

名古屋大学 正会員 川本 用行
同 大学院 学生会員 〇島居 剛

1. まえがき

有限要素法による圧密解析は、解析解を得るのが困難である複雑な境界条件や材料特性を含む問題を考慮できる点で、実際の現象の解析に適した手法であるといえる。こうした解析には、Sandhu、横尾、Christian、Zienkiewiczらの研究がある。Sandhu、横尾は、Biotの弾性体圧密理論に基づき、汎関数の一次変分を求めて有限要素離散化を行なっている。また、Christianは、非圧縮性材料に対し有効応力の概念を適用することで得られる剛性方程式（間げき水圧との連成項を含む）と、体積変形量を求める透水に関する式とを、間げき水圧値が収束するまで相互に反復計算を行ない解析している。一方Zienkiewiczは、圧密現象を二相性材料（土粒子骨格を固相、間げき流体を液相）の連成挙動としてとらえ、固相の挙動に対しては、非線形材料に関する構成関係およびクリープひずみを考慮し、液相の挙動に対しては、流れの連続条件に (1) 全ひずみの変化 (2) 流体の体積変化 (3) 間げき水圧の変化による土粒子体積の変化 (4) 有効応力の変化による土粒子体積の変化を考慮して、つりあいの方程式と流れの連続方程式とを導き、ガウーキン法を用いて有限要素離散化を行なっている。

本報告は、汎関数を必要としないこと、非線形圧密解析が可能であること、変位と間げき水圧を同時に求めることが可能であること、などの点を考慮しZienkiewiczの解析手法を用いて、異方透水性および荷重速度の圧密沈下に対する影響について若干の解析を行なったものである。

2. 二相性材料の有限要素定式化

二相性材料の有限要素定式化については、すでに報告している⁹⁾ので、ここでは最終式を示す。固相および液相についての支配方程式を離散化して連成させると次式を得る。

$$\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -H \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta \\ \pi \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} K & C \\ C^T & -E \end{Bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{Bmatrix} \delta \\ \pi \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} -d\{F\}/dt - \{F^{vp}\} \\ -\{R\} \end{Bmatrix} = 0 \quad (1)$$

ここで、 $[K]$ 、土粒子骨格の剛性マトリックス $[C]$ 、間げき水圧と節点力の関係を与えるマトリックス $[H]$ 、透水係数マトリックス $[E]$ 、間げき水圧と土粒子の体積変化を考慮するマトリックス $\{\delta \ \pi\}^T$ 、節点の変位および間げき水圧ベクトル

非定常方程式(1)を解くにあたっては、(1)式を差分表示して、タイムステップごとの解を求める。解析に用いた要素形状は、固相については、8節点アイソパラメトリック要素、液相については、8節点要素の4すみを要素節点とする4節点アイソパラメトリック要素とした。両相で要素形状の次数が異なるのは、間げき水圧とひずみが同一次数であることが必要なのである。

3. 解析結果と考察

解析領域は、水平方向(X軸)120m、鉛直方向(Y軸)30m、の長方形領域とした。骨格の弾性定数は、 $E=50\text{kg/cm}^2$ 、 $\nu=0.33$ 、間げき率 $m=0.5$ とした。境界条件は図3に示す通りであり、右

境界上は、X、Y両方向固定透水境界である。今解析では、線形弾性骨格を仮定し、クリープ変形は考えない。図1は、瞬時載荷($P_0=10\text{ t/m}$)をかける地盤の載荷後80日目におけるB面上(図3参照)での間げき水圧分布を示し、図2は、同じく瞬時載荷後のA点(図3参照)の沈下曲線を示したものである。図3、4は、A点の沈下量が同一となった時点での間げき水圧分布を示したものである。

図1~4より K_x の違いが沈下速度および間げき水圧の分布に大きく関与することがわかる。間げき水圧分布の変化は有効応力の変化でもあるので、地盤の安定性の問題にもつながり興味深い。図5、6は等方透水性地盤に異なった荷重速度の外力が作用する場合のA点の沈下曲線を示したものである。図中の点線は瞬時載荷の沈下曲線を示す。載荷完了後の残留沈下量に着目すると、今回解析に用いた程度の剛性値を有する地盤では、 10^{-6} cm/sec 以下の透水係数の場合、荷重速度を非常に遅くしないかぎり大きな残留沈下を残すことになる。

4. おわりに

本報告では、土粒子骨格の剛性の影響については全く考慮しなかったが、骨格の剛性は間げき水圧分布や沈下に影響を与えるので、今後、剛性の影響についての解析を行なうつもりであり、有効応力についての検討も行ないたいと考えている。

参考文献 ①川本、片山 “飽和地盤に対する有限要素解析について” 第12回土質工学会研究発表会

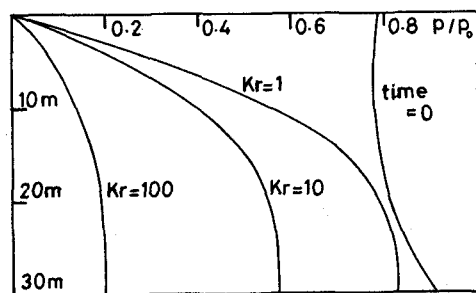


図1 間げき水圧分布(載荷後80日)

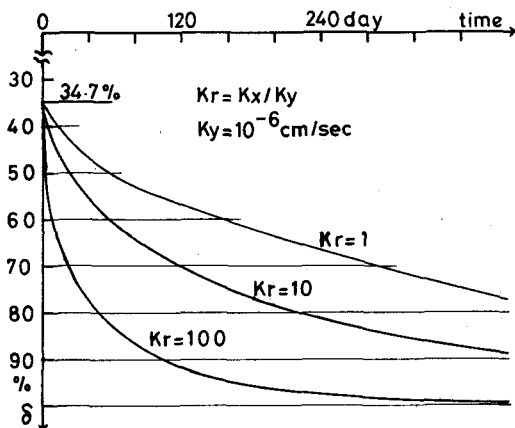


図2 圧密沈下曲線(最大沈下量44cm)

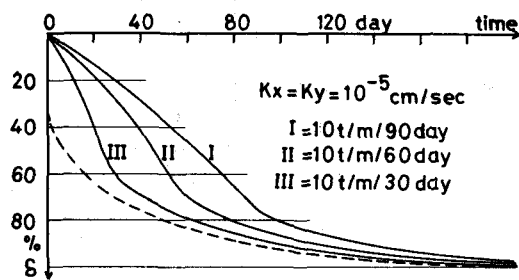


図5 圧密沈下曲線(漸増荷重載荷)

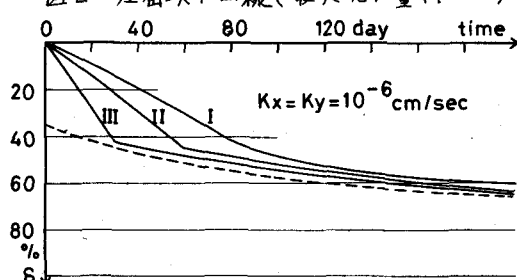


図6 圧密沈下曲線(漸増荷重載荷)

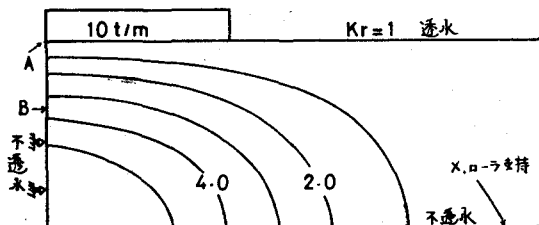


図3 30cm 沈下時(250日)の間げき水圧分布

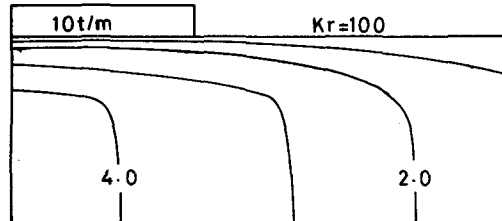


図4 30cm 沈下時(20日)の間げき水圧分布