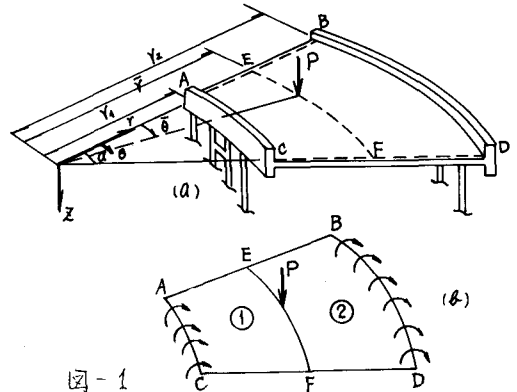


川崎製鉄(株) 鋼構造研究所 正員 山崎徳也

〇正員 金子忠男

1. 緒言 高速道路などに用いられる高架橋の曲線部床版は扇形平板とこれを弾性支持する曲線主桁や柱などで構成される扇形板・骨組複合構造物である。扇形板や曲線はりとは異った力学的性状を呈するが、両者が一体的に結合した複合構造ではさらに複雑な力学的挙動を示すことが容易に推察される。しかし、この複合構造の厳密解法に関する研究はほとんど見受けられず、また、現行設計法においても床版と骨組とを個々に分割した近似計算法あるいは曲線部と折線で置換するとき簡便法が採用されている。本研究は以上の事実にかんがみ、先に発表した扇形板・骨組複合構造の解法<sup>(1)</sup>の応用問題として、直線辺が単純支持され、内弧辺が円形曲りばりや水平内弧部材をもつラーメンなどの骨組で弾性支持される複合構造が外力として逐点集中移動荷重の作用を受ける場合のいわゆる諸変位、諸断面力に関する影響面解法を提示し、この複合構造の能率的な設計計算指針に寄与することを目的とするものである。

2. 解法 (1)のわみ曲面 図-1に示すごとく扇形板・骨組複合構造ABDCの板内の任意点 $(\bar{r}, \bar{\theta})$ に集中荷重Pが作用しているものとする。いま、(a)図のごとく扇形板ABDCを荷重載荷点 $(\bar{r}, \bar{\theta})$ を含む同心内弧EFで2つの扇形板AEFCとEBDFとに分割し、それぞれに①および②の番号を付す。扇形板①、②のZ軸方向のわみ曲面を $w_1$ および $w_2$ とし、曲げの基礎微分方程式より、それぞれ次のごとく与えられる。



$$w_1 = \sum_{n=1}^{\infty} (A_{n1} r^{\alpha_n} + B_{n1} r^{-\alpha_n} + C_{n1} r^{\alpha_n+2} + D_{n1} r^{-\alpha_n+2}) \sin \alpha_n \theta, \quad (1:1 \leq r \leq \bar{r}) \quad (1a)$$

$$w_2 = \sum_{n=1}^{\infty} (A_{n2} r^{\alpha_n} + B_{n2} r^{-\alpha_n} + C_{n2} r^{\alpha_n+2} + D_{n2} r^{-\alpha_n+2}) \sin \alpha_n \theta, \quad (1:1 \leq \bar{r} \leq r \leq r_2) \quad (1b)$$

ここに、 $n=1, 2, 3, \dots$ ,  $A_{n1} \sim D_{n1}, A_{n2} \sim D_{n2}$ ; 積分定数,  $\alpha_n = n\pi/\alpha$ ,  $\alpha$ : 開角 (rad.)

式(1)に含まれる8つの積分定数 $A_{n1} \sim D_{n1}, A_{n2} \sim D_{n2}$ は内弧辺AC, BDの境界条件および分割内弧EF上の板①、②の変曲変形、応力の連続条件より決定される。すなわち、

$$i) \text{境界条件, 辺ACで, } (w_1)_{r=r_1} = \delta_A(\theta) (= \sum_{n=1}^{\infty} \delta_{An} \sin \alpha_n \theta), \quad (M_{r1})_{r=r_1} = M_A^0(\theta) (= \sum_{n=1}^{\infty} M_{An}^0 \sin \alpha_n \theta) \quad (2a)$$

$$\text{辺BDで, } (w_2)_{r=r_2} = \delta_B(\theta) (= \sum_{n=1}^{\infty} \delta_{Bn} \sin \alpha_n \theta), \quad -(M_{r2})_{r=r_2} = M_B^0(\theta) (= \sum_{n=1}^{\infty} M_{Bn}^0 \sin \alpha_n \theta) \quad (2b)$$

$$iii) \text{連続条件, } \left. \begin{aligned} (w_1)_{r=\bar{r}} &= (w_2)_{r=\bar{r}}, & (\partial w_1 / \partial r)_{r=\bar{r}} &= (\partial w_2 / \partial r)_{r=\bar{r}} \\ (M_{r1})_{r=\bar{r}} &= (M_{r2})_{r=\bar{r}}, & (V_{r1})_{r=\bar{r}} - (V_{r2})_{r=\bar{r}} &= P (= \sum_{n=1}^{\infty} P_n \sin \alpha_n \theta) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ここに、 $\delta_A(\theta), \delta_B(\theta)$ : 内弧辺ACおよびBDにおける弾性部材のわみ曲線,  $M_A^0(\theta), M_B^0(\theta)$ : 内弧辺ACおよびBDに作用する端点-X点(図-1参照),  $M_{r1}, M_{r2}, V_{r1}, V_{r2}$ : 扇形板①、②の半径方向曲げ応力-X点および板反力,

$\delta_{An}, \delta_{Bn}, M_{An}^0, M_{Bn}^0$ : 弾性ばりのわみおよび端点-X点のフーリエ展開係数,  $P_n = 2P/(\alpha \bar{r}) \sin \alpha_n \bar{\theta}$

式(2)に式(1)を代入のうえ、両辺の係数を比較し得られる結果と式(3)に式(1)を代入し得られる結果とをいづれも積分定数  $A_{n1} \sim D_{n1}, A_{n2} \sim D_{n2}$  の関係式を与えよ、これらをすべて連立させて解けば、積分定数が次のごとく求められる。

$$\left. \begin{aligned} A_{n1} &= e_1 \delta_{A1} + e_2 \delta_{B1} + e_3 M_{A1}^A/D + e_4 M_{B1}^B/D + e_5 f_n, & B_{n1} &= f_1 \delta_{A1} + f_2 \delta_{B1} + f_3 M_{A1}^A/D + f_4 M_{B1}^B/D + f_5 f_n, \\ C_{n1} &= g_1 \delta_{A1} + g_2 \delta_{B1} + g_3 M_{A1}^A/D + g_4 M_{B1}^B/D + g_5 f_n, & D_{n1} &= h_1 \delta_{A1} + h_2 \delta_{B1} + h_3 M_{A1}^A/D + h_4 M_{B1}^B/D + h_5 f_n, \\ A_{n2} &= \bar{e}_1 \delta_{A1} + \bar{e}_2 \delta_{B1} + \bar{e}_3 M_{A1}^A/D + \bar{e}_4 M_{B1}^B/D + \bar{e}_5 f_n, & B_{n2} &= \bar{f}_1 \delta_{A1} + \bar{f}_2 \delta_{B1} + \bar{f}_3 M_{A1}^A/D + \bar{f}_4 M_{B1}^B/D + \bar{f}_5 f_n, \\ C_{n2} &= \bar{g}_1 \delta_{A1} + \bar{g}_2 \delta_{B1} + \bar{g}_3 M_{A1}^A/D + \bar{g}_4 M_{B1}^B/D + \bar{g}_5 f_n, & D_{n2} &= \bar{h}_1 \delta_{A1} + \bar{h}_2 \delta_{B1} + \bar{h}_3 M_{A1}^A/D + \bar{h}_4 M_{B1}^B/D + \bar{h}_5 f_n. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

∴  $i=1, e_1 \sim e_5, \dots, h_1 \sim h_5, \bar{e}_1 \sim \bar{e}_5, \dots, \bar{h}_1 \sim \bar{h}_5$ ;  $n$  の関数,  $D = E_p b^3 / 12(1-\nu^2)$ ,  $E_p$ : 板のヤング率,  $b$ : 板厚,  $\nu$ : 材料定数  
 式(4)に含まれる任意定数  $\delta_{A1}, \delta_{B1}, M_{A1}^A, M_{B1}^B$  は円弧辺  $AC$  および  $BD$  における扇形板と弾性はり部材との間に成立すべき変位、変形および応力の連続条件より決定されるが、それらは次のとおりである。(a) 辺  $AC, BD$  に弾性支持するはり部材のたわみ曲線  $\delta_A(\theta), \delta_B(\theta)$  は、それぞれはり部材が扇形板に作用する半径方向板反力  $(W_{r1})_{r=R_1}$  および  $(W_{r2})_{r=R_2}$  と等大逆方向の力を垂直荷重として受けて、 $\theta \rightarrow$  端点  $-\alpha$  における  $M_{A1}^A(\theta), M_{B1}^B(\theta)$  と等大逆方向のモーメントをたわみモーメント荷重として受ける場合に生ずるたわみ(他は同様)。(b) 辺  $AC, BD$  における板端の半径方向たわみ角は各円弧辺に弾性支持するはり部材が(a)に述べた垂直荷重およびたわみモーメント荷重を受けるときに示すたわみ回転角に相等しい。したがって、上記連続条件は式(4)と文献(4)におけるはり部材の弾性曲線、たわみ回転角曲線とを適用のうえ、 $\delta_{A1}, \delta_{B1}, M_{A1}^A, M_{B1}^B$  について連立して解けば、これらは図-1(a)に示すはり部材の中間支柱(あるいは交点)に生ずる不静定力(垂直反力および接線、半径方向反力モーメント)の一次結合式として得られ、次式のごとくである。

$$\left. \begin{aligned} D \delta_{A1} &= S_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} R^3 \sin \alpha \theta^3 + T_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} R^3 \sin \alpha \theta^3 + \frac{\alpha^n}{V_1} S_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{A1}^A \cos \alpha \theta^3 + \frac{\alpha^n}{V_2} T_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{B1}^B \cos \alpha \theta^3 \\ &\quad + U_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{A1}^A \sin \alpha \theta^3 + Y_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{B1}^B \sin \alpha \theta^3 + C_n \\ D \delta_{B1} &= \bar{S}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} R^3 \sin \alpha \theta^3 + \bar{T}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} R^3 \sin \alpha \theta^3 + \frac{\alpha^n}{V_1} \bar{S}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{A1}^A \cos \alpha \theta^3 + \frac{\alpha^n}{V_2} \bar{T}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{B1}^B \cos \alpha \theta^3 \\ &\quad + \bar{U}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{A1}^A \sin \alpha \theta^3 + \bar{Y}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{B1}^B \sin \alpha \theta^3 + \bar{C}_n \\ M_{A1}^A &= P_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} R^3 \sin \alpha \theta^3 + Q_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} R^3 \sin \alpha \theta^3 + \frac{\alpha^n}{V_1} P_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{A1}^A \cos \alpha \theta^3 + \frac{\alpha^n}{V_2} Q_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{B1}^B \cos \alpha \theta^3 \\ &\quad + R_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{A1}^A \sin \alpha \theta^3 + Z_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{B1}^B \sin \alpha \theta^3 + G_n \\ M_{B1}^B &= \bar{P}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} R^3 \sin \alpha \theta^3 + \bar{Q}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} R^3 \sin \alpha \theta^3 + \frac{\alpha^n}{V_1} \bar{P}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{A1}^A \cos \alpha \theta^3 + \frac{\alpha^n}{V_2} \bar{Q}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{B1}^B \cos \alpha \theta^3 \\ &\quad + \bar{R}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{A1}^A \sin \alpha \theta^3 + \bar{Z}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{B1}^B \sin \alpha \theta^3 + \bar{G}_n \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} M_{A1}^A &= P_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} R^3 \sin \alpha \theta^3 + Q_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} R^3 \sin \alpha \theta^3 + \frac{\alpha^n}{V_1} P_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{A1}^A \cos \alpha \theta^3 + \frac{\alpha^n}{V_2} Q_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{B1}^B \cos \alpha \theta^3 \\ &\quad + R_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{A1}^A \sin \alpha \theta^3 + Z_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{B1}^B \sin \alpha \theta^3 + G_n \\ M_{B1}^B &= \bar{P}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} R^3 \sin \alpha \theta^3 + \bar{Q}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} R^3 \sin \alpha \theta^3 + \frac{\alpha^n}{V_1} \bar{P}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{A1}^A \cos \alpha \theta^3 + \frac{\alpha^n}{V_2} \bar{Q}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{B1}^B \cos \alpha \theta^3 \\ &\quad + \bar{R}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{A1}^A \sin \alpha \theta^3 + \bar{Z}_n \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{B1}^B \sin \alpha \theta^3 + \bar{G}_n \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

∴  $i=1, S_n, T_n, U_n, \dots$  は  $n$  の関数であり,  $R_1, M_{A1}^A, M_{B1}^B$  はそれぞれ番号  $n$  の中間支柱(点)に生ずる垂直反力、接線および半径方向反力モーメントであり、右肩の添字  $A, B$  は円弧辺  $AC, BD$  を示す。 $\alpha, \theta$  は辺  $AC$  および  $BD$  におけるはり部材の中間支柱(点)の角度,  $\theta^1, \theta^2$  は辺  $AC, BD$  のはり部材端  $A$  および  $B$  より  $\theta$  における中間支柱(点)までの角度。

したがって、式(5), (6)をたわみ曲面式(4)に代入すれば、板①および板②のたわみ曲面がそれぞれ次に示すごとく、扇形板  $ABDC$  に弾性支持するはり部材の中間不静定力と外荷重とを表現される。

$$w_1 = \frac{1}{D} \sum_{\theta_1}^{\theta_2} \left\{ \bar{S}_n(v) \sum_{\theta_1}^{\theta_2} R^3 \sin \alpha \theta^3 + \bar{T}_n(v) \sum_{\theta_1}^{\theta_2} R^3 \sin \alpha \theta^3 + \frac{\alpha^n}{V_1} \bar{S}_n(v) \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{A1}^A \cos \alpha \theta^3 + \frac{\alpha^n}{V_2} \bar{T}_n(v) \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{B1}^B \cos \alpha \theta^3 \right. \\ \left. + \bar{U}_n(v) \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{A1}^A \sin \alpha \theta^3 + \bar{Y}_n(v) \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{B1}^B \sin \alpha \theta^3 + \bar{C}_n(v) \right\} \sin \alpha \theta \quad (7a)$$

$$w_2 = \frac{1}{D} \sum_{\theta_1}^{\theta_2} \left\{ \bar{P}_n(v) \sum_{\theta_1}^{\theta_2} R^3 \sin \alpha \theta^3 + \bar{Q}_n(v) \sum_{\theta_1}^{\theta_2} R^3 \sin \alpha \theta^3 + \frac{\alpha^n}{V_1} \bar{P}_n(v) \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{A1}^A \cos \alpha \theta^3 + \frac{\alpha^n}{V_2} \bar{Q}_n(v) \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{B1}^B \cos \alpha \theta^3 \right. \\ \left. + \bar{R}_n(v) \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{A1}^A \sin \alpha \theta^3 + \bar{Z}_n(v) \sum_{\theta_1}^{\theta_2} M_{B1}^B \sin \alpha \theta^3 + \bar{G}_n(v) \right\} \sin \alpha \theta \quad (7b)$$

∴  $i=1, \bar{S}_n(v) \sim \bar{C}_n(v), \bar{P}_n(v) \sim \bar{G}_n(v)$  は  $n$  および  $v$  の関数である。

式(7)において、扇形板  $ABDC$  に作用する単位荷重に対する中間不静定力が決定されれば、たわみの影響面が求められる。

られ、さらにこれを \$r\$ および \$\theta\$ で適宜偏微分することにより板内の諸変位、諸断面力の影響面も得られたいと図る。

(2) 中間不静定力の影響面 扇形板 \$ABDC\$ が弾性支持するはり部材の中間支柱(点)に生ずる不静定力の各はり部材の中間支柱(点)における垂直変位、半径および接線方向にたみ角についてたみ条件式より次のごとく決定される(文献(4)参照)。

$$A \cdot X = B \quad (8)$$

ここに、

$$A = \begin{bmatrix} ((\Gamma_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Lambda_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Gamma_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Lambda_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Gamma_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Lambda_{ik}^A))_{\alpha\alpha} \\ ((\Gamma_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Phi_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Gamma_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Phi_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Gamma_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Phi_{ik}^A))_{\alpha\alpha} \\ ((\Psi_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Omega_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Psi_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Omega_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Psi_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Omega_{ik}^A))_{\alpha\alpha} \\ ((\Lambda_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Gamma_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Lambda_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Gamma_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Lambda_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Gamma_{ik}^A))_{\alpha\alpha} \\ ((\Phi_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Gamma_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Phi_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Gamma_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Phi_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Gamma_{ik}^A))_{\alpha\alpha} \\ ((\Omega_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Psi_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Omega_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Psi_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Omega_{ik}^A))_{\alpha\alpha} & ((\Psi_{ik}^A))_{\alpha\alpha} \end{bmatrix}$$

$$X = [R_1^A, R_2^A, \dots, R_n^A, M_1^A, M_2^A, \dots, M_n^A, M_1^B, M_2^B, \dots, M_n^B, M_1^C, M_2^C, \dots, M_n^C]^T \quad (8')$$

$$B = [D_1^A, D_2^A, \dots, D_n^A, H_1^A, H_2^A, \dots, H_n^A, L_1^A, L_2^A, \dots, L_n^A, D_1^B, D_2^B, \dots, D_n^B, H_1^B, H_2^B, \dots, H_n^B, L_1^B, L_2^B, \dots, L_n^B]^T$$

行列 \$A\$ 内の \$(( ))\_{\alpha\alpha}\$ は \$A \times B\$ の行列と見らる。

$$\begin{aligned} D_k^A &= \sum_{m=1}^{\infty} D_m^A f_m(r, \theta) \sin \alpha_m \theta_k \\ D_k^B &= \sum_{m=1}^{\infty} D_m^B f_m(r, \theta) \sin \alpha_m \theta_k \\ H_k^A &= \sum_{m=1}^{\infty} D_m^A f_m(r, \theta) \cos \alpha_m \theta_k \\ H_k^B &= \sum_{m=1}^{\infty} D_m^B f_m(r, \theta) \cos \alpha_m \theta_k \\ L_k^A &= \sum_{m=1}^{\infty} \bar{D}_m^A f_m(r, \theta) \sin \alpha_m \theta_k \\ L_k^B &= \sum_{m=1}^{\infty} \bar{D}_m^B f_m(r, \theta) \sin \alpha_m \theta_k \quad (k=1, 2, \dots, n) \end{aligned}$$

\$m=1, 2, 3, \dots\$, \$D\_m^A \sim \bar{D}\_m^B\$ は \$m\$ の関数

$$f_m(r, \theta) = \frac{1}{r} \sin \alpha_m \theta$$

式(8)の左辺の係数行列 \$A\$ の各要素は板およびはり部材の計算、断面諸寸法により定まる形状定数であり、右辺の定数行列 \$B\$ の要素は荷重により定まる荷重項である。式(8)を解いて集中荷重に付するはり部材の中間不静定力を求められ、さらに \$P=1\$ とおいてはこれらによりおこなう中間不静定力の影響面を求めらるることとなる。

紙面の都合上、内弧辺 \$AC\$ における不静定反力 \$R\_1^A\$ の影響面のみを示す。次式のごとくである。

$$R_1^A = \frac{1}{|A|} \left\{ \sum_{p=1}^n \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^{p+1} |A^{p1}| D_m^A f_m(r, \theta) \sin \alpha_m \theta_p + \sum_{p=1}^n \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^{p+1} |A^{p2}| D_m^B f_m(r, \theta) \sin \alpha_m \theta_p \right. \\ \left. + \sum_{p=1}^n \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^{p+1} |A^{p3}| D_m^A f_m(r, \theta) \cos \alpha_m \theta_p + \sum_{p=1}^n \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^{p+1} |A^{p4}| D_m^B f_m(r, \theta) \cos \alpha_m \theta_p \right. \\ \left. + \sum_{p=1}^n \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^{p+1} |A^{p5}| \bar{D}_m^A f_m(r, \theta) \sin \alpha_m \theta_p + \sum_{p=1}^n \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^{p+1} |A^{p6}| \bar{D}_m^B f_m(r, \theta) \sin \alpha_m \theta_p \right\} \quad (9)$$

ここに、\$|A|\$ は行列 \$A\$ の値、\$|A^{p1}|\$ は行列 \$A\$ における第 \$p\$ 行および第 1 列の要素を除いた \$(n-1) \times (n-1)\$ 小行列の値、

$$p=1, 2, \dots, \quad I=1, 2, \dots, \quad J=2, 3, \dots, \quad N=3, 4, \dots, 2n$$

他の不静定力 \$R\_2^A, M\_1^A, M\_2^A, M\_3^A, M\_4^A\$ は式(9)と全く同様の形式で求めらる。

(3) たみおよび諸変位、諸断面力の影響面 (2) における扇形板を弾性支持するはり部材の中間不静定力 \$P\$ を求められしゆえ、これを式(7)に代入すれば板内の任意点 \$(r^\*, \theta^\*)\$ における影響面の次式のごとく算定される。

$$w_i(r^*, \theta^*) = \frac{1}{D|A|} \sum_{p=1}^n \left[ \sum_{m=1}^{\infty} \left[ \sum_{l=1}^n \sum_{k=1}^n \{ \bar{S}_n(r^*) g_l^A(m, p, l, r) \sin \alpha_m \theta_l^* + \frac{\alpha_m}{r^*} \bar{S}_n(r^*) g_l^B(m, p, l, r) \cos \alpha_m \theta_l^* \right. \right. \right. \\ \left. \left. + \bar{U}_n(r^*) g_l^A(m, p, l, r) \sin \alpha_m \theta_l^* \right] + \sum_{l=1}^n \sum_{k=1}^n \left[ \bar{S}_n(r^*) g_l^B(m, p, l, r) \sin \alpha_m \theta_l^* + \frac{\alpha_m}{r^*} \bar{S}_n(r^*) g_l^A(m, p, l, r) \cos \alpha_m \theta_l^* \right. \right. \\ \left. \left. + \bar{U}_n(r^*) g_l^B(m, p, l, r) \sin \alpha_m \theta_l^* \right] + \sum_{l=1}^n \sum_{k=1}^n \left[ \bar{T}_n(r^*) g_l^A(m, p, l, r) \sin \alpha_m \theta_l^* + \frac{\alpha_m}{r^*} \bar{T}_n(r^*) g_l^B(m, p, l, r) \sin \alpha_m \theta_l^* \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\alpha_m}{r^*} \bar{T}_n(r^*) g_l^A(m, p, l, r) \cos \alpha_m \theta_l^* + \bar{V}_n(r^*) g_l^B(m, p, l, r) \sin \alpha_m \theta_l^* \right] + \sum_{l=1}^n \sum_{k=1}^n \left[ \bar{T}_n(r^*) g_l^B(m, p, l, r) \sin \alpha_m \theta_l^* \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\alpha_m}{r^*} \bar{T}_n(r^*) g_l^A(m, p, l, r) \cos \alpha_m \theta_l^* + \bar{V}_n(r^*) g_l^A(m, p, l, r) \sin \alpha_m \theta_l^* \right] \right] f_m(r, \theta) + |A| \bar{C}_n(r^*) f_n(r, \theta) \sin \alpha_n \theta^* \quad (10)$$

ここに、\$g\_l^A(m, p, l, r) \sim g\_l^B(m, p, l, r)\$, \$g\_l^B(m, p, l, r) \sim g\_l^A(m, p, l, r)\$ はそれぞれ \$m, p, l, r\$ の関数である。

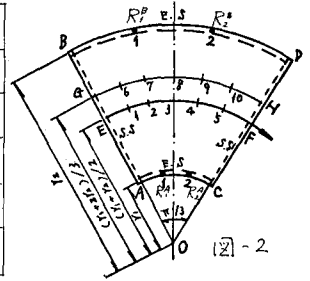
式(10)と同様に \$w\_2(r^\*, \theta^\*)\$ も求められ、さらに \$w\_3(r, \theta)\$, \$w\_4(r, \theta)\$ は \$r\$ および \$\theta\$ で適宜偏微分すれば、板内の諸変位、諸変形、諸断面力の点 \$(r^\*, \theta^\*)\$ における影響面も算定されることとなる。

3. 数値計算例 図-2に示すごとく直線辺 \$AB, CD\$ が単純支持され、内弧辺 \$AC, BD\$ が等3スパン連続円形曲りはりで弾性支持され、板より弾性支持はりには板反力のみが伝達され、曲

げモーメントは伝達されないものとする。(か)と  
 とき本例の複合構造が表-1に示すとき形状を  
 有する場合の支反力R1およびR2の影響面を算出  
 のうえ、その値を図示すれば図-2, 4のごとく求  
 められる。ついで図-2における単位集中荷重が  
 中央内弧線上EFと移動する場合の点1, 2, 3, 6,  
 7, 8におけるたわみおよび半径方向, 接線方向  
 のげモーメントの影響面を計算のうえプロットす  
 れば、それぞれ図-5~10のごとくえられる。

表-1

開角	$\alpha$	$\pi/3$
辺長比	$\lambda^*$	1.0
内側内弧半径	$R_1$	0.3127 $R_2$
曲り板の剛度比	$\mu_A$	0.64875
	$\mu_B$	0.64875
板厚の比	$\chi_B$	5.0
剛度比	$\chi_A$	0.3127 $\chi_B$
ポアソン比	$\nu$	0.3



$$* \lambda = \frac{R_2 - R_1}{\frac{1}{2} \alpha (R_1 + R_2)}$$

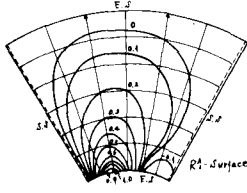


図-3

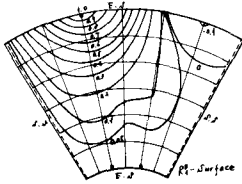


図-4

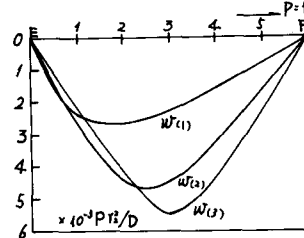


図-5 w-Surface

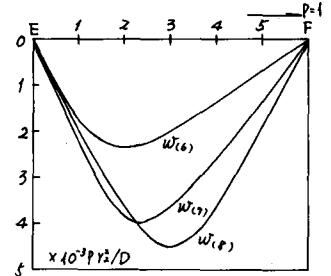


図-6 w-Surface

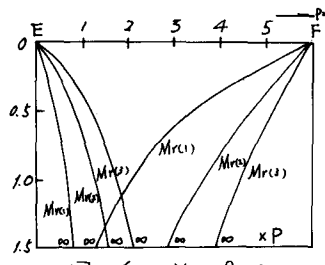


図-7 Mr-Surface

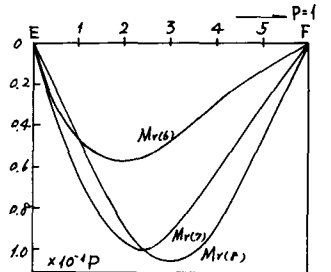


図-8 Mr-Surface

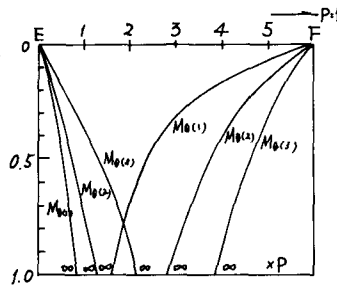


図-9 Mo-Surface

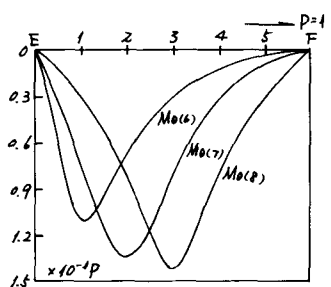


図-10 Mo-Surface

#### 4. 結語

以上に述べたごとく本研究は土木構造として重要な扇形板・骨組複合構造の設計に必要な不可欠の影響面解法を提示した。本法の特色は式(5), (6) および (7) から明らかのごとく、板内の諸変位、諸変形、諸断面力がすべて板を弾性支持するはり部材の中間不静定力と外荷重の一次結合式で与えられる点にあり、また本法は他の手法(FEM, 差分法)と比較して次の2点に於いて有利である。

(i) 本法は級数解を用いており、これに代われば式(9), (10)のごとく影響面が解析式で表示され、その力学的意味の把握が容易である。(ii) 中, 小型電算機を使用しても比較的短時間内に高精度解がえられる。

参考文献 (1) T. Yamasaki, T. Kaneko; Analysis of Curvilinear Orthotropic Circular Ring Sector Plates with Two Opposite Circular Edges Stiffened with Frames. Proc. 20th Japan Nat. Congr. Appl. Mech., 1970