III-83 多層地盤における圧密解析への境界要素法の適用

佐賀大学 正員 ○荒牧軍治
福岡大学 正員 黒木健実
福岡大学 正員 大西和栄

1。まえがき

著者等は先にBiot型圧密理論への境界要素法の適用の基本手法を述べ 簡単な例題について、解析結果を示した。しかし前回の解析手法は単層の場合にのみ適用できるものであった。しかし圧密解析の対象となる地盤は一般的に層状構造を有しているので、解析手法を多層地盤をも解析可能なものに拡張することは工学上必要である。多層地盤への境界要素法の適用はその基本解の性質より、有限要素法ほど簡便ではない。しかし全体層の中にきわめて薄い層を含む場合、通常の有限要素法では解析が困難であり、特別の手法が必要である。境界要素法は連続境界面上において圧力、変位ばかりでなく、速度、応力をも未知変量とするため、今回ここに提案した薄層要素のような、きわめて人工的な要素の導入が容易である。 このような特殊な要素をいくつか用意しておき、現場の状況に応じて使用すれば、計算時間の短縮化がはかられるばかりでなく、計算精度を向上させることができる。本研究は領域をいくつかに分割する部分領域法を用いて多層地盤の解析法を確立するとともに、薄層モデルを導入して、より工学的手法の確立をはかるものである。

2。部分領域法

簡単のため図ー1に示すような2つの領域について考える。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_1 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_1 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_1 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_1 上の i 領域側の変位

内部境界面 Γ_1 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。

適合条件 $v_I = v_I^1 = v_I^2$
平衡条件 $q_I = q_I^1 = q_I^2$ （1）

適合条件 $u_I = u_I^1 = u_I^2$
つり合い条件 $p_I = p_I^1 = -p_I^2$ （2）

弾性体変形については、領域 $i = 1, 2$ について次式が与えられる。

$$\begin{bmatrix} G^i & G_I^i \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} p^i \\ p_I^i \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} H^i & H_I^i \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u^i \\ u_I^i \end{Bmatrix} + b(v) \qquad (3)$$

内部境界面 Γ_1 における(2) 式の条件を考慮すると、

$$\begin{bmatrix} G^1 & G_I^1 & H_I^1 & 0 \\ 0 & G_I^2 & -H_I^2 & -G^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} p^1 \\ p_I \\ u_I \\ p^2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} H^1 & 0 \\ 0 & H^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u^1 \\ u^2 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} b_1(v) \\ b_2(v) \end{Bmatrix} \qquad (4)$$

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。

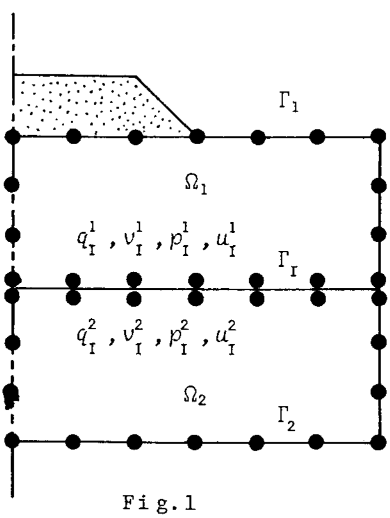

Fig.1

3。薄層モデル

今回考えた薄層モデルは、周囲の土に比べ透水係数が小さい

場合を想定したものである。間げき水は薄層内を上下方向にのみ流れるものと仮定する。この仮定は薄層の厚さが内部境界面Γ_I 上の節点間隔に比べ小さい場合に対しては妥当なものであろう。またこの薄層は弾性変形に対しては何ら寄与しないものとしている。

間げき水の流れに対して、内部境界面上で流速の連続性が成り立つ。

$$q_I^1 = - q_I^2 = 0 \qquad (5)$$

また間げき水圧と流速との間には1次元の Darcy 則を満たすものとする。

$$q_I^2 = -\frac{\lambda}{h}\left(u_I^2 - u_I^1 \right) \qquad (6)$$

ここにλ は透水性に関する定数であり、h は仮想の薄層厚 である。定数 λ/h を無限大にすると薄層要素のない多層問題になり、0 に近づけると、完全な不透水薄層を示すことになる。

領域 Ω_1 Ω_2 に対して (5)式、 (6)式を考慮すると次式に示す方程式を得る。

$$\begin{bmatrix} H^1 & H_I^1 & 0 \\ 0 & H_I^2 & H^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_I^2 \\ u_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} G^1 & G_I^1 - \frac{h}{\lambda} H_I^1 & 0 \\ 0 & -G_I^2 & G^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} q^1 \\ q_I^1 \\ q_2 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} b_1\,(v) \\ b_2\,(v) \end{Bmatrix} \qquad (7)$$

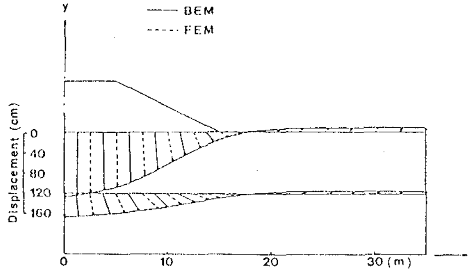

Fig.2 Displacement at 100 days

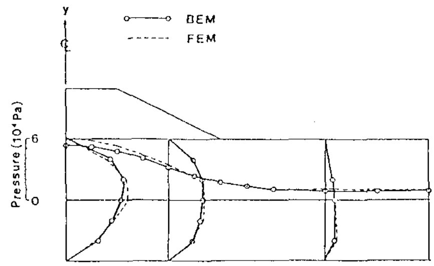

Fig.3 Pore pressures at 10 days

4。数値計算例

図ー2、3に2 層モデルに 5 m の台形盛土を載荷した場合の 100 日後の変位曲線、10 日後の間げき水圧の分布を示す。結果は Verruijt の有限要素プログラムの解析結果と比較している。両方法による結果は、変位、間げき水圧のいずれにおいてもほぼ一致しており、多層圧密問題に対する境界要素手法の妥当性を示している。図ー5、6 は薄層要素を用いたモデルの対称軸上の間げき水圧の時間的変化を示したものである。前者は 1m の仮想薄層に他領域と同じ透水性を考えた場合であり、後者は他領域の 1／5 の透水性を考えた場合である。図より明らかなように、いずれもその性質を明確に示しており薄層モデルの妥当性を示すものと思われる。

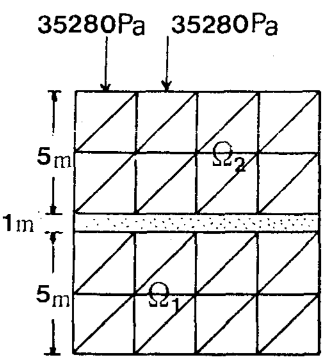

Fig.4 Thin layer model

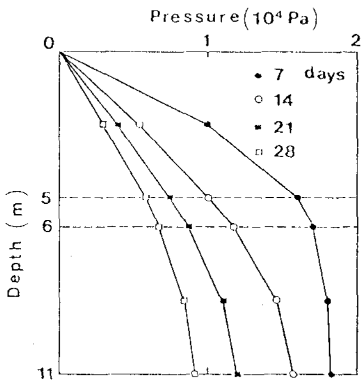

Fig.5 Pore pressures

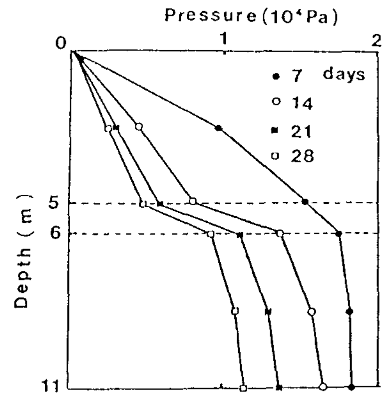

Fig.6 Pore pressures

参考文献

1) 荒牧他　境界要素法による圧密解析　土木学会講演会 1981