

薄い砂層を含む地盤の圧密解析

佐賀大学 正員 荒牧 軍治

1. はじめに

多次元の線形圧密理論(Biot型)にもとずいた有限要素法及び境界要素法の基本的手法は確立されたと考えてよい。しかし実在の地盤を取り扱う際、問題となる点がいくつか残されている。1) 土の物性値(Biot型では弾性定数E, ポアソン比 ν , 透水係数k)の決定法が確立されていない。2) 3次元解析を行なうのに十分な計算速度を有するコンピューターが容易には使えない。3) 薄い層がある場合は要素分割が困難であるばかりでなく、解が不安定になることがある。4) 土の非線形性、2次圧密特性を合理的に算入する手法が確立されていない。

一般に実在の地盤はきわめて複雑な多層構造を有し、その特性は層ごとに異なっている。有限要素法では各要素ごとに物性値を変えるのは容易であり、その特徴の1つになっている。部分領域法を用いれば、境界要素法でも多層構造の解析は容易であるが、計算時間・記憶容量の点では不利である。

しかし軟弱地盤中にきわめて薄い砂層が存在する場合は有限要素法でもその要素分割は困難である。周囲の物性と極端に異なる薄層の存在を、全体系の容量を増すことなく合理的に算入できれば実在地盤の解析に便利である。

2. 透水性薄層モデル

Fig. 1 において次の境界要素法を定義する。 Γ^1 :領域iの外表面境界
 Γ_{10}^1 :砂層に接した内部境界のi領域側、 Γ_{11}^1 :砂層に接しない内部境界のi領域側。 Γ^1 境界をM個の節点に、 Γ_{10}^1 、 Γ_{10}^2 境界をL個の節点に、 Γ^2 境界をM'個の節点に分割する。

i領域において次の境界要素式がかかる。

$$\begin{bmatrix} H_M^1 & H_L^1 & H_N^1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} V_M^1 \\ V_L^1 \\ V_N^1 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} G_M^1 & G_L^1 & G_N^1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} Q_M^1 \\ Q_L^1 \\ Q_N^1 \end{Bmatrix} + b^1 \quad (1)$$

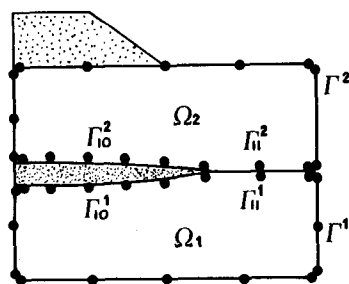


Fig. 1 透水性薄層モデル

ただし、 V_M^1 、 V_M^2 、 V_L^1 、 V_N^1 はそれぞれ外表面1、2、 Γ_{10}^1 境界、及び Γ_{11}^1 境界での間隙水圧を示す。また流速Qについても同様の定義を与える。

砂の透水係数が粘土の1000倍以上であることを考慮すると、圧密の時間スケールでは砂層に接した点での間隙水圧 V_L^1 と V_L^2 は等しいと考えて良い。

$$V_L^1 = V_L^2 = V_L = v_0 h \quad (2)$$

ただしhはL行の単位行列を示す。

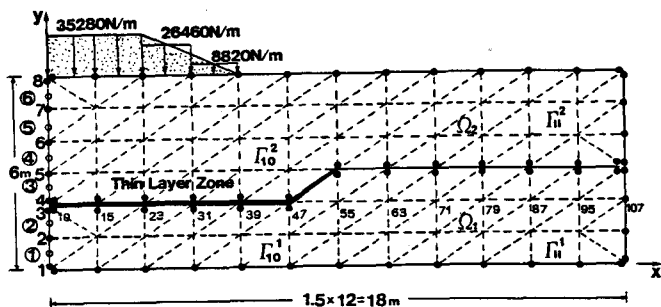


Fig. 2 数値計算モデル

一方領域1（または2）から砂層に流出する水の量は領域2（または1）に吸収される水の量は等しいので次の保存則が成立する。

$$\int_{\Gamma_{10}^1} q^1 d\Gamma + \int_{\Gamma_{10}^2} q^2 d\Gamma = 0 \quad (3)$$

ただし q^1 は i 領域の境界 Γ_{10}^1 上の任意の点における流れを示す。境界上の任意の点の流れ q^1 を節点での形状関数で表わし、積分すると次式を得る。

$$\alpha Q_L^1 + \alpha Q_L^2 = 0 \quad (4)$$

砂層に接しない内部境界では通常の適合条件式と流量保存則が成立する。

(3)(4) 式と (1) 式に代入すると透水性薄層を考慮した境界要素式を得る。

3. 数値計算例

約 2 m の盛土高に相当する 35280 N/m の台形荷重が載荷した軟弱地盤層の底より約 1/3 の深さに、9 m の透水性の薄層要素を設置する。Fig. 3, 4 は薄層要素がある場合とない場合の $y=2$ m における間隙水圧の時間的変化を示している。薄層要素が存在する場合はゆるやかに間隙水圧が減少するのに対し、薄層要素が存在する場合は初期の段階で水圧の平準化が起っている。Fig. 5, 6 は対称軸上の水圧の時間変化である。また Fig. 7, 8 は $y=7.5$ m における水圧分布を示している。両者とも薄層の影響を受けて間隙水圧の分布に大きな変化が起っている。

次に変位の時間変化を見てみよう。今回の計算では $t=0$ で瞬間的載荷を行なったため、非排水のせん断変形量が大きく、薄層要素の働きが顕著には表れない。そこで、薄層要素の働きを調べる目的で、瞬間沈下度を差し引いた沈下度を用いて表わした。Fig. 9 は㊶要素の沈下度の時間的変化を示す。薄層がある場合の方が沈下が速く進行している。

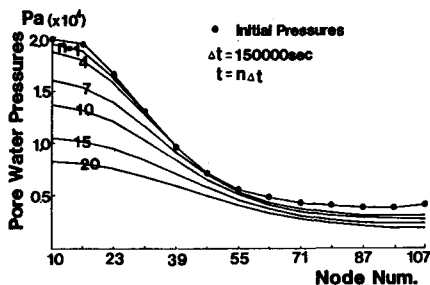


Fig. 3 間隙水圧分布(薄層無)

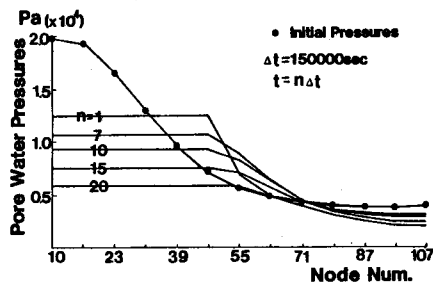


Fig. 4 間隙水圧分布(薄層有)

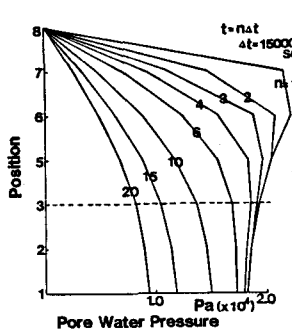


Fig. 5 間隙水圧(薄層無)

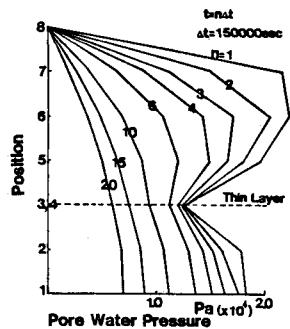


Fig. 6 間隙水圧(薄層有)

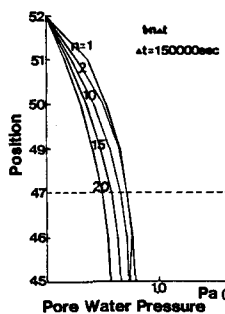


Fig. 7 間隙水圧(薄層無)

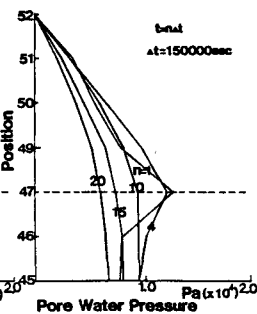


Fig. 8 間隙水圧(薄層有)

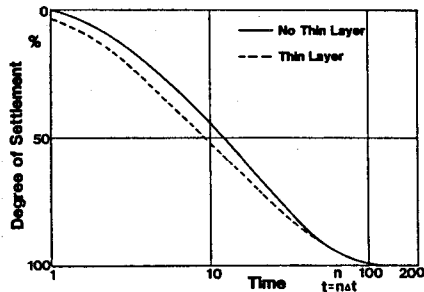


Fig. 9 ㊶要素沈下度