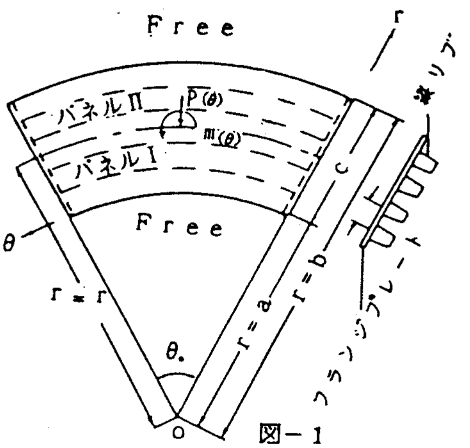
曲げを受ける直交異方性大形扇形平板要素の剛性マトリックスの作成

大阪工業大学　大学院　　学生員○大江匡行
大阪工業大学　　　　　　正員　岡村宏一
東洋技研コンサルタント㈱　正員　石川一美

1．まえがき： これまでに、長大な多格間平板構造の全体系、局所系を同時に解析する方法として、大形の長方形板要素の剛性マトリックスを導入し、あわせてリラクセーション法に属する一種の分配法を併用する方法を提案した。また、数十パネルの板要素と梁要素で構成される有梁板の解析を行い良好な結果を得た。[1] さらに、この方法を多格間曲線構造の解析に拡張していく目的で、曲げおよび、面内力を受ける二方向の大形の扇形平板要素の剛性マトリックスを作成し、精度についての検討を行った。[2)3)] 今回は、引続き閉断面リブを有する鋼床版橋の解析に有用と思われる、曲げを受ける二方向の大形の直交異方性扇形平板要素の剛性マトリックスを作成し、精度についての検討を行ったので、その結果について報告する。



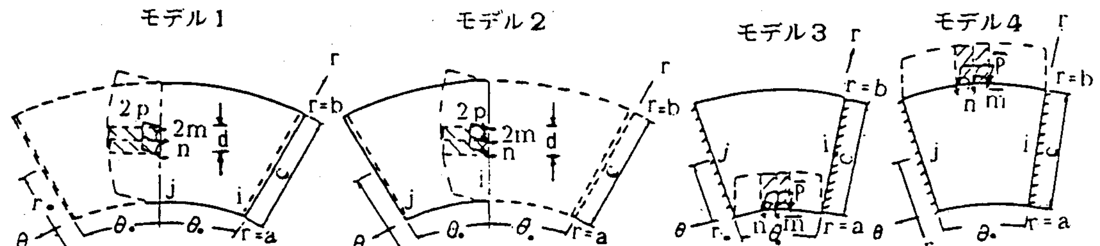
図－1

2．直交異方性扇形板の一般解： 図－1に示すような、θ方向に閉断面リブで支えられる板を、閉断面リブのねじり抵抗を考慮した直交異方性扇形板にモデル化する。この場合のたわみに関する方程式（同次方程式）は、次式で与えられる。

$$\frac{\beta}{r^4}\frac{\partial^4 w}{\partial \theta^4}+\frac{1}{r^4}(3+\alpha+\beta)\frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2}+\frac{\beta}{r^3}\frac{\partial w}{\partial r}-\frac{\beta}{r^2}\frac{\partial^2 w}{\partial r^2}+\frac{2}{r}\frac{\partial^3 w}{\partial r^3}+\frac{\partial^4 w}{\partial r^4}-\frac{1}{r^3}(2+\alpha)\frac{\partial^3 w}{\partial r\,\partial \theta^2}+\frac{1}{r^2}(2+\alpha)\frac{\partial^4 w}{\partial r^2\,\partial \theta^2}=0 \tag{1}$$

ここで、$\beta=1+\frac{EI}{\lambda D}$, $\alpha=\frac{\eta}{\lambda D}$, D：板の曲げ剛度, EI：閉断面リブの曲げ剛度, η：閉断面リブの純ねじり剛度

次に、4辺に自由な材端力と材端変位を与える扇形平板要素の剛性マトリックスを級数解法と選点法を併用して求める。すなわち、図－2に示すように板の材端力を与える力の分布を、ある選点を含む分割区間で等分布する形に近似する。したがって、このような力による変位、断面力の影響係数を単級数の形で計算するために、まず、図－1に示すような板の任意点に集中力(P，M)が作用する解を、式(1)の同次



図－2

1)岡村,石川,古市：多格間平板構造の立体解析におけるリラクセーション法の応用、年次大会、1986.
2)岡村,石川,公文：曲げを受ける大形扇形平板要素の剛性マトリックスの作成、年次大会、1987.
3)岡村,石川,藤井：面内力を受ける直交異方性大形扇形板要素の剛性マトリックスの作成、年次大会、1988.

Tadayuki ŌE, Hirokazu OKAMURA, Kazumi ISHIKAWA

解(級数解)で与え、2つのパネルⅠ、Ⅱを接続する形で求める。次に、図－2に示すようなθ方向、r方向に分布幅(d)を持った荷重を受ける場合の解は、図－1の荷重状態での解を分布幅で積分することによって求める。

3．剛性マトリックスの作成： 図－3に示す4辺(i，j，l，m)に任意の材端力（曲げモーメントM_θ，Mr、換算せん断力V_θ，Vr）と任意の材端変位（たわみw、たわみ角ϕ_θ，ϕr）を持つ扇形平板要素の剛性マトリックスを、次の方法によって求める。すなわち、剛性マトリックスは、図－2に示すような辺長($2r_0\theta_0$，c)の扇形板の中央に部分線荷重pと部分線モーメントmを作用させたモデルⅠ，Ⅱ、さらに、辺長($r_0\theta_0$，c)の扇形板の自由辺上に部分線荷重$\bar{p}$，部分線モーメント$\bar{m}$を作用させたモデルⅢ、Ⅳを重ね合わせ、選点法によって作成される。結果的に、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わ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。

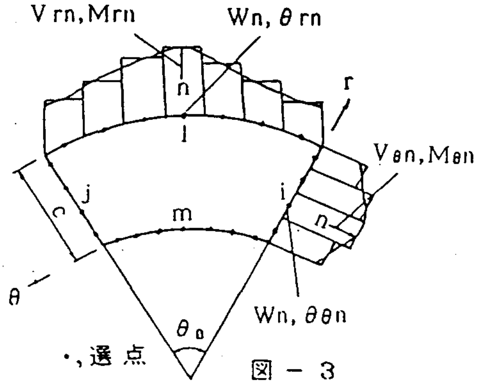


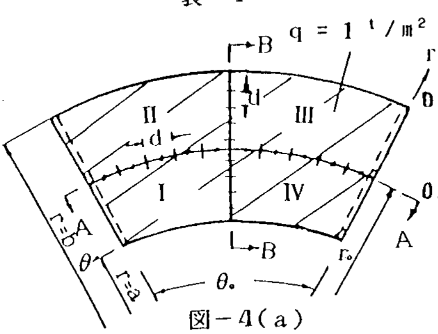
図 － 3

4．計算例： ここでは、扇形平板要素の剛性マトリックスの精度を検証するための基本的な例題を示す。図－4（a）に示す解析モデルは、4枚の扇形平板要素を直接剛性法を用いて接続した曲線板に等分布荷重(q)を満載させたものである。ここで各扇形平板要素の節線上の小区間の分割は等5分割としている。図－4（b）には、A－Aならびに、B－B断面での変位と断面力を、板を分割しない単一板として計算した級数解と比較している。ただし、ここで示した値は倍精度で計算したものであるが級数解との差は5％以内となっている。

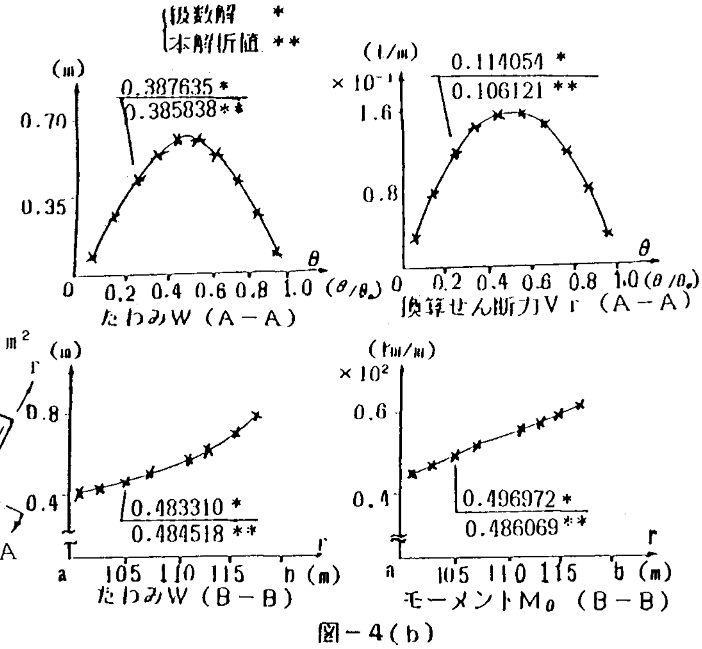
なお、本研究を行うにあたって、当時の大阪工業大学土木工学科卒研生の中川佳典君の協力を得たことを記し、謝意を表する。

a	100.0 m
b	120.0 m
r_0	110.0 m
θ_0	0.190547 rad
ν	0.300
H	0.010 m
E	2.1×10^6 t/m²
EI/AD	2254.422723
η/λD	1419.985656

表－1



図－4(a)



図－4(b)