

大阪大学工学部 正員 松 升 保  
 大阪大学工学部 正員 阿 部 信 晴  
 日 建 設 計 正員 ○ 田 村 彰 教

## 1. まえがき

本報告は軟弱な飽和粘土地盤の多次元圧密解析を土の弾塑性モデルを用いておこない、多次元圧密変形時の地盤内の応力経路を明らかにすることを試みている。また、地盤の透水性が圧密収下にも与える影響について若干の計算結果を示している。

## 2. 圧密解析法

数値計算は有限要素法によりおこなっているが、ここで用いている有限要素法は、いわゆるHybrid法と呼ばれるものであり、連続条件式を差分近似により解いて要素の体積変化量を求め、これと変位の関係式をつり合い条件式と連立して解くことにより圧密解が求められる。連続条件式の差分近似に中心差分を用いているので、要素が満足すべき関係式は次式で与えられる。

$$\Delta F + L \cdot P_t = K \cdot \Delta U + L \cdot P_{t+1} + \frac{\Delta t \cdot V}{r_w} C \cdot P_t = L^T \cdot \Delta U + \frac{\Delta t \cdot V}{r_w} C \cdot P_{t+1} \quad (1)$$

(1)をすべての要素についてassembleすることにより、解くべき全体剛性マトリックスが求まる。

## 3. 粘土の数値解析モデル

本解析では圧密時応力経路を求めるために降伏関数として次式を用いている。

$$\left. \begin{aligned} f_a &= P' \left\{ \frac{M_a + (\alpha_a - 1) \eta}{M_a + (\alpha_a - 1) \eta_{k_0}} \right\}^{\left( \frac{\alpha_a}{\alpha_a - 1} \right)} = P'_y \\ f_p &= P' \left\{ \frac{M_p + (1 - \alpha_p) \eta_{k_0}}{M_p + (1 - \alpha_p) \eta} \right\}^{\left( \frac{\alpha_p}{1 - \alpha_p} \right)} = P'_y \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$f_a$ ,  $f_p$ は、それぞれ主側応力状態、受働応力状態に対して用いられる。また、 $\alpha_a$ ,  $\alpha_p$ は応力の関数である。(2)の解析への適用については文献(1)を参照されたい。

## 4. 数値計算例

解析対象地盤は幅100m、深さ10mの軟弱な正規圧密地盤とし、そこに載荷幅20mの帯状盛土( $r=1.75 \text{ t/m}^3$ )が0.2m/dayの速度で、盛土高さ1.0mまで施工される場合を想定している。解析対象地盤の1/2領域を5×11の要素分割とし、排水は地盤表面からのみとした。所要の要素及び節点番号をFig-1に、各層の初期間ゲキ比及び透水係数をTABLE-1に示す。

FIG-2はCASE-A, B, Cの載荷中心における地盤表面の応力曲線である。CASE-Aでは間ゲキ比に関係なく一定の透水係数が仮定されているが、

| 3 |    |    | 5  |    |    | 7  |    |  |
|---|----|----|----|----|----|----|----|--|
| 1 | 6  | 11 | 16 | 21 | 26 | 31 | 36 |  |
| 2 | 7  | 12 | 17 | 22 | 27 | 32 | 37 |  |
| 3 | 8  | 13 | 18 | 23 | 28 | 33 | 38 |  |
| 4 | 9  | 14 | 19 | 24 | 29 | 34 | 39 |  |
| 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |  |

FIG-1  
TABLE-1

| layer | void ratio | coefficient of permeability $K_v$ |                   |                   |
|-------|------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
|       |            | A ( $K_h=K_v$ )                   | B ( $K_h=K_v$ )   | C ( $K_h=10K_v$ ) |
| 1     | 2.2761     | 1.0 $\times 10^3$                 | 1.0 $\times 10^3$ | 1.0 $\times 10^3$ |
| 2     | 2.1855     | 1.0                               | 0.5               | 0.5               |
| 3     | 2.1070     | 1.0                               | 0.2743            | 0.2743            |
| 4     | 2.0375     | 1.0                               | 0.1612            | 0.1612            |
| 5     | 1.9751     | 1.0                               | 0.1               | 0.1 (m/day)       |

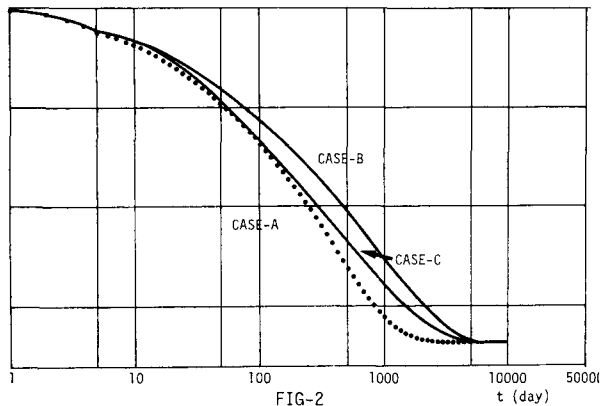


FIG-2

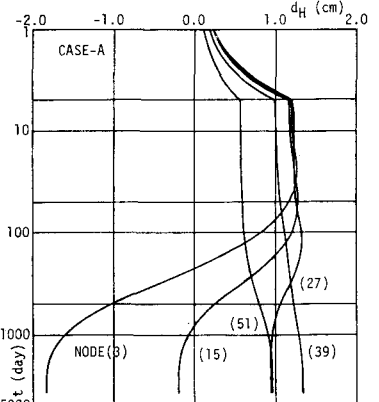


FIG-3

CASE-B, Cでは間ゲキ比の関数として各層の透水係数が決定されている。また、CASE-Cでは各層は $K_h=10K_v$ なる異方透水性を有している。当然のことながら圧密変形に与える透水性の影響は顕著なものであり、沈下曲線はそれを反映した結果となっている。FIG-3は載荷中心から4.8m離れた点の水平変位を示したものである。地盤上層部では載荷終了後も載荷域側方への変形を生じた後、載荷域中心への大きなもどりが認められる。これに対し、地盤下層部では側方への変形のみが生じており、かつ、深い層で変形の時間遅れがある。FIG-4は載荷域側方の地盤表面の鉛直変位を示したものであるが、明らかに載荷終了後の隆起傾向が認められる。

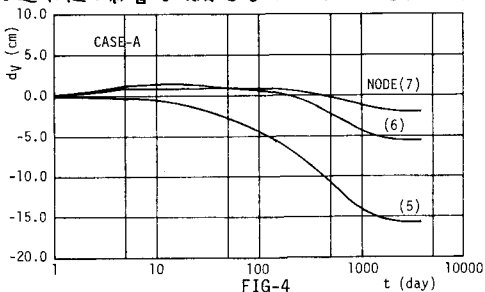
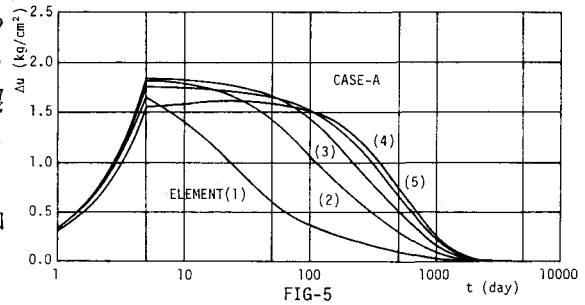
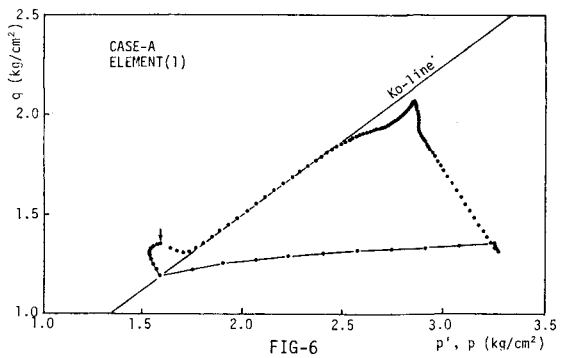


FIG-5は間ゲキ水压の経時変化を示したものであるが、圧密初期の間ゲキ水压消散速度は排水面から離れるに従って小さくなり、最下層では間ゲキ水压の上昇が認められる。FIG-6~9は圧密時の応力経路を示したものであり、図中の矢印は載荷終了時を示している。



要素(1)の有効応力経路は載荷時においても $p$ の増加方向へ動いているが、これは本解析では載荷時においても圧密が生じるものとして解析がおこなわれていることによるものである。また、圧密終期に受働応力状態に移行しているのは、FIG-3に示した地盤上層部のもどき現象に対応した応答である。要素(12)は載荷終了時、最も高い応力比を示した要素である。要素(24)は地盤内の主働応力領域と受働応力領域の境界に位置する要素であり、圧密初期の応力経路の動きはかなり複雑なものである。



受働応力状態にある地盤の圧密時応力経路として要素(28)の応力経路がFIG-9に示されている。

このように、載荷中心の地盤表面沈下曲線の単調な経時変化に較べて、載荷域端部及び側方の地盤内の応力と変形はかなり複雑な挙動をすることになる。

特に、圧密初期と終期においてこの傾向が顕著である。

参考文献

1. 松井・阿部田村(1979), 第14回土質土壌研究発表会
2. 松井・阿部田村(1979), 関西支部年次学術講演会

