

1. まえがき

サンドドレーン工法の効果に関しては、対象とする土質の性状、上部の構造物の条件等がそれぞれの場合によって異なるために統一された見解は得られていない。サンドドレーンによる圧密解析を行う際には、Barronの解を用いるのが一般的である。しかし、Barronの結果は熱伝導型の圧密方程式を解いたものであり、土の変形が考慮されていない。サンドドレーンによる圧密のような多次元圧密を解析するためには、Biotの圧密理論を用いなければならない。土を弾性体と仮定してBiotの圧密方程式を解いた結果によると、Barronの自由ひずみの解はBiotの圧密理論における等ひずみに対応することが明らかにされた。しかし実際の土は大きな非線型性を示し、線型弾性体とは異なる挙動を示す。さらに、これまでのサンドドレーンの解析では、沈下がほぼ一次的に生じる場合を対象としていることが多く、局部載荷を受けるような場合のサンドドレーンの圧密解析を行ったものは見られない。このような観点から、非線型多次元圧密解析によりサンドドレーンの圧密挙動の検討を行った。

2. 解析方法及び解析条件

ここで用いた方法は、Biotの圧密方程式を有限要素法により解くものである。土の応力-ひずみ関係としては、関口・太田のものを用いた。その場合の定数の値としては、 $\lambda = 0.1842$ 、 $\kappa = 0.0398$ 、 $M = 1.362$ 、 $K_0 = 0.5$ である。地盤は正規圧密状態とし、透水係数を間けき比の関数とすることにより、一次元圧密に対応する圧密係数 $C_v$ が一定となるようにしている。また、有限要素としては、8節点のアイソパラメトリック要素を用いている。

3. 解析結果

最初に、Barronの仮定した等ひずみ条件での解析を行った。この場合は、軸対称応力条件となる。ここでは、サンドパイルの直径と有効排水直径との比 $n = 5$ の場合について計算を行った。

図-1は、その結果得られた圧密度 $U$ と時間係数 $T_h$ の関係を示したものである。この場合、初期応力条件として鉛直方向に $30 \text{ tf/m}^2$ の値を仮定している。解析は増加応力を $3 \text{ tf/m}^2$ と $30 \text{ tf/m}^2$ の2種類について行っている。従って、増加応力と初期応力の比は0.1、1.0と大きな差がある場合について検討を行った訳である。しかし、図-1によれば、両者の結果には大きな差は見られず、しかも、Barronの解とも良く一致している。ただし、この場合のBarronの解は自由ひずみに対応するものであ

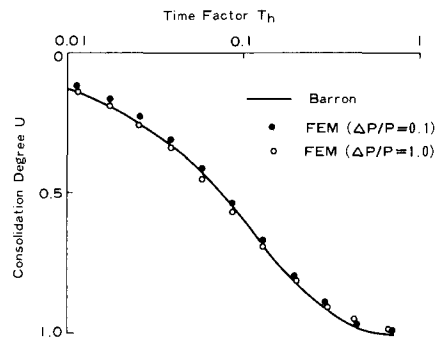


図-1

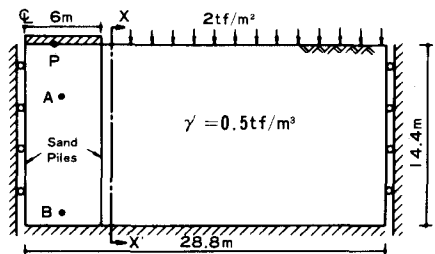


図-2

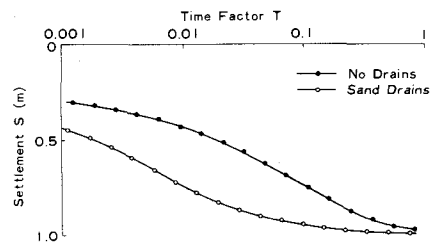


図-3

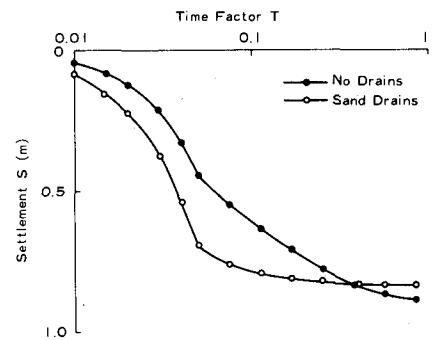


図-4

る。この結果は、沈下が一次的に生じるような場合に対しては圧密解析における非線型の影響は小さく、線型解析で十分に精度の高い値が得られることを示していると考えられる。

次に、図-2に示すような局部荷重を受けた場合のサンドドレインの効果について検討を行った。このような場合の解析を行うためには、三次元解析が必要となる。しかし、今回は計算容量、計算時間の節約のために、平面ひずみ条件に置換えている。サンドドレインの影響を調べるために、図-2の中心線上と荷重端部線上を排水条件とした解析を行い、その結果がサンドドレインを施工した場合に対応するとしている。初期応力としては、図-2に示したように、 $\gamma' = 0.5 \text{ tf/m}^3$ に対応した自重と、地表面に一樣に荷重された  $2 \text{ tf/m}^2$  の荷重の和が加っている。局部荷重重の値は  $3 \text{ tf/m}^2$  であり、幅  $6 \text{ m}$  の範囲に等分布に荷重している。排水条件は上面のみを排水面とした。

図-3は、沈下量  $S$  と時間係数  $T$  の関係をプロットしたものである。ただし、ここでの沈下量は、図-2のP点における値を用いている。図-3を見ると、サンドドレインに対応する場合の沈下の進行は、ドレイン工の無い場合に比較して速いことが分る。しかし、単純な排水長さの比較を行うと、ドレイン工のある場合の  $3 \text{ m}$  に対して、無処理の場合は  $14.4 \text{ m}$  となる。従って、圧密の速さは約  $2.3$  倍となるはずであるが、図-3によれば、ドレイン工による影響は  $10$  倍程度である。

図-3に示したのは、荷重を瞬間的に行ったと仮定した計算結果である。実際には、荷重が瞬間的に行われることは無く、荷重段階を漸増荷重とした方が実状に近い。図-4は、時間係数で  $T = 0.05$  まで荷重に要した場合の結果である。ここでは、荷重が  $T = 0$  から  $T = 0.05$  まで時間に比例して増加するとしている。図-3に示したような瞬間荷重の場合には、即時沈下と圧密沈下が明確に区別され、ドレイン工の効果が見られたのに対して、漸増荷重の場合には、図-4に示されるように、即時沈下と圧密沈下が同時に現われ、ドレイン工の有無による沈下量には大きな差が見られない。図-4のような結果が得られた原因としては、ドレイン工の有る場合には、圧密沈下が速く進行したのに対して、ドレイン工の無い場合には、側方流動による即時沈下量が大きく、結果として両者の沈下量に差が見られなかったのではないかと考えられる。

図-5は、そのために水平方向の変位の深度分布をドレイン工の有無に対して比較したものである。この図には、図-2に示した  $X-X'$  断面における荷重終了時点での水平変位をプロットしている。図-5より分るように、ドレイン工の無い場合には、表面付近での水平移動量が大きく、沈下の大きな部分が即時沈下のものが占めていることが予想される。この点を検討するために、図-2で示した、A点とB点における間げき水圧と時間係数の関係を示したものが図-6である。図-6を見ると、間げき水圧の消散の速さには、ドレイン工の有無による差が認められ、沈下の発生機構が異なっていることを示している。図-6に示されるような間げき水圧の相違は、ドレイン工の有無による地盤の強度の差に反映されることは明らかである。

参考文献

小林正樹：有限要素法による非線型多次元圧密解析，第14回土質工学研究発表会，1979。

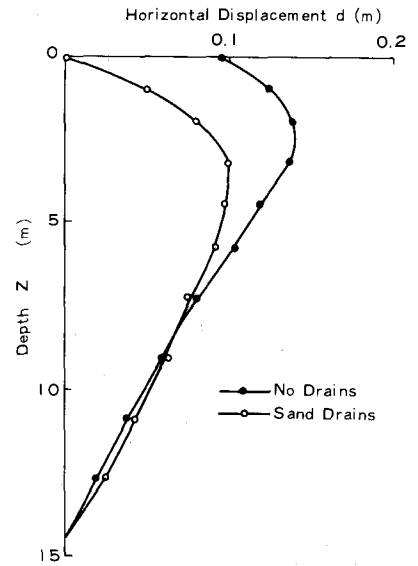


図-5

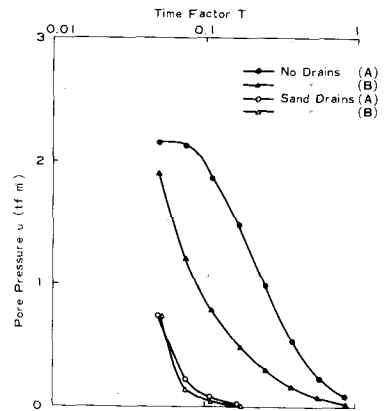


図-6