

バーチカルドレーン圧密試験システムの開発

広島大学 正会員 森脇 武夫
 広島大学 学生会員 ○宗近 龍仁

1. はじめに

現在用いられているバーチカルドレーン工法に対する設計法では地盤を弾性として扱っているため、残留沈下の原因となる二次圧密挙動を予測することができない。これは設計で用いられている Barron の理論が、二次圧密のような実際の粘土が持つ粘性の挙動を考慮に入れていないことによるものである。これに対して吉國¹⁾は二次圧密や有効応力緩和現象を考慮した一次元弾粘性圧密理論を導いており、森脇ら²⁾はこれを三次元に拡張し軸対称条件下での弾粘性圧密方程式を導き、それを中空円柱の圧密へ適用した。本研究ではこの三次元弾粘性圧密方程式の適用性を確かめるために、バーチカルドレーンを用いた圧密試験が可能な装置の開発を行う。また、この装置では粘土供試体内部に磁石を埋め込み、その磁界の強さの変化を測定することにより内部変位挙動の調査を行う。

2. 試験機の説明

新たに製作した一次元及び三次元圧密が可能な排水機能を持ち、バーチカルドレーンによる圧密挙動を調べることのできる三次元圧密試験機（図-1）についての概要及び特徴を述べる。1）圧密圧力は、セル内水に加圧する空気圧で制御する。2）圧密中の供試体間隙水圧とセル圧は、Oリングと加圧板とガイドリングにはめ込んだ Y パッキンにより、完全遮断されている。3）圧密中の供試体からの給排水を上下面からの鉛直方向の排水と、圧密リング側面および中央コア部を介して水平方向の排水が可能である。4）底盤面はリング状に 3 つのブロックに分け、それぞれ給排水および水圧測定が可能である。5）供試体の軸方向変位は、上盤で固定した非接触渦電流式ギャップセンサーで測定できる。6）供試体内に埋めた磁石（3mm、立方体）の変位を、底盤部 2 ヶ所、中心コア部 1 ヶ所、圧密リング 1 ヶ所に埋め込んだ磁気ホール素子により、電圧変化値として検出できる。

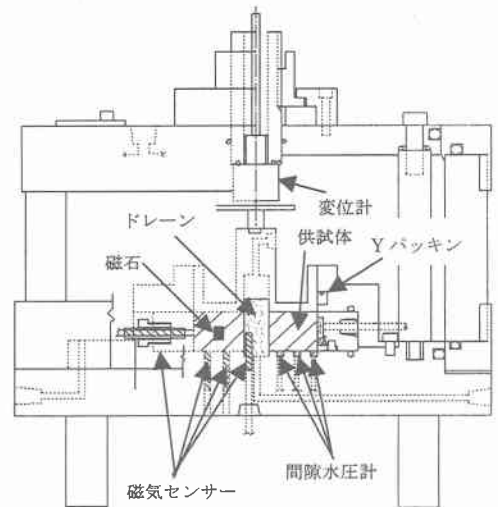


図1 三次元圧密試験機の構成

3. 実験概要

＜試料＞ 試料は沖積粘性土である舞鶴粘土をスラリー状（液性限界の 2 倍程度の含水比状態）で練り返し、それを圧密圧力 49kPa で一次的に予圧密したものを用いる。

＜標準圧密試験機との比較実験＞ まずこの圧密試験機の信頼性を確かめるために一次元圧密試験を行い、標準圧密試験機による結果との比較を行った。このとき標準圧密試験機と圧密状態を同じくするために、排水面は上面のみとした一次元圧密を行った。

＜磁石変位のキャリブレーション試験＞ 供試体内に磁石を埋め込み、標準圧密試験と同じ一次元圧密を行い、磁気センサー値の変動を読み取り、磁石の位置と磁気センサー値の関係を求めた。

＜ドレーンを用いた圧密試験＞ 供試体中心部にドレーンを設置し、水平放射流れによる圧密実験を行った。このときの排水面は、78.4kPa までの予圧密においては底面のみの鉛直一次元とし、ドレーンによる圧密においては供試体中心部のドレーンのみの水平放射流れとした。

4. 実験結果及び考察

<標準圧密試験機との比較実験> 図2に圧力 313.6kPa ($\angle P=156.8\text{kPa}$) における間隙水圧～時間関係の実験結果を示す。標準圧密試験機では試験機の機構上、完全非排水状態にできないために間隙水圧は载荷中に生じる排水のために消散し、所定圧力まで上昇させることはできない。しかし、三次元圧密試験機では完全に非排水状態にできるので、間隙水圧は所定圧力まで上昇させることが可能になっている。また、三次元圧密試験機において、底面三箇所での間隙水圧がほぼ同一挙動をしていることから、間隙水圧の水平方向分布はなく、一次元的であることが分かる。

<バーチカルドレーンを用いた三次元圧密試験> 図3に圧密圧力 313.6kPa ($\angle P=156.8\text{kPa}$) における沈下量～時間関係の実験結果および Barron の理論値を示す。Barron の理論値を、圧密度 50%で試験値と等しくなるように C_v を設定すると、間隙水圧～時間関係では $Ch=1.873C_v$ となり、沈下量～時間関係では $Ch=1.418C_v$ となった。このことから、バーチカルドレーンによる圧密においても応力の圧密度とひずみの圧密度は一致せず、Barron の理論では間隙水圧の消散挙動（あるいは有効応力の増加挙動）と、ひずみ挙動を同時に説明できる一つの Ch を決定することはできないことが分かる。

<磁石を用いた供試体内部変位挙動の調査> 図4に三次元圧密における沈下量と供試体内部（側面から 10mm の位置）の水平移動距離（内向きを正）の比較図を示す。図から、三次元圧密によって最大 0.1mm のオーダーで供試体中央側に磁石が水平方向にも移動し、圧密終盤で戻ることが確認できる。このことから、バーチカルドレーンによる三次元圧密では供試体内部の粘土粒子は沈下するだけでなく、いったん中央側に移動したのち、圧密終盤で戻ることが分かった。

5. 結論

1) 新しく製作した圧密試験機で一次元圧密を行った場合、間隙水圧及び沈下量について安定した測定値を得ることができ、また底面三箇所での間隙水圧の測定値から、水平方向に間隙水圧の分布はなく一次元圧密ができることが確認できた。

2) バーチカルドレーンによる圧密試験において、試験値と弾性圧密理論である Barron の理論値を比較した結果、主に二次圧密領域において両者の差が大きくなることが確認でき、バーチカルドレーンによる三次元圧密において Barron の理論では厳密な長期沈下を予測することはできないことが確認できた。このことから、実挙動を忠実に表現した理論値を得るために粘性を考慮した弾粘性三次元圧密理論による解析方法を確立する必要性が確かめられた。

3) バーチカルドレーンによる三次元圧密では、供試体内部では沈下するだけでなくいったんドレーン側に変位し、圧密終盤で戻ることが分かった。しかし、本実験での測定値の計測精度は十分確かめられていないので、更なる実験が必要と言える。

6. 参考文献

- 1) 吉國 洋：軟弱粘土の圧密曲線と圧縮曲線に対する一つの解釈(I), 第 25 回土質工学研究発表会講演概要集 2 冊分の 1, pp.191-194, 1990.
- 2) 森脇武夫・加納誠二・吉國 洋：弾粘性圧密理論の三次元化とバーチカルドレーンによる圧密への適用(その 1), 第 33 回地盤工学研究発表会 2 冊分 1, pp.483-484, 1998.

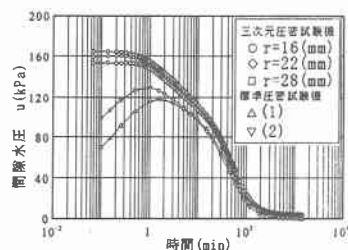


図2 $u - \log t$ 関係

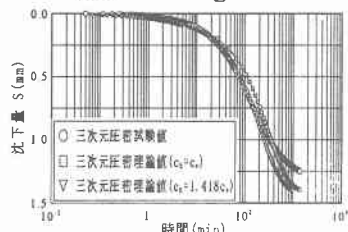


図3 $S - \log t$ 関係

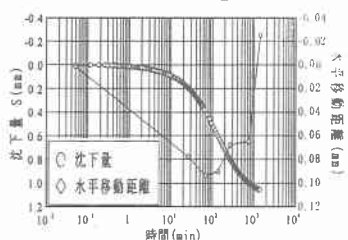


図4 沈下量～時間関係及び水平移動距離～時間関係