

応力分配法による外径自由曲線平板構造の解析

大阪工業大学 正員 岡村宏一
東洋技術コンサルタント 正員 〇 祖川義雄

1. まえがき

さきに、パソコン・ミニコンのような手元における小型計算機を用いて、外径自由の平板構造、あるいは立体構造を解析する方法として、応力分配法を利用する方法について報告した。¹⁾ この際、外径自由の平板構造を解析するには、比較的大形の板要素を用いるのが有利であると考え、長方形板要素を対象とした場合の各種の応用例を示した。ここでは、この種の方法の外径自由曲線平板構造への適用を試みるため、比較的大形の曲線シムパイ要素の剛性マトリックスを作成し、応力分配を行なった初期的な結果について報告する。

2. 曲線シムパイの一般解

本解析では、曲線板（極座標）を対象として級数解法によって解を求めた。まず、図-1に示すように、曲線板を $r=b$ なる円弧で2つに分けその内側をパネルⅠ、外側をパネルⅡとする。この各々のパネルに対し、シムパイの基本式が適用される。パネルⅠ、Ⅱでの変位(u, v)は、相対2直線辺での境界条件($\theta=0, T_{\theta}=0$)より、(1)式のように展開した。

$$\left. \begin{aligned} u^I &= \sum_{m=1}^{\infty} U_{mcr}^I \cos m\theta, & u^{II} &= \sum_{m=1}^{\infty} U_{mcr}^{II} \cos m\theta \\ v^I &= \sum_{m=1}^{\infty} V_{mcr}^I \sin m\theta, & v^{II} &= \sum_{m=1}^{\infty} V_{mcr}^{II} \sin m\theta \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ここで、 $\alpha_m = m\pi/\theta_0$ である。

(1)式に示した $U_{mcr}^{I,II}, V_{mcr}^{I,II}$ の一般解はべき級数で与えられ、 v に属するものを(2)式に示している。未定定数は8個となり、これは $r=a, b$ での境界条件と、 $r=b$ (分割円弧)での力のつり合いと変位の連続条件によって決定される。この際、荷重 $R(\theta), N(\theta)$ はフーリエ級数に展開している。また、図-2に示すような r 方向に分布幅を持った荷重を受ける場合については、図-1での荷重状態での解を分布幅 d で積分することによってその解を求めることができる。

$$\left. \begin{aligned} V_{mcr}^I &= A_m^I \left(\frac{r}{a}\right)^{1+\alpha_m} + B_m^I \left(\frac{r}{a}\right)^{-(1+\alpha_m)} + C_m^I \left(\frac{r}{a}\right)^{1-\alpha_m} + D_m^I \left(\frac{r}{a}\right)^{-(1-\alpha_m)} \\ V_{mcr}^{II} &= A_m^{II} \left(\frac{r}{a}\right)^{1+\alpha_m} + B_m^{II} \left(\frac{r}{a}\right)^{-(1+\alpha_m)} + C_m^{II} \left(\frac{r}{a}\right)^{1-\alpha_m} + D_m^{II} \left(\frac{r}{a}\right)^{-(1-\alpha_m)} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Hirokazu-OKAMURA, Yoshio-SOGAWA

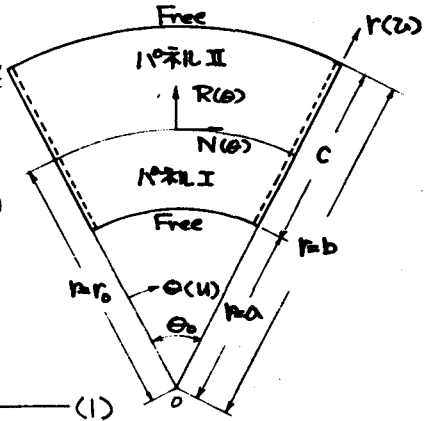


図-1 曲線板

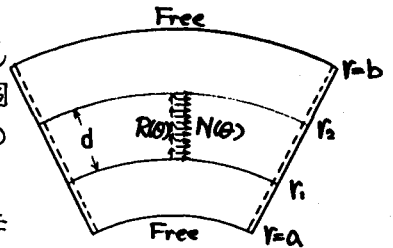


図-2 r 方向に分布幅を持った荷重を受けた曲線板

3. シムバイ要素の剛性マトリックス

経線(i, j)に任意の材端変位と材端力を持つ曲線シムバイ要素(r, θ_0, C)の剛性マトリックスを図-3に示すような辺長($2r, \theta_0, C$)のシムバイを重ね合わせ、選定法によって作成する。材端力の分布は分割された区域の選定における平均値で近似され、選定における材端変位と関係づけられる。

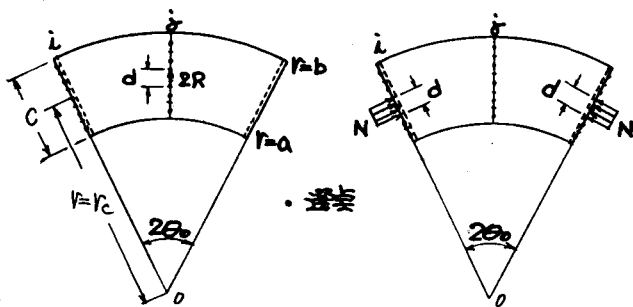


図-3 剛性マトリックスの作成に用いる曲線シムバイ要素

4. 材端力の分配

図-4に示すように、又辺に着目し、隣接する r, m 辺を固定とする。各選定方向において、支承条件等を導入し、反復計算の各段階におけるパネル内の不平衡力を変位の連続条件と力のつり合い条件によって反復修正する。

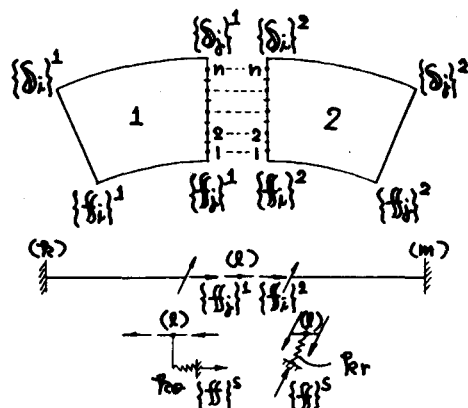


図-4 材端力と材端変位

5. 計算例

図-5は分配計算の基本的な例題として3パネルの接続を行なったモデルを示し、 $R=300m, 150m$ の2ケースとしている。表-1は図に示したA-A断面での軸力の分布を表わしたものである。ここで、温度応力の解析における初期の拘束状態として端部に軸力を導入し変位 $\delta=0$ の場合を考えるが、①はこの場合の梁の解で、②は、 $r_r/r_0=100$ として δ を抑える状態を想定したものである。③は $r_r=r_0=0$ の場合を厳密解と比較したもので、中間的な r 値に対する解はこれらの中間にある。この結果でも、曲率半径が小さくなれば曲げの影響が現われているが、実際構造への応用については目下検討中である。

表-1 A-A断面での軸力

曲率半径		A1	A2	A3	A4	A5
$R=300m$	①	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
	②	8.03	8.07	8.03	7.97	7.87
	③	8.55 (8.55)	8.32 (8.35)	8.04 (8.11)	7.73 (7.80)	7.34 (7.55)
$R=150m$	②	8.18	8.13	8.04	7.94	7.81
	③	9.03 (9.15)	8.54 (8.65)	8.06 (8.13)	7.57 (7.50)	6.98 (6.91)

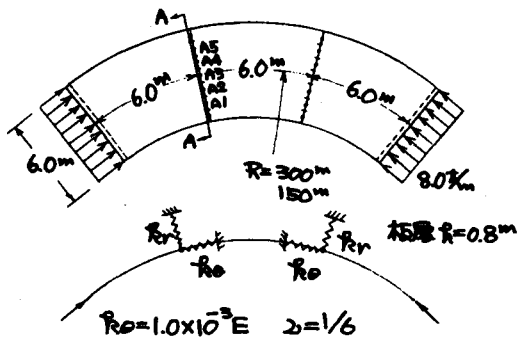


図-5 解析モデル

表中()内の数字は厳密解の値を表わす。

1) 岡村・石川 応力分配法による多層格点平板構造の解析 (オ36回土木学会年講)ほか、