102－⑨　　境界要素法による多層地盤の圧密解析

佐賀大学　正員　○荒牧軍治
福岡大学　正員　　大西和栄
福岡大学　　　　　伊藤朋子

1．まえがき

有明海沿岸域には軟弱な有明粘土が厚く堆積している。この粘土は含水率が非常に高いため、載荷、水のくみあげにより地盤沈下をひきおこし、社会問題ともなっている。そのため土の物性研究と同時に、圧密解析のための数値計算法の確立が望まれるところである。著者等は先に圧密変形解析に境界要素法を適用し、その解が有限要素法による解とよい一致を見ることを述べた。[1)]しかし前回は単一層についての解析であった。比較的浅い領域を考える場合は単一層でも十分実用性があるが、さらに深い領域まで考える場合は、単一層とみなせない場合が一般的であり、多層地盤としての解析が必要になってくる。有限要素法は領域全体を三角形あるいは四角形等の小さなメッシュに分割し、それぞれの要素ごとに剛性マトリックスを作るために不均質性を導入することはきわめて容易である。しかし境界要素法は均質な領域のある点に集中的負荷が与えられた時の任意の点応答値を表す基本解を用いるため物性の違いを導入するには工夫が必要である。本研究は領域をいくつかに分割する部分領域法を多層地盤の圧密解析法に適用し、境界要素法の拡張をはかるものである。

2．部分領域法

簡単のため図－1に示すような2つの領域について考える。圧密解析は次の2つの部分に分けられる。

間げき水の流れ、弾性体の変形に対して次の変数を定義する。

（間げき水の流れ）

Q^i ： 領域 i の外表面上の流速

Q^i_I ： 内部境界面 Γ_I 上の i 領域側の流速

V^i ： 領域 i の外表面上の間げき水圧

V^i_I ： 内部境界面 Γ_I 上の i 領域側の間げき水圧

（弾性体）

P^i ： 領域 i の外表面上の表面力

P^i_I ： 内部境界面 Γ_I 上の i 領域側の表面力

U^i ： 領域 i の外表面上の変位

U^i_I ： 内部境界面 Γ_I 上の i 領域側の変位

内部境界面 Γ_I 上では次のような適合条件、平衡条件、つり合い条件を満足しなければならない。

$$\text{適合条件}\quad V_I = V^1_I = V^2_I \qquad \text{平衡条件}\quad Q_I = Q^1_I = -Q^2_I \qquad (1)$$

$$\text{適合条件}\quad U_I = U^1_I = U^2_I \qquad \text{つり合い条件}\quad P_I = P^1_I = -P^2_I \qquad (2)$$

弾性体について考えると領域 1、2 について次の方程式が与えられる。

$$\begin{bmatrix} G^i & G^i_I \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} P^i \\ P^i_I \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} H^i & H^i_I \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} U^i \\ U^i_I \end{Bmatrix} + b(V) \qquad (3)$$

（2）式で定義される P_I 、U_I を用いると

$$\begin{bmatrix} G^1 & G^1_I & H^1 & 0 \\ 0 & -G^2_I & -H^2_I & G^2 \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} P^1 \\ P_I \\ U_I \\ P^2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} H^1 & 0 \\ 0 & H^2 \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} U^1 \\ U^2 \end{Bmatrix} + b(V) \qquad (4)$$

間げき水の流れについても（4）式と全く同様の式を与えることができる。ただし圧密問題では一般に変位と表面力または透水、不透水が複合された境界条件を有するので（4）式はそれに応じてさらに変形されなければならない。

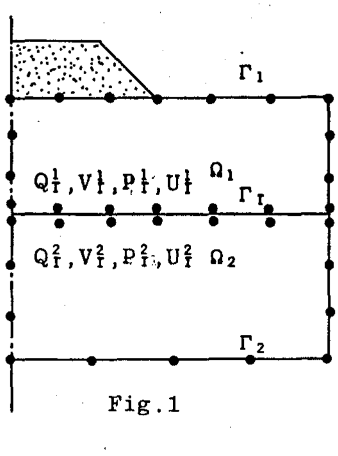


Fig.1

3．数値計算手法

間げき水の流れと弾性体の変形は連成しているが、ここで用

いた近似手法は、弾性体変形に対する間げき水圧の影響、および間げき水流れに対する体積応力の時間微分に関する項を物体力として取り扱って2つの挙動を非連成としている。

初期条件の設定は最初に全ての間げき水圧を 0 とした後、弾性問題を解析し内部の点の応力 σ_{ij} を求め、$V^0 = (\sigma_{11} + \sigma_{12})/2$ で間げき水圧を決定する。さらに求めたV^0を与えて上のステップを繰り返し、収束させる。この時のσ_{vo1}を求め、解析をスタートする。後は間げき水の流れの問題と、弾性変形に対する問題を、step by stepで求めれば良い。

本計算では間げき水の流れに対しては線形要素を、弾性体の変形に対しては一定要素を用いている。また内部の応力を求める際は有限要素法のstiffness matrix を用いて計算時間の短縮をはかっている。

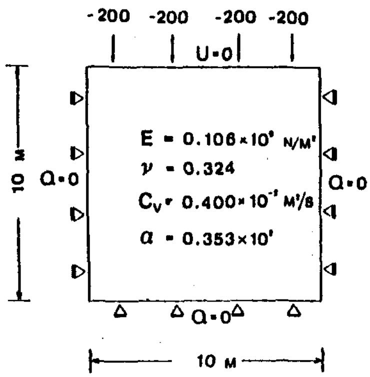


Fig.2

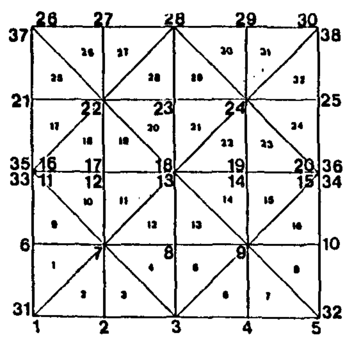
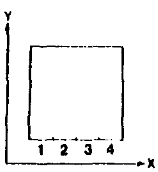


Fig.3

TWO SUBREGIONS

4. 数値計算例

ここで用いた部分領域法によるプログラムの精度をチエックするため、最も簡単な例について計算を行なった。対象とした物体は図−2 に示す様な単一の物性を有し、表面に−200Paの力を与え、2 側面および底面は不透水とした。図−3 に使用した境界要素、および内部応力および間げき圧を積分する際の面積を求めるための内部メッシュを示している。部分領域として上下に分割し、中央水平線を内部境界面 Γ_1 としている。 図に示したように同じ座標位置に 2 つの節点名および要素名を与えている。 表−1 は 11 時間後における底面の反力を示したものであり、表−2 は上部表面上の変位を与えている。時間的経過もほぼ同一の結果が得られ部分領域法による計算プログラムに問題がないことを示している。現在実際的な問題に対する数値計算を行なっており講演時に発表の予定である。



TIME - 11 HOURS

Table-1

	ONE REGION	SUBDOMAIN
1	0.1997 E3	0,1994 E3
2	0.2023 E3	0.2032 E3
3	0.2023 E3	0.2032 E3
4	0.1997 E3	0.1994 E3

CALCULATED REACTIONS

Table-2

	ONE REGION	SUBDOMAIN
1	−0.4004 E-5	−0.4253 E-5
2	−0.4047 E-5	−0.4279 E-5
3	−0.4047 E-5	−0.4279 E-5
4	−0.4004 E-5	−0.4253 E-5

CALCULATED DISPLACEMENTS

参考文献

1) 荒牧,黒木,大西： 境界要素法による圧密解析 土木学会年次学術講演会 3 部 (1981)