{5040} \theta^4 \right) + \frac{\ell}{GJ} \left(\frac{7}{360} \theta^2 + \frac{31}{7560} \theta^4 \right)$, $b' = \frac{\ell}{EI} \left(\frac{1}{3} + \frac{2}{45} \theta^2 + \frac{2}{315} \theta^4 \right) + \frac{\ell}{GJ} \left(\frac{1}{45} \theta^2 + \frac{4}{945} \theta^4 \right)$
と級数化され、曲率の小さい場合にも精度を落さず、直線区間にもそのまま使用することができる。

3-2 レダクション法による直交曲線格子桁の解法

前節と全く同様な構造を対象とする。(1)、(2)、(3)を解き、主桁 j 点のたわみ、回転角、たわみ角を $j-1$ 点の諸値で表示をすれば、 $\mu_j = R_j / 2EI_j$, $\gamma_j = R_j / 2GJ_j$ とおいて

$$y_j = y_{j-1} + (1 - \cos \theta_j) R_j y_{j-1} + R_j y_{j-1} \sin \theta_j - \{ (\mu_j + \gamma_j) R_j \theta_j \sin \theta_j - 2\gamma_j R_j (1 - \cos \theta_j) \} M_{j-1} \\ + (\mu_j + \gamma_j) R_j (\sin \theta_j - \theta_j \cos \theta_j) T_{j-1} - \{ (\mu_j + \gamma_j) (\sin \theta_j - \theta_j \cos \theta_j) - 2\gamma_j (\theta_j - \sin \theta_j) \} R_j^2 S_{j-1} \quad (17)$$

$$y_j' = y_{j-1}' \cos \theta_j - y_{j-1} \sin \theta_j + (\gamma_j + \mu_j) M_{j-1} \theta_j \sin \theta_j - \{ (\mu_j + \gamma_j) (\sin \theta_j - \theta_j \cos \theta_j) - 2\gamma_j \sin \theta_j \} T_{j-1} \\ + (\mu_j + \gamma_j) (\sin \theta_j - \theta_j \cos \theta_j) R_j S_{j-1} \quad (18)$$

$$\psi_j = y_{j-1}' \sin \theta_j + y_{j-1} \cos \theta_j - \{ (\mu_j + \gamma_j) (\sin \theta_j + \theta_j \cos \theta_j) - 2\gamma_j \sin \theta_j \} M_{j-1} + (\mu_j + \gamma_j) T_{j-1} \theta_j \sin \theta_j \\ - \{ (\mu_j - \gamma_j) \theta_j \sin \theta_j - 2\gamma_j (1 - \cos \theta_j) \} R_j S_{j-1} \quad (19)$$

また、曲げモーメント、およびねじりモーメントは、

$$M_j = M_{j-1} \cos \theta_j - T_{j-1} \sin \theta_j + S_{j-1} R_j \sin \theta_j \quad (20)$$

$$T_j = M_{j-1} \sin \theta_j + T_{j-1} \cos \theta_j + S_{j-1} R_j (1 - \cos \theta_j) \quad (21)$$

となる。ここで、 $a_{ij} = \cos \theta_j$, $a'_{ij} = R_j (1 - \cos \theta_j)$, $b_{ij} = \sin \theta_j$, $b'_{ij} = R_j \sin \theta_j$, $c_{ij} = -(\mu_j + \gamma_j) R_j \sin \theta_j$, $d_{ij} = (\mu_j + \gamma_j) R_j (\sin \theta_j - \theta_j \cos \theta_j)$, $f_{ij} = -(\mu_j + \gamma_j) R_j \theta_j \sin \theta_j + 2\gamma_j (1 - \cos \theta_j)$, $g_{ij} = -(\mu_j + \gamma_j) (\sin \theta_j - \theta_j \cos \theta_j) R_j^2$, $h_{ij} = -(\mu_j + \gamma_j) (\sin \theta_j + \theta_j \cos \theta_j) + 2\gamma_j \sin \theta_j$, $e_{ij} = -(\mu_j + \gamma_j) (\sin \theta_j + \theta_j \cos \theta_j) + 2\gamma_j \sin \theta_j$ とおき、これらを要素とし、 $i = 1, 2, \dots, m$ とした対角行列を A_i , A'_i , $\dots$, E_i と定義すれば、横桁 j の位置、 $j-1$ 側の各主桁の変形、断面力で構成される列ベクトル群と j 側のそれとの関係式は、

$$\begin{bmatrix} y_j' \\ y_j \\ \psi_j \\ M_j \\ T_j \\ S_j \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I & a_{ij}' & b_{ij}' & f_{ij} & d_{ij} & g_{ij} & \\ & a_{ij} & b_{ij} & c_{ij} & h_{ij} & e_{ij} & \\ & b_{ij} & a_{ij} & e_{ij} & c_{ij} & f_{ij} & \\ & & & a_{ij} & b_{ij}' & b_{ij} & \\ & & & b_{ij} & a_{ij} & a_{ij} & \\ & & & & & I & \\ & & & & & & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{j-1}' \\ y_{j-1} \\ \psi_{j-1} \\ M_{j-1} \\ T_{j-1} \\ S_{j-1} \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{すなわち } Z_j' = F_j Z_{j-1} \quad (22)$$

と表わす。ここで I は、 m 次の単位行列である。

また、横桁に関しては、図と同様な

$$W_j = K_i' y_j + K_i y_j \quad (23)$$

$$X_j = K_i' y_j + K_i y_j \quad (24)$$

が得られる。ここで $K_j = \begin{bmatrix} 2\alpha_j, \alpha_j \\ \alpha_j, 2(\alpha_j - \alpha_{j-1}), \alpha_{j-1} \\ \alpha_{m-1}, 2\alpha_{m-1} \end{bmatrix}$, $K_j' = \begin{bmatrix} -\alpha_j, -\alpha_j \\ \alpha_j, \alpha_j - \alpha_{j-1}, \alpha_{j-1} \\ \alpha_{m-1}, \alpha_{m-1} \end{bmatrix}$ である。つぎに、横桁左右の主桁群に関して

$$T_j = T_j' + X_j = T_j' + K_i' y_j + K_i y_j$$

$$S_j = S_j' + W_j - P_j = S_j' + K_i' y_j + K_i y_j - P_j \quad \text{より}$$

$$\begin{bmatrix} w_j \\ y_j \\ \psi_j \\ M_j \\ T_j \\ S_j \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & & & & & & \\ & 1 & & & & & \\ & & 1 & & & & \\ & & & 1 & & & \\ K_i' & K_i & & & 1 & & \\ K_i' & K_i & & & & 1 & -P_j \\ & & & & & & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{j-1}' \\ y_{j-1}' \\ \psi_{j-1}' \\ M_{j-1}' \\ T_{j-1}' \\ S_{j-1}' \\ 1 \end{bmatrix} \quad (25')$$

すなわち、これを $Z_j = H_j Z_{j-1}'$ (25) と表わす。

図2、図3を0 端より逐次入端にまで適用すれば

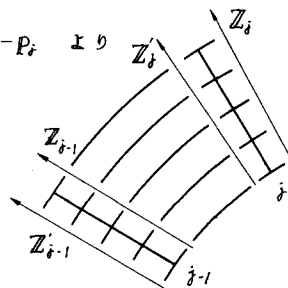


図-6

$$Z'_n = F_n H_{n-1} F_{n-1} H_{n-2} \cdots H_1 F_1 Z_0 - \Delta Z, \quad (26)$$

ここで、 Δ は、 $6(m+1)+1$ 次の正方行列であるが、 Δ_{R1} を $m+1$ 次の正方行列 ϕ の $m+1$ 次の列ベ

クトルとして、 $\Delta =$

Δ_{11}	Δ_{12}	Δ_{13}	Δ_{14}	Δ_{15}	Δ_{16}	ϕ_1
Δ_{21}	Δ_{22}	Δ_{23}	Δ_{24}	Δ_{25}	Δ_{26}	ϕ_2
Δ_{31}	Δ_{32}	Δ_{33}	Δ_{34}	Δ_{35}	Δ_{36}	ϕ_3
Δ_{41}	Δ_{42}	Δ_{43}	Δ_{44}	Δ_{45}	Δ_{46}	ϕ_4
Δ_{51}	Δ_{52}	Δ_{53}	Δ_{54}	Δ_{55}	Δ_{56}	ϕ_5
Δ_{61}	Δ_{62}	Δ_{63}	Δ_{64}	Δ_{65}	Δ_{66}	ϕ_6
						1

と表わし、両端のたわみ、回転角および曲げモーメントが0であるという条件を考えれば

$$\begin{bmatrix} \psi_0 \\ T_0 \\ S_0 \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \Delta_{13} & \Delta_{15} & \Delta_{16} \\ \Delta_{23} & \Delta_{25} & \Delta_{26} \\ \Delta_{33} & \Delta_{35} & \Delta_{36} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{bmatrix} \quad (27)$$

より左端の未知ベクトル要素が決定される。こうして、 Z が求まれば、各断面力、変位は、
四より逐次計算されることになる。

3-3 各格子桁解析プログラムの適用について

以上のサブプログラムを適用し得る格子構造についてまとめてみると、つぎのようになる。

名 称	理 論	主桁形状	横桁形状	主桁捩り剛性	横桁捩り剛性
任意形格子	変形法	節点間は直線	節点間は直線	あり	あり
不整形格子	分離変形法	全長に亘り直線	全長に亘り直線	なし	なし
直交曲線格子	分離変形法 レダクション法	節点間は曲率一定	全長に亘り直線	あり	なし

名 称	主桁と横桁の交差	主桁支点条件	主桁ヒンジ節点
任意形格子	任意形	任意の節点	なし
不整形格子	斜交可	任意の横桁位置	任意の横桁位置
直交曲線格子	直交主桁の接線が一致	任意の節点	任意の節点

§ 4 影響値の処理

4-1 処理上の問題点

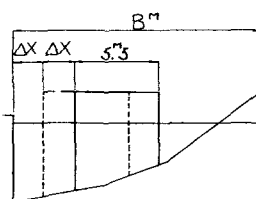
現行の道路橋示方書に基づいて格子桁断面力を算出する場合には、死
活荷重各々に対する格間中間点の影響線縦距の算出、橋軸直角方向及び
橋軸方向の影響面積の計算、あるいは影響体積の計算、主車線荷重載荷
位置決定などのいわゆる影響値の処理段階に、膨大な計算量と複雑な判
断要素があるので、設計工程上の非常に重大なネックとなっていた。

道路が曲線になるにつれて、巾員構成、部材寸法などが、多様になり

(図-7)

手動計算器の類で計算する時は、止むを得ず適当な仮定を設けている。またコンピューターを使用する時にも、計算ルーチンの分岐が多くなり、記憶容量にも制約があるので、特定の形状のみに限定される場合が多い。一方、面積及び体積等の計算に、補間法、平均値、台形公式を用いるのは仕方がないとしても、コンピューターの特性を生かした計算法でないプログラムルーチンが見うけられる。

たとえば、一本の横桁上で主車線荷重に対する影響面積の最大値を求める時に、5.5 Mの境界を他覆内側から微小距離ずつ移動させて判定していく方法(図-7)がある。この方法では影響線を折線と見なしても、解析的には繰り返し回数に見合った精確さが保証されていない。巾員が各横桁毎に異なる場合、主桁間隔が不規則の場合、同符号領域分散の場合等に応じ、載荷長の大きさと位置の判定ルーチンは複雑になり、手順は不規則で同一の計算回数とならず、その結果も一意的ではない。



$$\Delta X = \frac{B}{N} \text{ または } 0.7$$

4-2 処理の方針

格子桁の工学的な設計方針は別にして、影響値の処理手順中にコンピューターを効果的に活用するために、次のような方針を採用する。

イ．荷重は全て床版を橋軸直角方向に配置された梁と考え、主桁には間接載荷させたものとする。したがって影響線および活荷重載荷巾は、(図-8)のごとくなるたゞし主車線荷重巾(5.5 m)の位置決定には、影響線は主桁上の縦路を直線で結んだものであると考え、図で示す計算方法を用いる。床版張出部は、影響線を延長させて扱い、骨組としての横桁には荷重を載せない。

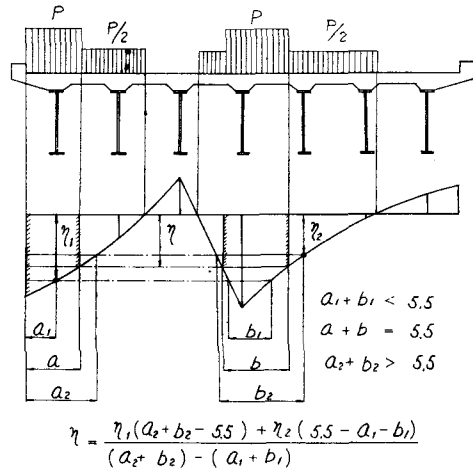
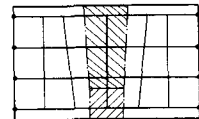


図-8 主車線載荷位置の決定方法

ロ．活荷重は1荷重および群集荷重とする。
ハ．等分布荷重に対しては、各々の主桁上で前後の横桁間隔の $\frac{1}{2}$ ずつの和を主桁方

向の載荷長と考え、これを重みとして主桁上の縦距に乗じたものをあらためて影響線縦距におきかえる。地覆内側その他巾員要素の各境界についても同様とする。(図-9)



これにより、影響線の縦距は、その点を通る主桁方向の影響体積の面積を表わしたことになる、主桁方向の長さの要素を組み入れることができる。(図-9)

ニ．主車線荷重載荷面積については、求める符号の領域の載荷長合計が5.5 M以上の時に問題となるが、次の方法で解析的に求められる。基準軸(縦距の値が0の線)を析線の頂点上におきかえて、その度に同符号載荷長合計を求め、この値と5.5 Mとの差から補間法により載荷長合計が5.5 Mに一致した時の荷重境界における縦距の値が計算できる。(図-9)

この値より影響面積の最大値を求めることができるので、このルーチンでは最大(主桁数+2)回の繰り返し計算により、解析的に正しい値が求まることになる。

ホ．線荷重では、全横桁中から最大値を選出し、等分布荷重では全ての横桁上での面積(体積に相当する)を合計して、各々荷重強度を乗じて断面力を計算する。

4-3 応用タイプ

この断面力計算プログラムは、歩道の有無によらず、陸上直交の格子桁に適用できるが、次の様な条件がある。

- イ．主桁本数は全橋を通して一定である。(2~15本)
- ロ．骨組解析の節点番号に規則性があり、最大節点数は150である。
- ハ．荷重強度は全橋を通して一定である(添加物については別)

ニ、地覆巾、高欄位置は全橋を通して一定である。

ホ、歩道下の主桁本数に制限がある。(片側3本まで)

ヘ、その他

また、インプットデータの操作により、特別なケースに応用できる。

イ、長格間の中間点の断面力はその点を通る仮想の横桁を骨組で考える。

ロ、極端な斜方向の横桁がある場合、横桁方向の節点距離にかえて主桁間隔を用いる。

ハ、曲線橋の場合、主桁格間長を曲線長のままインプットする。

4-4 フローチャートおよび入出力データ

イ、フローチャート

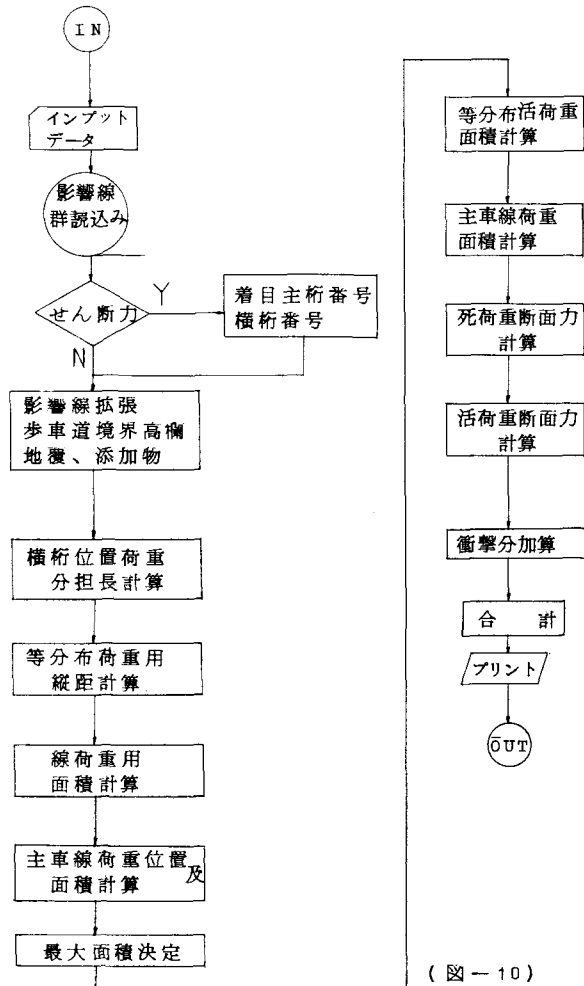
右図のごとし

ロ、入力データ

- a. タイトル
- b. 主桁、横桁本数
- c. 格間長
- d. 格点数
- e. 添加物数、位置
- f. 必要断面力数、材端番号
- g. 巾員構成
- h. 活荷重強度
- i. 死荷重強度
- j. 衝撃係数
- k. その他

ハ、出力データ

- a. 各死荷重に対する応力
たわみ
- b. 活荷重各々に対する応力
、たわみ
- c. aとbとを組合せた断面
設計用応力、たわみ



(図-10)

§ 5 む す び

以上、主に本プログラムで用いる格子桁の解法および断面力算出法を述べてきたが、更に断面決定、細部設計のプログラムを組み込み、プロッターを用いて図面化を計り、材料計算と板取りまでのものを完成すれば、これらを一纏めにして完全自動設計プログラムと呼ぶことができる。

BENDING MOMENT (T-R)

BUZAI	SIGN	P.L	(D=SHORT)	P	PI	PP	PPI	Q	D+L	E+1.3L
(7 , 8)	(+)	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
(7 , 8)	(+)	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
(8 , 7)	(+)	93.5122	0.0000	4.2955	11.8135	49.3036	12.3259	0.0000	214.6111	250.8208
(8 , 7)	(+)	93.5122	0.0000	-1.1650	-0.2912	-1.4821	-0.3705	0.0000	90.6035	89.6108
(8 , 9)	(+)	93.5122	0.0000	47.2555	11.8135	49.3036	12.3259	0.0000	214.6111	250.8208
(8 , 9)	(+)	93.5122	0.0000	-1.1650	-0.2912	-1.4821	-0.3705	0.0000	90.6035	89.6108
(9 , 8)	(+)	70.3732	0.0000	70.3732	17.5983	73.7649	18.4412	0.0000	321.3773	375.4366
(9 , 8)	(+)	70.3732	0.0000	-1.7002	-0.4250	-2.1342	-0.5335	0.0000	136.3866	134.9487
(9 , 10)	(+)	141.1756	0.0000	70.3732	17.5983	73.7649	18.4412	0.0000	321.3773	375.4366
(9 , 10)	(+)	141.1756	0.0000	-1.7002	-0.4250	-2.1342	-0.5335	0.0000	136.3866	134.9487
(10 , 9)	(+)	141.1756	0.0000	70.3732	17.5983	73.7649	18.4412	0.0000	321.3773	375.4366
(10 , 9)	(+)	141.1756	0.0000	-1.7002	-0.4250	-2.1342	-0.5335	0.0000	136.3866	134.9487
(10 , 11)	(+)	93.5122	0.0000	47.2555	11.8135	49.3036	12.3259	0.0000	214.6111	250.8208
(11 , 10)	(+)	93.5122	0.0000	-1.1650	-0.2912	-1.4821	-0.3705	0.0000	90.6035	89.6108
(11 , 12)	(+)	93.5122	0.0000	47.2555	11.8135	49.3036	12.3259	0.0000	214.6111	250.8208
(11 , 12)	(+)	93.5122	0.0000	-1.1650	-0.2912	-1.4821	-0.3705	0.0000	90.6035	89.6108
(12 , 11)	(+)	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
(12 , 11)	(+)	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

SHEARING FORCE (TON)

BUZAI	SIGN	P.L	(D=SHORT)	P	PI	PP	PPI	Q	D+L	E+1.3L
(7 , 8)	(+)	-19.4448	0.0000	0.3125	0.0781	0.3126	0.0781	0.0000	-10.6634	-18.4289
(7 , 8)	(+)	-11.6553	0.0000	2.8355	0.7096	0.8233	0.2005	0.0000	-7.5082	-5.9429
(7 , 8)	(+)	-19.4448	0.0000	-10.0000	-2.5000	-10.3173	-0.5793	0.0000	-44.8414	-52.4504
(8 , 7)	(+)	-11.6553	0.0000	-2.8355	-0.7096	-0.8233	-0.2005	0.0000	7.5082	5.9429
(8 , 9)	(+)	-11.6706	0.0000	4.6486	1.1622	2.0720	0.1675	0.0000	30.1286	-35.6095
(8 , 9)	(+)	-11.6706	0.0000	-4.6486	-1.1622	-2.0720	-0.1675	0.0000	-30.1286	35.6095
(8 , 9)	(+)	-11.6706	0.0000	7.9235	1.9809	6.6188	0.5180	0.0000	4.3156	6.8358
(8 , 9)	(+)	-11.6706	0.0000	-7.9235	-1.9809	-6.6188	-0.5180	0.0000	-4.3156	-6.8358
(9 , 8)	(+)	3.7927	0.0000	3.9558	1.4723	4.067	0.4042	0.0000	-16.4673	-20.9272
(9 , 8)	(+)	3.7927	0.0000	-3.9558	-1.4723	-4.067	-0.4042	0.0000	16.4673	20.9272
(9 , 10)	(+)	3.7927	0.0000	3.9558	1.4723	4.067	0.4042	0.0000	-16.4673	-20.9272
(9 , 10)	(+)	3.7927	0.0000	-3.9558	-1.4723	-4.067	-0.4042	0.0000	16.4673	20.9272
(10 , 9)	(+)	3.7927	0.0000	3.9558	1.4723	4.067	0.4042	0.0000	-16.4673	-20.9272
(10 , 9)	(+)	3.7927	0.0000	-3.9558	-1.4723	-4.067	-0.4042	0.0000	16.4673	20.9272
(10 , 11)	(+)	11.6706	0.0000	7.9235	1.9809	6.6188	0.5180	0.0000	4.3156	6.8358
(11 , 10)	(+)	11.6706	0.0000	-7.9235	-1.9809	-6.6188	-0.5180	0.0000	-4.3156	-6.8358
(11 , 12)	(+)	11.6553	0.0000	7.8759	1.9690	6.7396	0.16849	0.0000	30.1286	35.6095
(11 , 12)	(+)	11.6553	0.0000	-7.8759	-1.9690	-6.7396	-0.16849	0.0000	-30.1286	35.6095
(12 , 11)	(+)	11.6553	0.0000	10.0000	2.5000	10.3173	0.5793	0.0000	44.8414	52.4504
(12 , 11)	(+)	11.6553	0.0000	-10.0000	-2.5000	-10.3173	-0.5793	0.0000	-44.8414	-52.4504
(12 , 11)	(+)	19.4448	0.0000	-0.3125	-0.0781	-0.3126	-0.0781	0.0000	10.6634	18.4289