

戸田建設

大阪工業大学

東洋技研コンサルタント

正員 春日康伸

正員 岡村宏一

正員 石川一美

1. まえがき: 筆者は、小型計算機を用いて、長大な多径間平板構造の全体系、局所系を同時に解析し得る方法として、比較的大形の板要素の剛性マトリックスを導入し、応力分配法を併用する方法を発表した¹⁾。ここでは、この種の方法の多径間曲線板構造への適用を試みるため、新たに大形の曲線板要素の剛性マトリックスを作成し、それらを結合するための基本的な解析を行なったので、その結果について報告する。

2. 曲線板の一般解: 本解析では、大形の板要素として扇形板を対象とし、級数解法によって基本解を求めた。まず、図-1に示すように、扇形板を $r = r_0$ の円弧で2分割し、その内側をパネルI、外側をパネルIIとする。ここでは曲げ問題を対象とし、それぞれのパネルについて、曲げの基礎方程式の同次解を図-1に示すような、相対2辺単純支持、他の2辺が自由の条件のもとに与える。すなわち、

$$w^I = \sum_{m=1}^{\infty} w_m^I(r) \sin \alpha_m \theta, \quad w^{II} = \sum_{m=1}^{\infty} w_m^{II}(r) \sin \alpha_m \theta \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 $\alpha_m = m\pi/\theta_0$ である。式中の $w_m^{I,II}(r)$ はベキ級数により

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

のように与えられる。式中の、8個の未定定数は、 $r=a, b$ での境界条件と、 $r=r_0$ (分割線)での外力 $P(\theta)$ 、 $m(\theta)$ に対する力のつり合いと変位の連続条件によって決定される。次に、図-2に示すような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の荷重状態での解と分布幅(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。

3. 剛性マトリックスの作成: 節線(i, j)に任意の材端力と隅角点を含む任意の材端変位を持つ曲線板要素(r_0, C)の剛性マトリックスを、図-3に示すような辺長($2r_0, C$)の曲線板モデルI、IIを重ね合せ、逐点法によって作成する。

材端力の分布は節線上で分割された小区間の選点における平均量の重ね合せによって近似され、それぞれの選点の材端変位と関係づけられる。

4. 要素の接続: 図-4に示すように、接合線上での各選点間において、力のつり合いと、変位の連続条件を保証する。また、曲り梁などの慣用計算法による解を初期値として導入し、文献¹⁾に示した応力分配法による接続を行うことができる。

5. 例題: 図-5は、単一曲線板の解の基本的な検証を行なったもので、板中央に部分線荷重($P=1^*/m$)を作用させ、半径(r_0)を変化させた時の板中央(A-A断面)でのたわみの分布を示している。図より半径(r_0)の増大とともに矩形板の解に近づくのがわかる。

図-1: 扇形板の分割と座標系。図-2: 荷重の分布。図-3: モデルIとモデルIIの重ね合せ。図-4: 要素の接続と変位・力の関係。

1) 岡村石川: 小型計算機による多径間平板構造の解析, 土木学会論文報告集, No. 344, 1984

図-6には、板要素の接続を確かめるための基本的な例題を示す。図-6(a)の解析モデルは、板幅 10^m 、半径 $(Y_0)/100^m$ とした3パネル接続の曲線板に部分等分布荷重 $(1^t/m^2)$ を偏心載荷させたもので、節線上の小区間の分割は等5分割($d=10^m/5$)と等7分割($d=10^m/7$)の2ケースである。この場合は剛性法によって解を求めた。図-6

(b)には、A-A断面での変位 (w, α_0) と断面力 (M, V_0) の分布を示し、モデルを単一板として計算した厳密解と比較している。この結果より分割数が5〜7程度であれば、厳密解との差は2%程度となる。図-7には、多径間曲線板構造への応力分配法の適用を試みた例題を示す。図-7

(a)の解析モデルは、板幅 10^m 、半径 $(Y_0)/100^m$ の10パネルの曲線板に全面等分布荷重 $(1^t/m^2)$ を作用させたもので、節線上の小区間は等5分割とした。分配時に初期値としてねじりを考慮した析ばりの解を導入した。分配は8回の反復によって3桁の収束を見た。図-7(b)に、B-B断面でのたわみとモー

メントの分布を示し厳密解と比較している。図-7(c)には、板中央(選点3)線上でのモーメントの分布と厳密解との比較を示しているがこの例題では、その誤差は1%程度に留まっている。

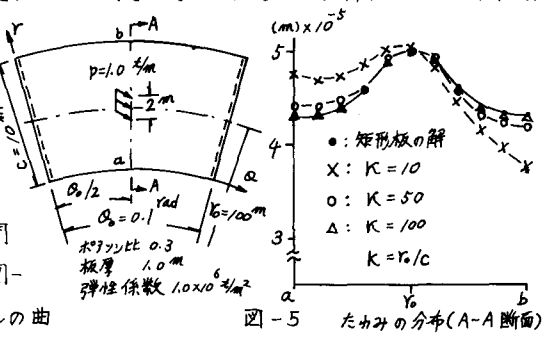
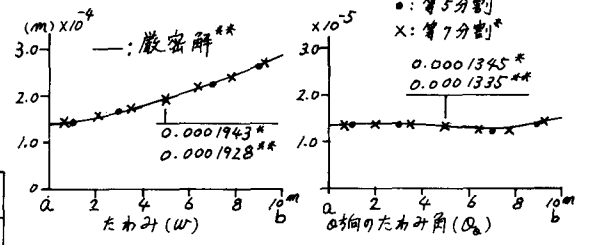


図-5 たわみの分布(A-A断面)



寸法	
a	95 m
b	105 m
r'	102.5 m
u	1.0 m
α_0	0.15 rad
α_0'	0.05 rad
α_0''	0.025 rad
α_0'''	0.01 rad

図-6(a)

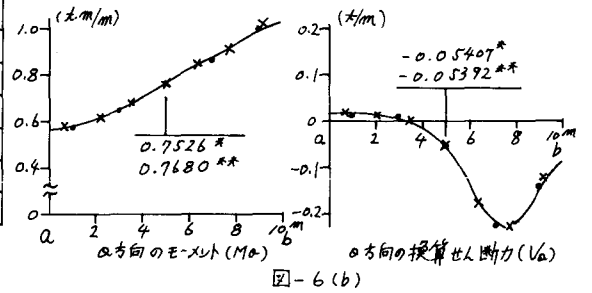


図-6(b)

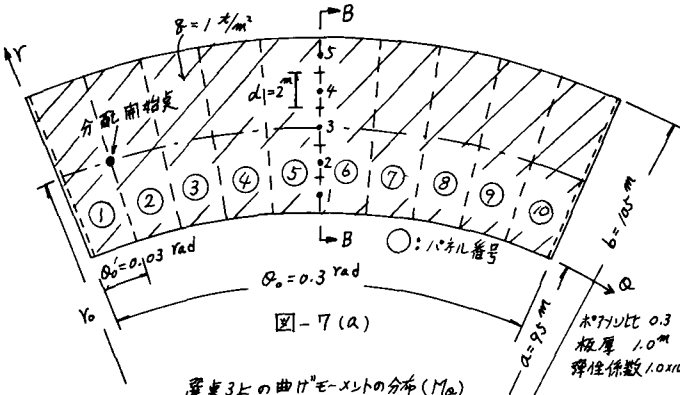


図-7(a)

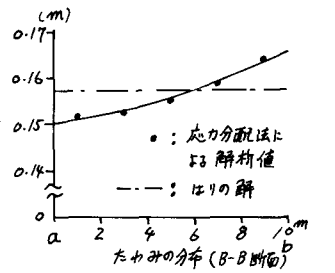


図-7(b)

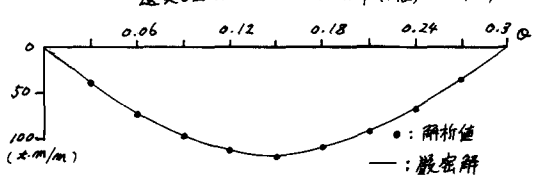


図-7(c)

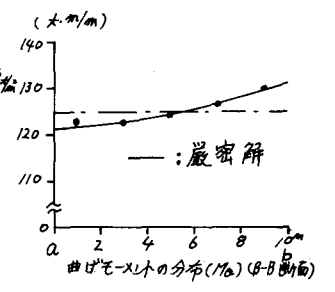


図-7(b)