

## 曲線箱桁橋の立体解析

大阪工業大学 正員 岡村 宏一、同大学院 学生員○正木 洋二  
東洋技研コンサルタント(株) 正員 石川 一美、同 正員 古市 亨

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、支持条件などに制約を受けるという問題が生ずる。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<sup>2)</sup>、ならびに円筒シェル要素<sup>1)</sup>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<sup>3)</sup>すれば、比較的小さい自由度で曲線薄肉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。これまでは、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曲線薄肉箱構造の基本的な解析を行った<sup>3)</sup>、今回は、一室の鋼床版曲線箱桁橋の箱桁部分を円筒シェル要素と直交異方性扇形板要素を用いてモデル化し、さらにブラケット、ダイヤフラムを骨組構造にモデル化した曲線薄肉箱構造の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 $M_\theta$ ,  $M_r$ 、換算せん断力 $V_\theta$ ,  $V_r$ 、軸力 $N_\theta$ ,  $N_r$ 、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 $\theta_\theta$ ,  $\theta_r$ 、軸方向変位 $u_\theta$ ,  $v_r$ )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 $M_x$ ,  $M_\theta$ 、換算せん断力 $V_x$ ,  $V_\theta$ 、軸力 $N_x$ ,  $N_\theta$ 、せん断力 $N_{x\theta}$ 、換算接線力 $T_\theta$ )と隅角点を含めた任意の材端変位(たわみ $w$ 、たわみ角 $\theta_x$ ,  $\theta_\theta$ 、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際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。

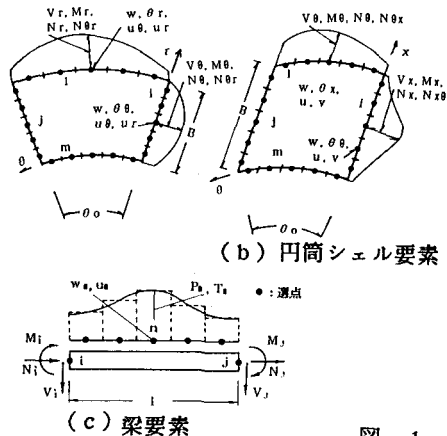


図-1

3. 解析方法：図-2に解析方法の手順を示す。まず、部材座標での大形扇形板要素、円筒シェル要素の剛性マトリックスを座標変換マトリックスを用いて全体標系に置き換え、幅の方向に1列に並んだこれらの要素を直接剛性法を用いて接続する。その結果として、例えば、節線K2, K3の材端力と材端変位を未知量とした一方向の曲線箱構造(ブロック要素)の剛性マトリックスが導入される。次に、このような要素の長手方向の接続に、リラクセーション法に属する一種の分配法を用いる。すなわち、節線K1~K5

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、河田：曲線箱桁の立体解析、年次大会、1991

Hirokazu OKAMURA, Youji MASAKI, Kazumi ISHIKAWA, Tohru FURUICHI

上の選点において、導入された初期概算値による不平衡力を釣合条件と変位の連続条件によって反復修正する。

4. 計算例：図-3に示す解析モデルは、単純支持された一室の鋼床版曲線箱桁橋をモデル化したもので、閉断面リブを有する直交異方性大形扇形版要素（鋼床版、下フランジ）、円筒シェル要素（腹板）、偏心を考慮したラーメン要素（ダイヤフラム）、はり要素（ブラケットを持つ横ばり、垂直補剛材）を組み合わせている。幅方向のブロック要素は6枚の各要素を接続した折板

構造とし、長手方向にはダイヤフラム間を5分割した56ブロック要素を接続している。また、端部の支持条件は、図のような2点で単純支持とした。なお、長手方向のリラクゼーションを行う際に、各節線K1～K56に導入した初期値は初等的なはりの解である。図-4は、等分布荷重が上面載荷したときの長手方向の選点(\*)における変位の分布を示している。これは7回の反復によって3桁の収束による値を示した物で、初期の段階で導入された梁の解が反復によって修正されている。図-5は、等分布荷重が全面載荷、偏心載荷した時のダイヤフラムと中間補剛材間の断面（A-A断面）における断面の局所変形の模様を示している。本解析において、全体変形とともに、ダイヤフラム、ブラケットを持つ横ばり、垂直補剛材などの補剛効果が各断面の局所変形の微妙な変化として捉えられている。なお、本研究を行うにあたって、当時の大阪工業大学大学院生の河田真一君、卒研究生小山田豊君、鈴木淳也君、塩塚栄次君の協力を得たことを記し、謝意を表する。

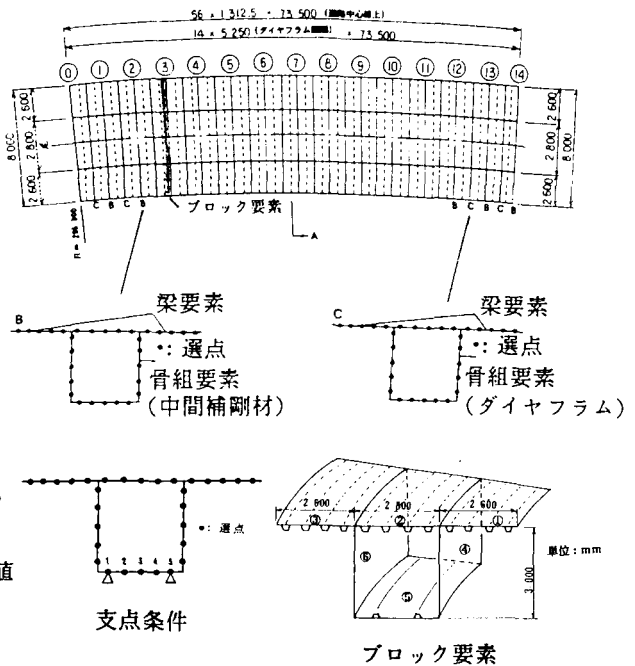
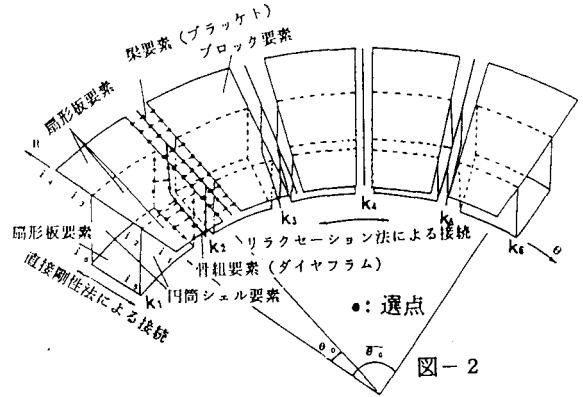


図-3

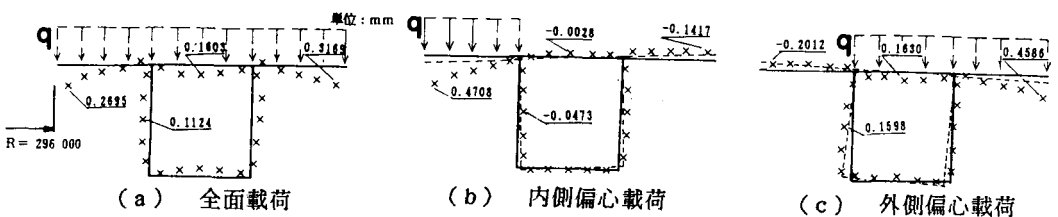
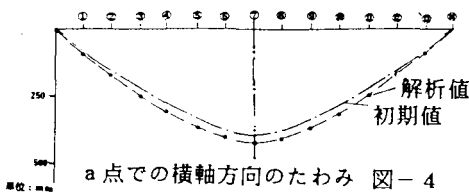


図-5