

大形板要素を用いた薄肉箱構造の立体解析

東洋技研コンサルタント(株)の正員 石川 一美

正員 古市 亨

大阪工業大学 正員 岡村 宏一 同大学院 学生員 喜多島礼和

1. まえがき：筆者は、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、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る方法を提案した。^{1) 3)} ただし、ダイヤフラム等は骨組構造にモデル化した。今回は、板要素を用いてダイヤフラム部分をモデル化した一室の薄肉箱構造の、より精密な立体解析を行ったので報告する。

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、鋼床版、下フランジをモデル化する時に用いる開断面、閉断面リブの偏心を考慮した直交異方性大形要素で、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2)に示してある。また、腹板ならびにダイヤフラムをモデル化する際に用いる等方性大形要素の剛性マトリックスは文献1)に示したものをを用いている。さらに、横リブ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。

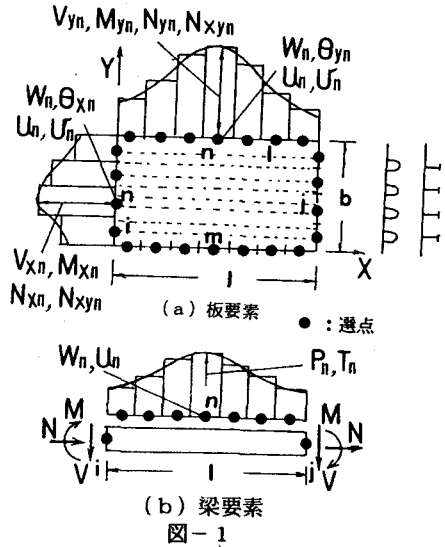


図-1

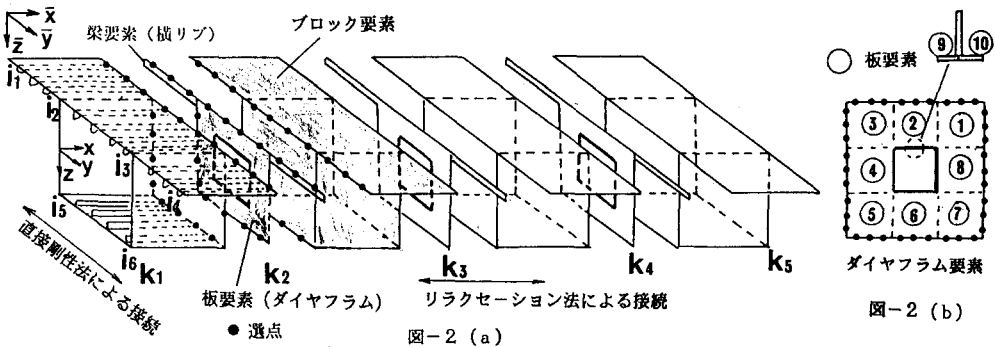


図-2 (a)

図-2 (b)

3. 解析方法：図-2 (a)に解析方法の手順を示す。まず、部材座標(x, y, z 座標)での大形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標系($\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$ 座標)に置き換え、幅の方向に1

1)岡村、石川、古市：大形平板要素による薄肉箱構造の立体解析、年次大会、1988

2)岡村、石川、喜多島：補剛材の偏心を考慮できる直交異方性大形平板要素の剛性マトリックスの作成、年次大会、1989

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

Kazumi ISHIKAWA, Tohru FURUICHI, Hirokazu OKAMURA, Hirokazu KITAJIMA

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K 2, K 3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。また、ダイヤフラムについては、図-2 (b) に示すように、大形の板要素を組み合わせる直接剛性法を用いて接続し周辺にのみ材端力と材端変位を未知量としたダイヤフラム要素の剛性マトリックスを作成する。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K 1~K 5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に解析モデルを示す。これは、偏心した等分布荷重を受ける単純支持された一室の鋼床版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板要素（鋼床版）、開断面を有する直交異方性大形要素（下フランジ）、等方性大形板要素（腹板、ダイヤフラム）、偏心を考慮したはり要素（ブラケット、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枚の各板要素を接続した折板構造として、ダイヤフラム要素は等方性板要素を16枚接続している。また、長手方向には、ダイヤフラム間を2分割した24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う際に、各節線K1~K 25に導入した初期値は初等的な梁の解である。図-4は、等分布荷重が偏心载荷した時の長手方向の選点(x)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ものである。図-5 (a)は、その時のダイヤフラムを配置

した断面(A-A)における、断面変形を示しているが、ダイヤフラムによって断面形状が保持されている。図-5 (b)は、A-A断面におけるダイヤフラム周辺のせん断力の分布を示す。図-5 (c)はA-A断面におけるダイヤフラム周辺の板のX方向曲げモーメントの分布を示している。

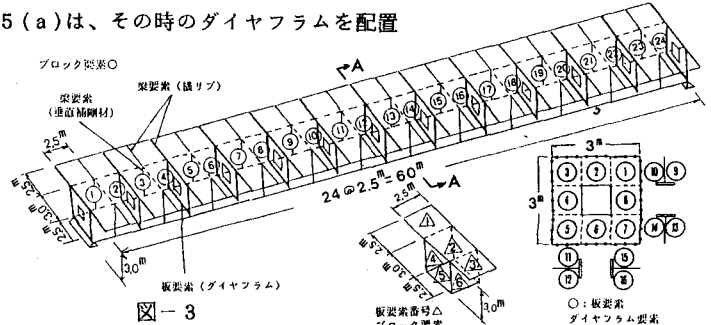


図-3

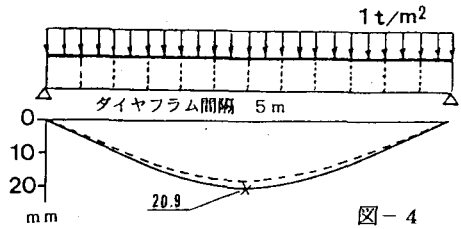
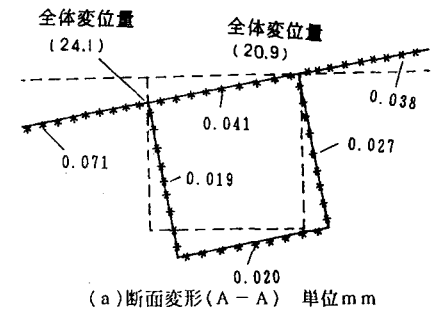
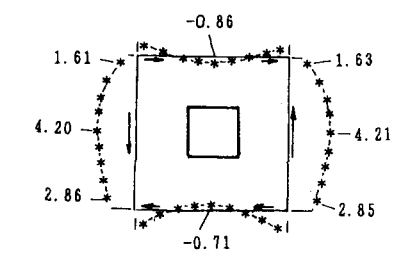


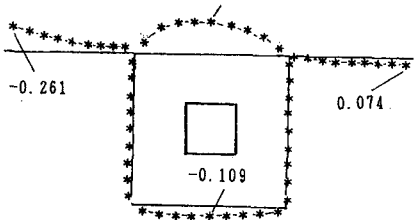
図-4



(a) 断面変形(A-A) 単位mm



(b) ダイヤフラム周辺のせん断力の分布 (A-A断面) 単位tf/m



(c) ダイヤフラム周辺の板のX方向曲げモーメント (A-A断面) 単位tf/m

図-5