

Ⅲ - A 165

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

長崎県庁 正 深田 宏
 鹿児島大学工学部 正 三隅浩二
 鹿児島大学大学院 前田吾朗

1. はじめに 多段階载荷による部分排水三軸試験結果より, 粘土が次第に強くなっていく等方圧密過程から, 粘土が次第に壊れていく部分排水せん断過程にかけての透水係数変化を連続的に測定することができたので報告する. 先の報告¹⁾では, 上下端排水であることから無理矢理1次元圧密を仮定して透水係数を決定したが, 今回は, 有限要素プログラムの利用により三軸試験の多次元性を考慮した解析結果を得ている.

2. 多次元圧密プログラムを利用した透水係数変化の逆解析

図1は部分排水試験の応力経路とタイムスケジュールを示している. $p = 0.2 \text{ kgf/cm}^2$ に等方圧縮された状態を初期状態と考え, 4段階の等方圧密とそれに続く13段階の平均主応力一定部分排水せん断を行った. タイムスケジュール中の黒丸は各载荷段階の観測の最終時点(24時間後)を表しており, 時系列に従ってaからpまでの記号を付している. なお, 部分排水せん断13段階目の荷重漸増载荷中に三軸供試体が破壊している.

部分排水三軸試験結果の解析は, 標準圧密試験と同様に, 圧密完了時点で得られる全段階データ(応力ひずみ曲線)の解析と, 圧密挙動中の各段階データの解析からなる. 前者の解析²⁾より, 以下の弾塑性パラメータ $M=1.332$, $D=0.02806$, $\Lambda=0.6369$, $\nu' = 0.3764$, $a=0.01643$, $b=1.021$, $c=0.2043$ が得られている. 以上の結果を使って, 限界状態線, 初期降伏曲線ならびにせん断開始時, 限界状態時の降伏曲線を図1中に記している. さて, 後者の透水係数の解析³⁾は, すでに降伏曲線と弾塑性パラメータが既知なので, 圧密挙動時のデータ(体積変化 ΔV)にBiotの多次元圧密有限要素解析結果を一致させて行う. すなわち, 三軸供試体内の透水係数分布は問題にせず, 三軸供試体の透水係数の代表値の変化を求めている. プログラムにはDACSAR³⁾を用いた. 上下端排水なので三軸供試体(高さ12.5cm, 直径5.0cm)の縦断面4分の1を45個の四角形要素に分割して計算した. キャップによる三軸供試体の端面拘束の影響は, 弾塑性パラメータの決定では無視しているので, 有限要素解析でもこの影響を考えないキャップなしの計算を行っている. 等方圧密時には, 各段階の0~30分, ~120分, ~300分, ~1440分の4区間で代表的な透水係数を決定している(荷重増大時間は2~5分と短いので注意). せん断過程では, 各段階の0~300分, ~480分, ~870分, ~1440分の4区間で行っている(はじめの2区間が漸増増大). なお, 部分排水試験のデータは30分ごとに得ており, 有限要素解析の時間ステップもそれに従っている.

3. 透水係数変化のメカニズムの考察 図2は三軸供試体の体積変化と透水係数変化の関係を示している. 図中の黒丸とアルファベットは図1のタイムスケジュールのそれらに対応している. この図では透水係数決定区間の最終時点(白丸, 黒丸)を便宜的に直線で結んで表している. 点aまでは図1からわかるように初期降伏曲線の内側にあって過圧密状態にあるが, 最初の等方圧密により透水係数がかなり減少している. 次の段階の等方圧密では, 三軸供試体は急激に弾塑性域に突入し透水係数をいったんもとのレベルに回復させるが, また再び減少傾向を示して点bに到達している. 圧密の第3, 4段階には荷重増大期間中に透水係数の増減を繰り返している. ここで点b, 点c, 点dを走る1本の直線が認められるが($e \sim \log k$ 直線性), これを基準線にすれば, 正規圧密状態では等方圧密時に基準線の値以上の大きな透水係数を呈していることがわかる.

点d以降のせん断過程では, 透水係数はすべて基準線の値よりも小さい. 各段階の漸増増大過程において透水係数は急激に減少し荷重増大過程では逆に透水係数が急激に増大している. 漸増増大過程における透水係数の減少傾向は限界状態に近づくにつれて顕著になっている. また, 黒丸の点e~点oの透水係数がほぼ等しい値を示している興味深い(平均主応力一定条件だから?). 最も左に位置する白丸(せん断12段階480分経過時点)において有限要素にはじめて限界状態が現れている. 点p以降の結果が記されていないのは有限要素解析がこれ以上まともに行われなかったからである.

3. おわりに 解析方法に改良の余地がたくさんありそうである. したがって今回の解析結果が定量的にどれほど意味のあるものか疑問であるが, 透水係数変化のメカニズムのおおざっぱな傾向だけでも把握できたと思っている. 今後, 応力経路やタイムスケジュールを変えた実験を行って詳細を明らかにしたい. また, 透水係数の異方性や不均質性にも興味があるので検討していくつもりである. 最後に, 本研究は, 平成7年度文部省科学研究費(奨励研究A07750588)の補助を受けました. 記して謝意を表します.

参考文献 1) 三隅浩二, 前田修作ほか: 異方圧密粘土の部分排水試験結果の考察, 第31回地盤工学研究発表会平成8年度発表講演概要集2分冊の1, pp. 613-614, 1996. 2) 三隅浩二: 正規圧密粘土の降伏曲線および弾塑性パラメータの決定, 土木学会論文集, No. 454/Ⅲ-20, pp. 93-101, 1992. 9. 3) 竹ノ内政宣, 三隅浩二: 多次元圧密プログラムを利用した透水係数変化の逆解析, 平成7年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp. 698-699, 1996. 4) H. Ohta, A. Izuka: Manual of DACSAR F.E.M. Program, Kanazawa University, 1986

Cohesive Soil, Triaxial Test, Consolidation, Permeability, Finite Element Method

〒890 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

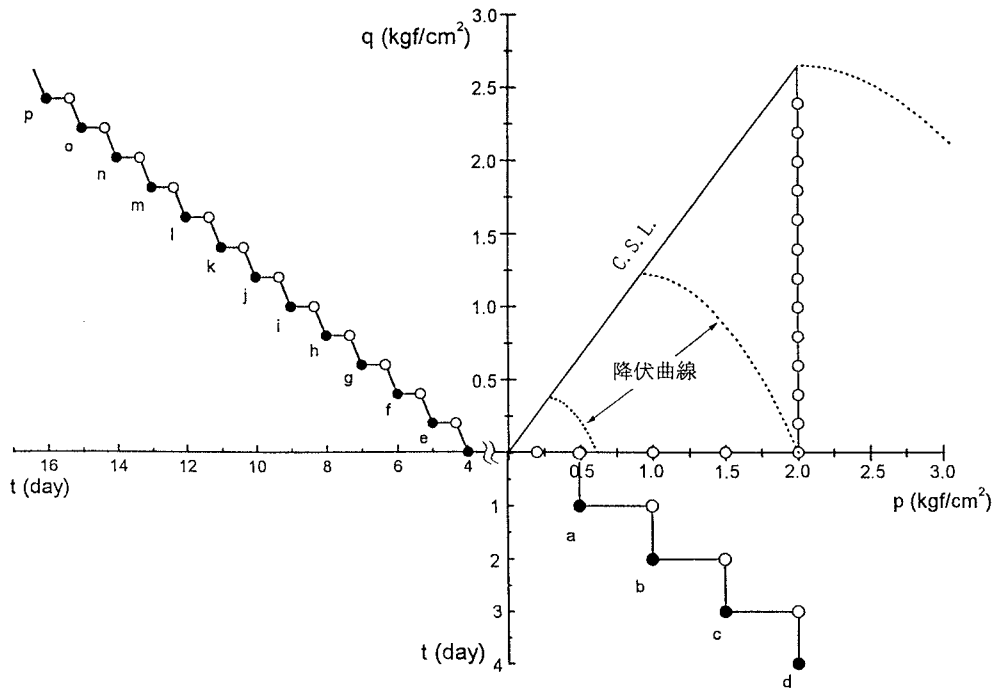


図1 部分排水試験の応力経路とタイムスケジュール

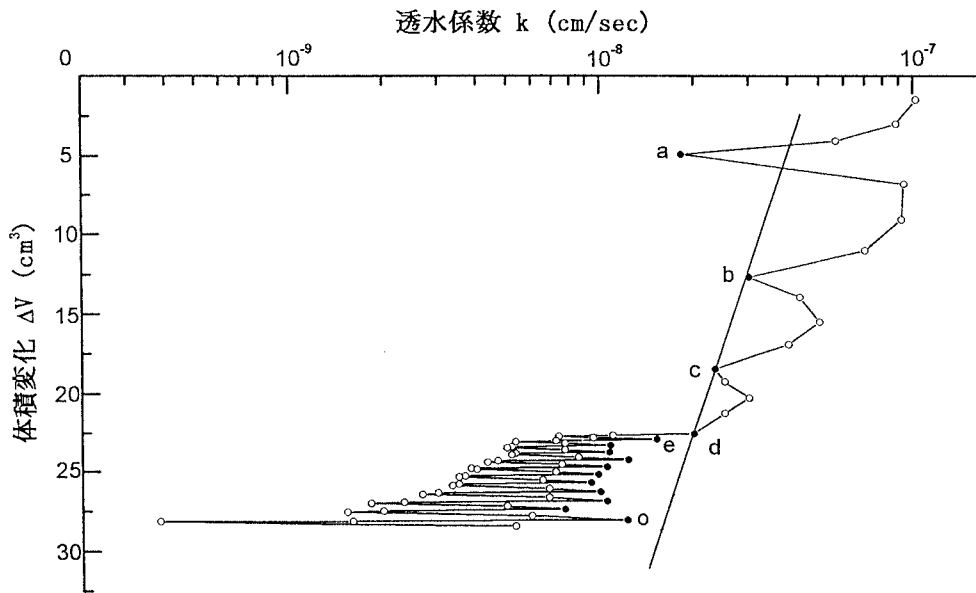


図2 三軸供試体の体積変化と透水係数変化の関係