

Ⅲ-A265 部分排水せん断試験より得られた粘性土の透水性変化モデルの特徴

鹿児島大学工学部 正 三隅浩二
同 上 学 田中嘉一

1. はじめに 本報告書の前半では、繰返して再圧密された藤の森粘土の部分排水三軸せん断試験¹⁾から得られた透水性変化モデルを示した。今回は、正規圧密領域で得られたモデルについてのみ示した。本報告書の後半では、そのモデルを用いて実施した正規圧密粘土地盤の多次元圧密変形の一解析例を示した。透水係数 k が一定の場合、 $e \sim \log k$ 直線式によって変化する場合の解析例と比較しながら、提案する透水性変化モデルの解析結果の特徴について考察した。

2. 正規圧密領域で得られた透水性変化特性のモデル化

部分排水三軸せん断試験¹⁾から得られた透水性変化モデル³⁾を式(1)～式(3)に示す。

$$k = k' + G_p(u - u_0) \dots (1) \quad k' = k_0 \cdot \exp\{(e - e_0)/C_p \ln 10\} \dots (2) \quad G_p = (2\theta/\pi)A_p + (1 - 2\theta/\pi)B_p \dots (3)$$

式(1)の右辺第一項の k' は、間隙比 e に依存して決まる既存の透水性変化則であり、式(2)で表される。

式(2)は $e \sim \log k$ 関係の直線性を仮定して得られる。ここに、 $k_0 = 2.97 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$ は $e_0 = 1.16$ に対応する透水係数の初期値、 $C_p = 0.521$ は透水性変化指数である。式(1)の右辺第二項の u は過剰間隙水圧、 G_p は式

(3)で示される透水性変化パラメータである。すなわち、 G_p は図1に示す全応力径路の方向 $\theta = \tan^{-1}(q^*/(p - p_0))$ によって変化する。ここに、 p は平均主応力、 q^* は一般化された偏差応力 $q^* = \{1.5(\eta_{ik} - \eta_{ik_0})(\eta_{ik} - \eta_{ik_0})\}^{0.5}$ である。例えば、等方圧密時($\theta = 0 \text{ rad}$)に $G_p = B_p = 4.68 \times 10^{-8} \text{ cm}^3/\text{kgf/sec}$ 、平均主応力一定部分排水せん断時($\theta = \pi/2 \text{ rad}$)に $G_p = A_p = -56.3 \times 10^{-8} \text{ cm}^3/\text{kgf/sec}$ が得られている。それ以外の全応力状態(すなわち一般的な θ)に対する G_p は、図2に示すように、 $(G_p, \theta) = (B_p, 0)$ と $(G_p, \theta) = (A_p, \pi/2)$ を通る直線を利用して決定した。

式(1)の $u_0 = 0.0143 \text{ kgf/cm}^2$ は k への u の影響が生じはじめる最小の u の値とした。すなわち、 $G_p(u - u_0)$ が機能するのは $u_0 \leq u$ の時とし、 $0 < u < u_0$ では $G_p = 0$ として、 k' のみを動員させることとした(条件1)。また、 $G_p < 0$ の要素に関しては、粘土要素への荷重載荷が終わった全応力荷重が一定に保たれたその瞬間に、 $G_p = 0$ として、荷重放置時はずっと k' のみを機能させるものとした(条件2)。すなわち、漸増載荷によって小さくなっていった k はこの時急激に大きくなってもとの透水性を回復する。以上の条件1, 2を追加すれば、式(1)～式(3)は結局、部分排水三軸せん断試験の結果¹⁾が示すような劇的な k の増減挙動を大雑把に再現することができる透水性変化モデルとなる(注意：文献3では条件2が欠けていた)。

3. 正規圧密粘土地盤の変形の一解析例 図3は、理想化された粘土地盤の解析条件を示す。軸対象条件の解析であり、プログラムには、DACARSAR²⁾を用いた。地盤の初期状態は $p_0 = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ に等方圧密された均質な正規圧密粘土地盤とした。降伏曲線ならびに弾塑性パラメータは文献1と同じである。

さて、図4は荷重強度 Q/A のタイムスケジュールと地表面中央の沈下 ρ の経時変化を示している。点線は透水係数が k_0 で一定の場合、波線が式(2)の k' のみに従う場合、実線が式(1)～式(3)と条件1, 2を考慮した透水性変化モデルを採用した場合の解析結果である。この図より、提案するモデルを用いた場合、漸増載荷中の沈下は他のモデルの沈下に比べ発生が少ないが、荷重放置時になってドラマチックに沈下が促進し、最終的に他のモデルの最終沈下量を追いついてしまっている結果が見て取れる。提案するモデルを用いた場合、漸増載荷中、地盤内にはせん断を被っている k の小さい領域と載荷面から遠い k の大きな領域が存在し、 k に関しては極めて不均質な状態であると思われる。一方、荷重が一定になってからは、 k の小さい領域は消失するが、漸増載荷の履歴が複雑に絡んで k はやはり不均質であり、最終的に他のモデルに勝る圧密の促進が生じてしまったものと思われる。図5は地表面における側方流動 δ の変化を、図6は要素25の過剰間隙水圧 u の変化を示している。提案するモデルを用いた場合の解析結果は、圧密完了までに時間がかかる、漸増載荷中は常に正の側方流動が生じているなど、他のモデルの結果と比べてかなり異なった特徴が現れていることがわかる。

4. おわりに 実験結果が少なく計算例も今のところ数例だけなので、提案するモデルの有効性についてまだ結論を出せる段階ではないが、とりあえず提案する透水性変化モデルの特徴を既存のモデルの数値解析結果と比較することで明らかにすることができた。今後、部分排水せん断時の k 値の減少に透水のマイグレーションが関わっていないか?、透水性がよくなることにより2次圧密を説明できないか?、など検討しながらモデルの完成を目指していく予定である。この研究はウエスコ土木技術振興基金の助成を受けました。記して、謝意を表します。

参考文献 1) 深田宏, 三隅浩二, 前田吾朗: 等方圧密, 部分排水せん断を被る三軸供試体の透水係数変化の考察, 土木学会第52回年次学術講演会講演概要集, 第3部(A), pp. 330-331, 1997. 2) 太田秀樹, 飯塚敦: DACARSAR使用マニュアル, 1983. 3) 田中嘉一, 三隅浩二: 透水性変化特性を反映させた多次元圧密変形の数値シミュレーション, 平成9年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 其の1, pp. 448-449, 1998.

Keywords: Consolidation, Permeability, Partially Drained Test, Finite Element Method, Settlement
〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-40 鹿児島大学工学部海洋土木工学科 TEL, FAX 099-285-8474

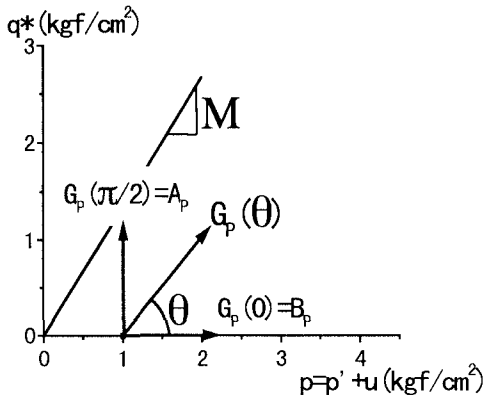


図1 全応力状態と A_p , B_p , G_p の関係

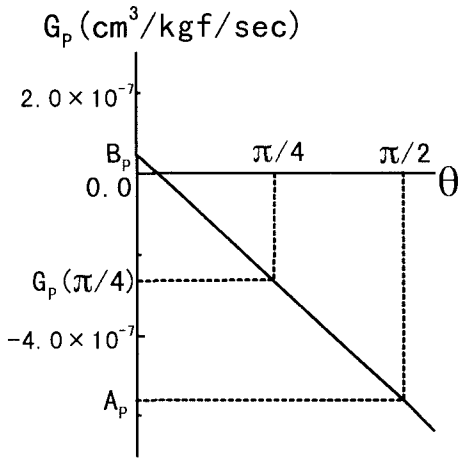


図2 透水性変化パラメータ G_p の変化

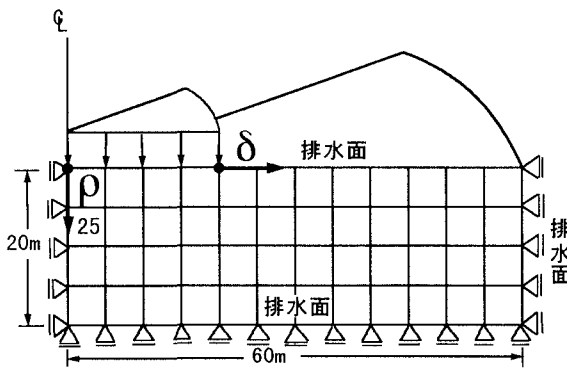


図3 正規圧密粘土地盤の解析条件

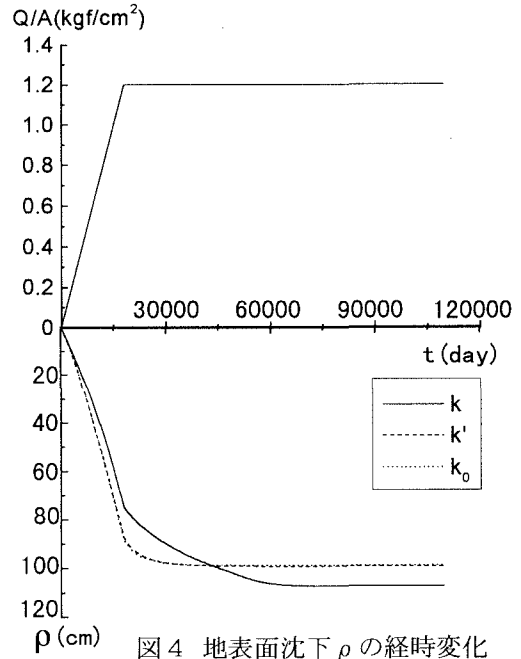


図4 地表面沈下 ρ の経時変化

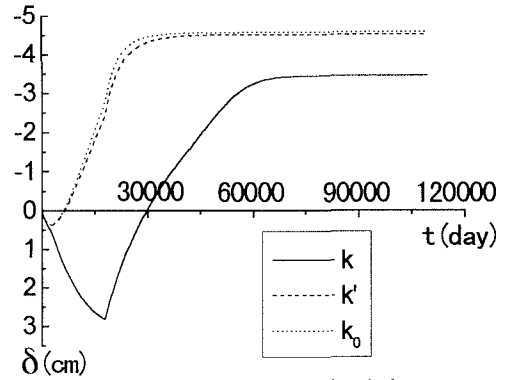


図5 側方流動 δ の経時変化

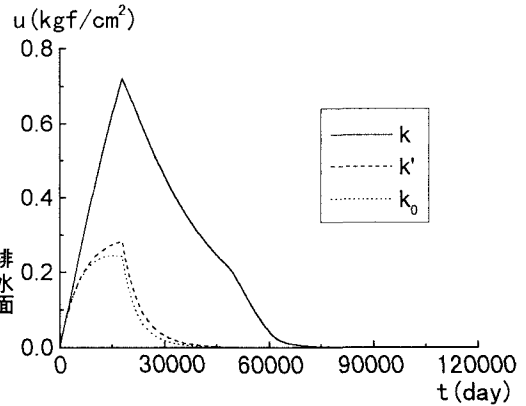


図6 要素25の過剰間隙水圧 u の経時変化