

大形平板要素による薄肉箱構造の立体解析

東洋技研コンサルタント 正員 ○石川一美
大阪工業大学 正員 岡村宏一
村本建設 平田光伸

1. まえがき：鋼床版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薄肉箱構造の立体解析における離散化の手段として、筆者がこれまでに提案^{1),2)}した、曲げならびに面内力を受ける大形かつ高精度の板要素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すれば、通常用いられている有限要素法などに較べて、数値解析上に必要な自由度の数を大幅に減少させることができる。このような観点に立って、すでに多格間平板構造、ならびに箱形断面の折板構造の立体解析を行ない良好な結果を得た。^{3),4)}今回は、一室の鋼床版箱桁橋をモデル化した薄肉箱構造の立体解析を行なったので報告する。

2. 板要素の剛性マトリックス：図-1に示す大形の板要素は4辺(i, j, l, m)に任意の材端力(曲げモーメント M_x, M_y , 換算せん断力 V_x, V_y , 軸力 N_x, N_y , せん断力 N_{xy})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_y , 軸方向変位 u, v)を与えたもので、そ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。また、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。

3. 解析方法：図-2に解析方法の手順を示す。まず、図-1に示す部材座標系(X, Y, Z 座標)での板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座

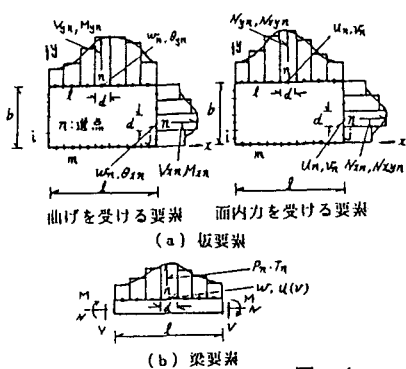


図-1

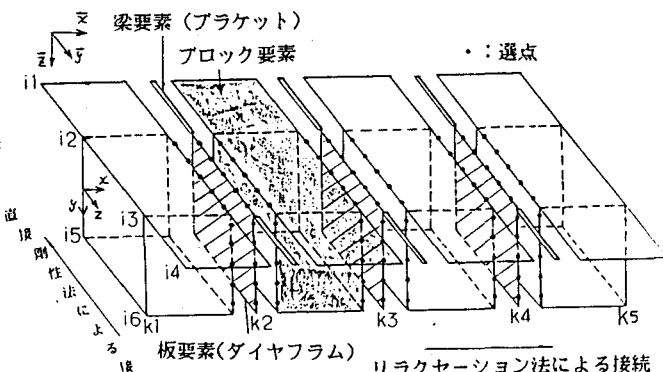


図-2

- 1) 岡村, 石川: 小型計算機による多径間平板構造の解析, 土木学会論文集, No. 344, 1984
- 2) 岡村, 石川: 応力分配法による多格間平板構造の立体解析, 年次大会, 1982
- 3) 岡村, 石川, 古市: 多径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
- 4) 岡村, 石川, 古市: 大形平板要素による箱形断面折板構造の立体解析, 年次大会, 1987

座標系($\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}$ 座標)のものに置き換え、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折板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...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り合い条件と変位の連続条件によって反覆修正する。以上の操作を行なった場合、計算の過程における自由度は1つの節線K上の選点のもののみとなり、解析に必要な自由度は著しく減少する。したがって、計算プログラムの容量は幅方向に接続される板要素の数に制約され、長手方向の板要素の数には制約を受けず、比較的小型の計算機を用いても長大な薄肉箱構造の全体系、ならびに局所系の挙動を同時に解析することが可能になる。

4. 計算例：図-3に解析モデルを示す。これは、等分布荷重を受ける単純支持された一室の鋼床版箱桁橋をモデル化したもので、ダイヤフラムには面内力を受ける板要素を用い、またブラケットには梁要素を用いた。幅方向のブロック要素は6枚の板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2分割した24のブロック要素を接続している。なお、長手方向のリラクセーションを行なう際に、各節線K1~K25に導入した初期値は初等的な梁の解である。図-4に長手方向の選点(X印)における変位の分布を示している。これは6回の反覆によって3桁の収束による値を示したもので、初期の段階で導入された梁の解が反覆によって修正されている。また、図-5に断面A-A, B-Bの変位の分布を示しており、薄肉箱構造の全体系ならびに局所系の挙動が同時に把握されていることがわかる。

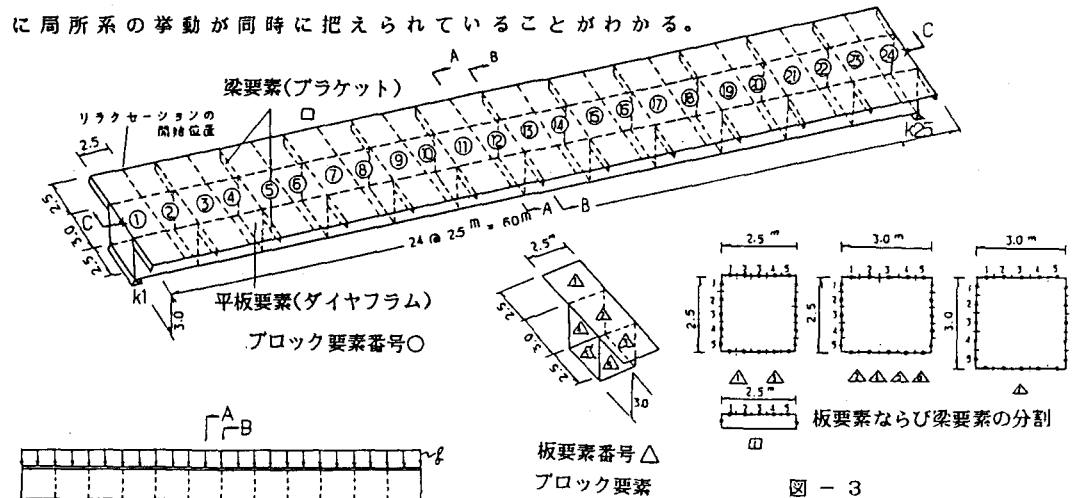


図-3

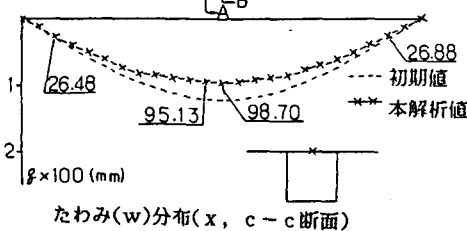


図-4

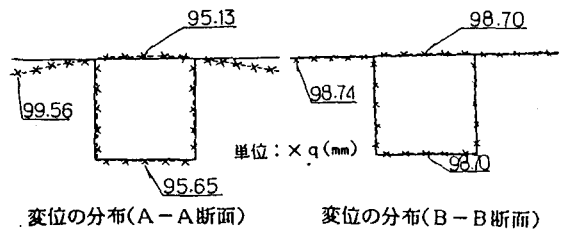


図-5