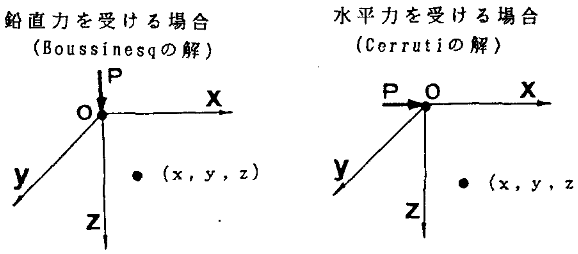
大形直方体要素を用いた多層弾性体の解析

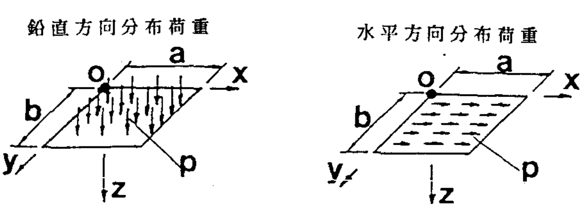
大阪工業大学　正員　岡村　宏一　同大学院　学生員○恩知　俊一
東洋技研コンサルタント㈱　正員　石川　一美　同　　正員　古市　亨

1．まえがき：近年、3次元弾性問題の解析には、3次元要素を用いた有限要素法が汎用化されている。しかしながら、通常の有限要素法を用いる場合、問題によっては、自由度が非常に大きくなるなどの難点を生じる。そこで、このような解析上の難点を克服するための1つの工夫として、解析モデルの離散化にあたって、大形の3次元要素を採択することが考えられる。そこで、筆者らは大形直方体要素の周面に任意の材端応力と材端変位を与えることのできる剛性マトリックスを作成し、その精度についての基本的な検証を行った。[2),3)] 今回は、提案した大形直方体要素を多層弾性体の解析に適用するための基本的な解析を行っている。

2．基本解：基本解として、**図－1**に示すような、半無限体の表面に鉛直方向集中力が作用する解（Boussinesqの解）ならびに、水平方向集中力が作用する解（Cerruti の解）を用いる。ここで、**図－2**に示すような分布幅（a，b）を持つ等分布荷重を受ける解は、**図－1**に示す集中力（P）が作用するときの解を分布幅（a，b）で積分することにより求める。

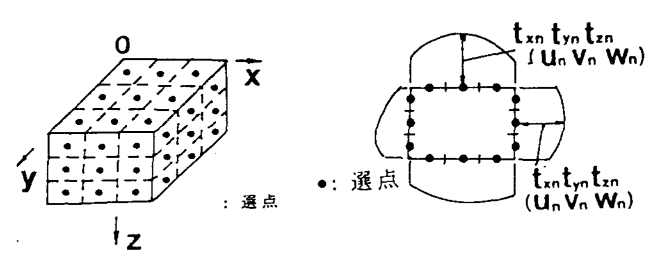


図－1



図－2

3．剛性マトリックス：図－3に示す各境界面の選点(n)に任意の材端応力と材端変位を与えることの出来る剛性マトリックスを次の方法によって求める。まず、**図－4(a)**に示すようなxy面が半無限体表面となるようなモデルを考え、xy面の各分割面に、図に示す各方向（x，y，z）の分布荷重（px，py，pz）を与え、各面の選点での変位（u，v，w）と、応力（tx，ty，tz）との関係を求める。次に、図(b)、図(c)に示すように、yz面、zx面が半無限体の表面となるようなモデルを考え、同様に各面の選点での変位と応力との関係を求める。



図－3

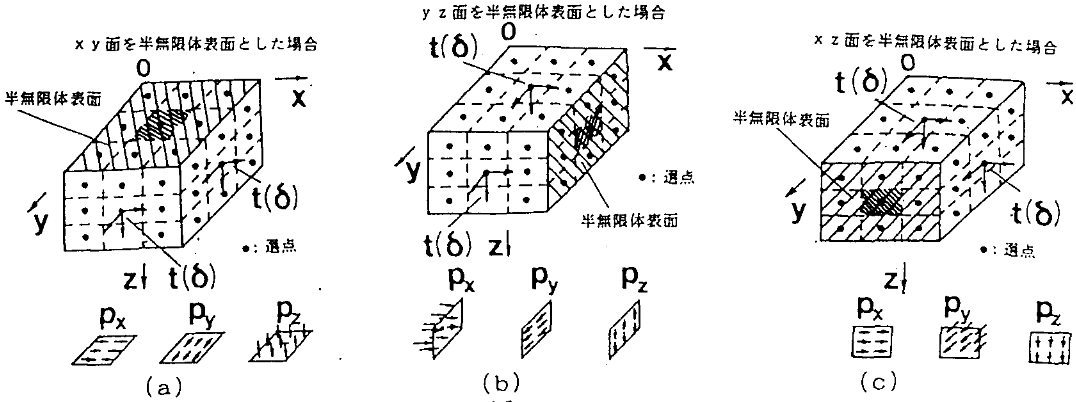
これらのモデルを重ね合わせると次式のような関係式が得られる。

$$\{\mathbf{t}\}=[\mathbf{A}]\{\mathbf{p}\},\ \{\boldsymbol{\delta}\}=[\mathbf{B}]\{\mathbf{p}\} \qquad (1)$$

ここで、**t**：応力のベクトル、**δ**：変位のベクトル，**p**：外力のベクトル.

1)島田功，岡村宏一：厚い長方形スラブの応力と変形，土木学会論文集第233号，1975.1
2)古市，岡村，石川：3次元弾性大形直方体要素の剛性マトリックスの作成，年次大会，1990
3)恩知，岡村，石川，古市：大形弾性直方体要素の剛性マトリックス，年次大会，1991

Toshikazu ONCHI, Hirokazu OKAMURA, Kazumi ISHIKAWA, Tohru FURUICHI



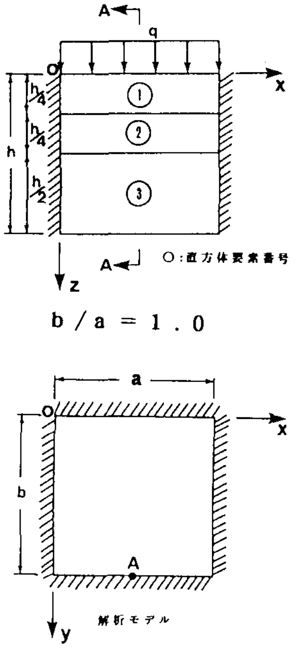
図－4

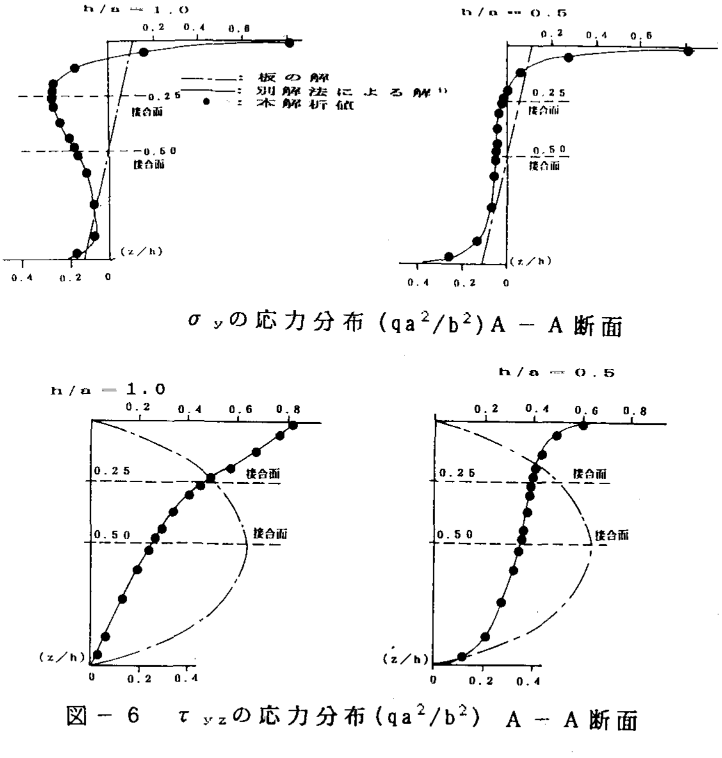
式（1）より、外力のベクトルを消去すると、3次元弾性直方体要素の剛性マトリックスが次式のように得られる。

$\{t\}=[K]\{\delta\}$ －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－（2）

4．計算例：ここでは、大形直方体要素を多層弾性体の解析に適用するための基本的な例題を示す。図－5に示す解析モデルは、直接剛性法を用いて辺長比（b／a）が1．0で厚さ（h）の異なる直方体要素を3層に接続し、上面に全面等分布荷重（q）を満載させ、下面自由、他の4面に固定の条件を与えている。図－6には、辺長比(b/a)が1．0の場合について、スラブ厚比(h/a)を1．0，0．5と変化させた時の応力σ_yおよびτ_{yz}の分布を別解法1）による結果と比較しているが、両者の値は良い一致を示した。

なお、本研究を行うにあたって、当時の大阪工業大学卒研生森宣和君、藤堂正純君、山本修也君の協力を得たことを記し、謝意を表する。





σ_yの応力分布（qa^2/b^2）A－A断面

図－5

図－6　τ_{yz}の応力分布（qa^2/b^2）　A－A断面