

補剛材の偏心を考慮した大形直交異方性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○喜多島礼和
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：筆者はすでに、4辺に任意の材端力と隅角点を含めた任意の材端変位を与えた大形の等方性平板要素の剛性マトリックスを、級数解法と選点法の併用によって作成し、多格間の平板構造の解析に有用であることを示した。¹⁾ また、鋼床版などに見られるリブのねじり抵抗が無視できるような閉断面の縦リブによって偏心補剛される有梁板を、リブの偏心を考慮した直交異方性板にモデル化し、その大形平板要素の剛性マトリックスを作成して、その精度についての基本的な検証を行った。²⁾ 今回は、ひき続き閉断面のリブを持つ有梁板を、リブの偏心、ならびにそれに伴うねじり抵抗³⁾を考慮した直交異方性板にモデル化し、その大形平板要素の剛性マトリックスを作成し、その精度について基本的な検証を行ったので報告する。

2. 板の基礎方程式：Pflügerらの系統を踏むリブの偏心を考慮した直交異方性板理論にもとずき、3方向の変位 u, v, w で表示される釣り合い方程式より u, v を消去すると、 w に関する次の支配方程式が得られる。

$$p_1 \frac{\partial^8 w}{\partial x^8} + p_2 \frac{\partial^8 w}{\partial x^6 \partial y^2} + p_3 \frac{\partial^8 w}{\partial x^4 \partial y^4} + p_4 \frac{\partial^8 w}{\partial x^2 \partial y^6} + \frac{\partial^8 w}{\partial y^8} = 0$$

ここで、 $p_1 \sim p_4$ は、板とリブの偏心ならびに、閉断面リブのねじり抵抗を考慮した断面の諸定数によって得られ、リブ間で平均化された定数である。³⁾ 本文で提示する大形のこのような直交異方性長方形板要素の剛性マトリックスは面外および面内の集中外力を受け一方向無限板の解を出発点（基本解とよぶ）として作成したものである。

3. 基本解：まず、図-2に示す相対2辺単純支持の一方方向無限板に面外より作用する集中荷重 P 、集中モーメント M 、 M' を受ける場合の解、ならびに、面内に作用する集中荷重 S, T による解を基本解（級数解）として与える。次に、図-4に示すような y 方向あるいは、 x 方向に分布幅 (d) を持った線荷重 $p, p', t_x, t_y, S_x, S_y$ 、ならびに線モーメント m_x, m_y を受ける場合の解は、図-2の荷重による解を分布幅 (d) で積分することによって求める。

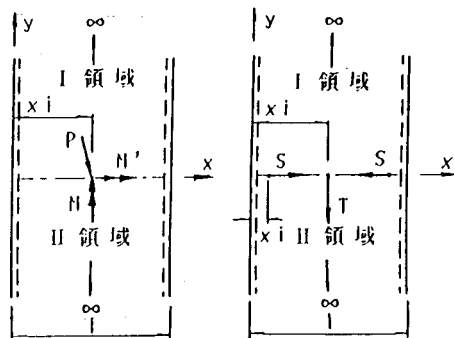


図-2 面内、面外の集中外力を受ける一方向無限板

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ゼーション法の応用、年次大会、1986。

2) 岡村、石川、野村：補剛材の偏心を考慮した大形直交異方性板要素の剛性マトリックスの作成、年次大会、1987。

3) R.J.Clifton and Tung Au: Analysis of orthotropic plate bridges, Proc. of A.S.C.E., ST5, 1963.

4. 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_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 、変位 u, v)を持つ大形板要素の剛性マトリックスを、選点法を用い、次の手順によって作成する。すなわち、図-4に示すような相対2辺単純支持の一方無限板に垂直に作用する部分線荷重(p, p')、部分線モーメント(m_x, m_y)と面内に作用する部分線荷重(S_x, S_y, t_x, t_y)を受けるそれぞれのモデルⅠ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳの板を図-3の板に対応するように重ね合わせる。したがって、図-3の板の、材端力の分布は図のように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。

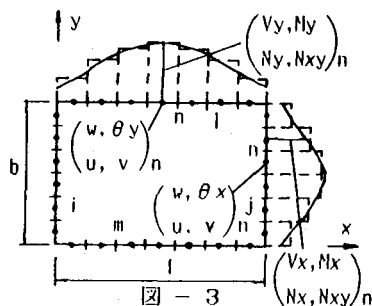


図-3

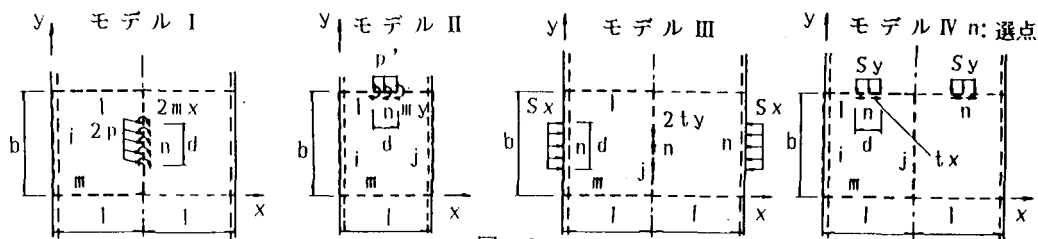


図-4

5. 検証データ：ここでは、今回作成した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。すなわち、図-5(a)に示すように、5パネルの板要素を、相対2辺単純支持、他の2辺が固定の条件を与えて直接剛性法で一方に接続し、板を分割しない無限板として計算した厳密解と比較している。なお、板要素の節線の分割は等5分割とした。その結果は、図-5(b)に示すとおりで、本解析値は、無限板の解に接近し、荷重が作用している板要素の節線上の選点における本解析値と無限板の解との誤差は、2%程度となっている。なお、本研究を行うにあたって、当時的大阪工業大学土木工学科卒研生の位田和也君、松井修治君の協力を得たことを記し、謝意を表する。

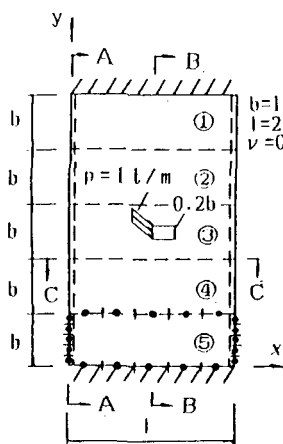


図-5(a)

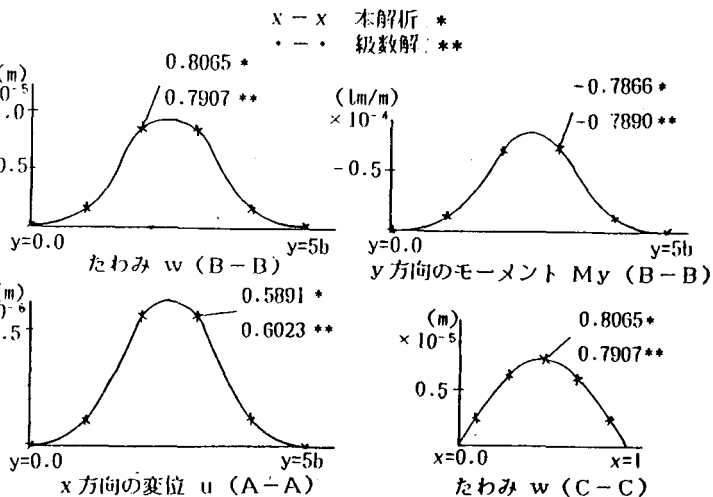


図-5(b)