

大阪工業大学 大学院 学生員 河田 真一
大阪工業大学 正員 岡村 宏一
東洋技研コンサルタント(株) 正員 石川 一美

1. まえがき: 曲線箱桁橋などに見られるような、ダイヤフラム等の中間補剛材を持つ曲線薄肉箱構造の立体解析には、有限要素法や曲線帯板(円筒殻)と扇形帯板を組み合わせた有限帯板法などが用いられている。有限要素法を用いる場合には、一般に大容量の計算が必要となる。また、有限帯板法を用いる場合には、補剛条件などに制約を受けるといった問題が生ずる。しかし、筆者がこれまでに提案した、大形かつ高精度の曲げ、ならびに面内力を受ける扇形板要素²⁾、ならびに円筒シェル要素¹⁾の剛性マトリックスを採択し、さらにその接続に、直接剛性法とリラクセーション法に属する分配法を併用³⁾すれば、比較的小さい自由度で薄肉曲線箱構造の全体系と局所系の挙動を同時に解析することが可能になると考えられる。今回は、腹板に大形の円筒シェル要素を、フランジ部分に大形の直交異方性扇形板要素を用いて薄肉曲線箱構造の基本的な解析を行ったので報告する。

2. 扇形板要素、シェル要素の剛性マトリックス: 図-1(a)に示す大形の扇形板要素は、鋼床版、下フランジをモデル化する時に用いる開断面、閉断面リブを考慮した曲げ、ならびに面内力を受ける直交異方性扇形板要素で、4辺(i, j, l, m)に任意の材端力(曲げモーメント M_θ, M_r 、換算せん断力 V_θ, V_r 、軸力 N_θ, N_r 、せん断力 $N_{\theta r}$)と隅角点を含めた任意の材端変位(たわみ w 、たわみ角 θ_θ, θ_r 、軸方向変位 u_θ, v_r)を与えている。また、図-1(b)に示す大形の円筒シェル要素は、腹板をモデル化する際に用いるもので、4辺(i, j, l, m)に任意の材端力(曲げモーメント M_x, M_θ 、換算せん断力 V_x, V_θ 、軸力 N_x, N_θ 、せん断力 $N_{x\theta}$ 、換算接線力 T_θ)と隅角点を含めた任意の材端変位(たわみ w 、たわみ角 θ_x, θ_θ 、変位 u, v)を与えている。これらの剛性マトリックスは、級数解法と選点法を併用して作成されている。ここで、材端力の分布は図の様な近似分布で与えられ、それぞれの選点の材端変位と関係づけられている。この剛性マトリックスの作成方法は文献1) 2) に示してある。さらに、ブラケット等の中間補剛材をモデル化する場合に用いる梁要素についても偏心合成を考慮できる剛性マトリックスを同様の手法で与えている。

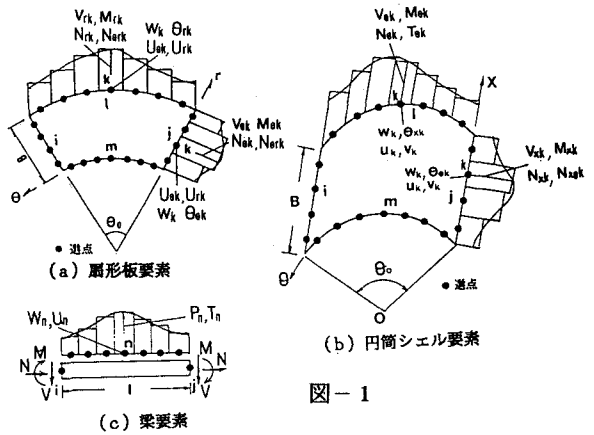


図-1

3. 解析方法: 図-2に解析方法の手順を示す。この方法は、文献3) に示したものと同様で、幅方向に直接剛性法によって結合されたブロック要素の剛性マトリックスを作成し、その要素の長手方向の接続には、リラクセーション法に属する一種の分配法を用いる。

4. 計算例: 図-3は、直交異方性扇形板、円筒シェルに部分線荷重(p)を作用させたもので、この時、半径(R)を変化させた解析結果を表-1に示す。この結果より半径(R)が大きくなれば矩形板の解に接近

- 1) 岡村、石川、林: 大形薄肉円筒シェル要素の剛性マトリックスの作成、年次大会、1989
- 2) 岡村、石川、古市: 大形直交異方性扇形板要素の剛性マトリックス、第14回構造工学における数値解析法シンポジウム論文集、日本鋼構造協会、1990
- 3) 岡村、石川、喜多島: 偏心直交異方性大形板要素を用いた薄肉箱構造の立体解析、年次大会、1990

している。これらの結果は、種々の補剛条件を持つ曲線箱橋の立体解析を行う際に用いるブロック要素が半径(R)、あるいは開角(θ_0)に制約を受けないことを示唆している。図-4は、リラクゼーションのための基本的な検証例として、偏心した等分布荷重を受ける固定支持された一室の曲線箱構造をモデル化したものである。幅方向のブロック要素は、閉断面リブを有する直交異方性扇形板要素(鋼床版、下フランジ)、シェル要素(腹板)を用いた折板構造としている。

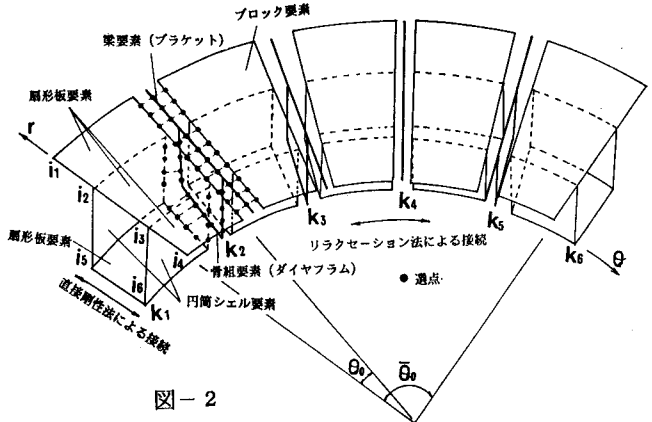


図-2

長手方向にはダイヤフラム間を2分割した6個のブロック要素を接続している。なお、長手方向のリラクゼーションを行う際に、各節線(K1~K7)に導入した初期値は、中央の円弧長を支間とした直線ばりの解を用いている。図-5に断面A-A、B-Bの変位の分布を示しており、これは6回の反覆によって3桁の収束を得た値である。図より、補剛条件による断面変形が捉えられていることがわかる。目下、これらの検証結果を踏まえて、長大な曲線箱橋の解析を行っており、機会があれば報告したい。

表-1

R/l	扇形板の解		円筒シェルの解	
	$W \cdot pl^3/D$	$M_0 \cdot pl$	$w \cdot pl^3/D$	$M_0 \cdot pl$
50	0.69959×10^{-5}	0.12823	0.33207×10^{-2}	0.69615×10^{-1}
100	0.68894×10^{-5}	0.12785	0.33208×10^{-2}	0.69617×10^{-1}
500	0.67423×10^{-5}	0.12731	0.33208×10^{-2}	0.69618×10^{-1}
1000	0.67407×10^{-5}	0.12731	0.33208×10^{-2}	0.69618×10^{-1}
矩形板の解	0.67404×10^{-5}	0.12728	0.33209×10^{-2}	0.69619×10^{-1}

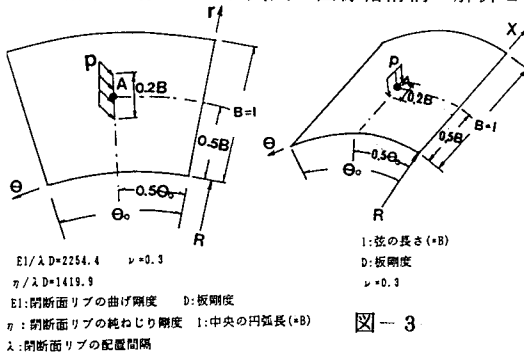


図-3

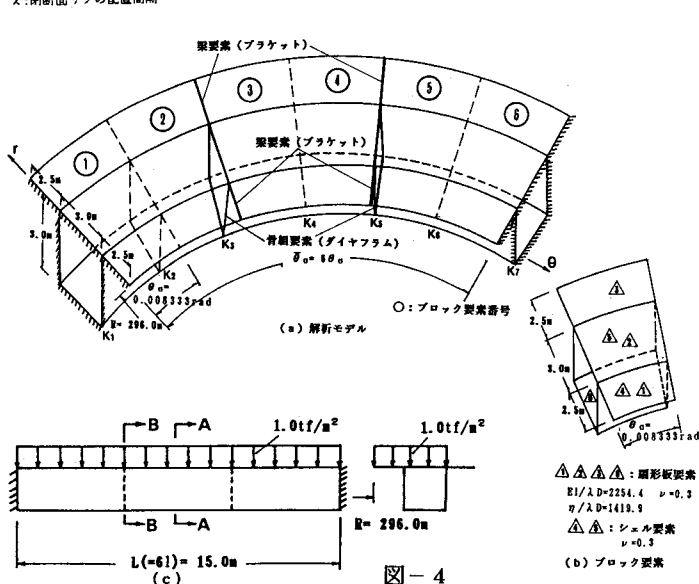


図-4

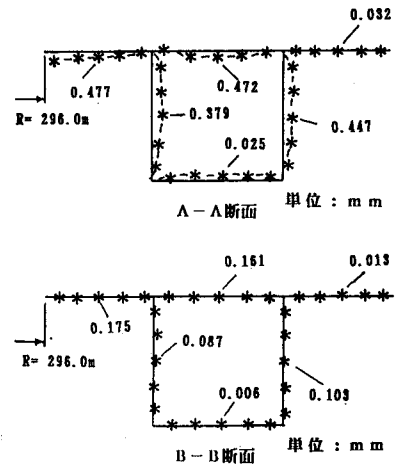


図-5