

III-B 297

スミア領域を考慮したバーチカルドレーンによる圧密の数値解析

横浜国立大学大学院 学生員 ○池 戸 茂

横浜国立大学工学部 正会員 プラダグン テージ

1. はじめに

バーチカルドレーン工法、特に板状ドレーン(PD)では、ドレーン打設時に、粘性土地盤に生じる乱れ（変形）が、粘性土の圧密特性に影響を与え、この工法における圧密沈下予測を困難なものとしている。粘性土の乱れは、透水係数等の低下の原因となるためである。しかし、現在までのこの工法における圧密沈下予測では、この問題は適切に考慮されていない。したがって、ドレーン打設時に周辺粘性土に生じる乱れの程度、および乱れによる粘性土の透水係数の低下の程度の把握が、この工法における適切な圧密沈下予測に必要となっている。そこで本研究では、水平方向に変形を与えた粘性土の圧密試験、ドレーン打設による粘性土の変形分布把握のための含水比分布試験、およびそれらの結果を考慮した数値解析を行い、バーチカルドレーン工法におけるより適切な沈下予測法を考察した。

2. 試料および供試体の作製方法

今回の実験に用いた粘性土試料の物理特性を Table-1. に示す。圧密試験は、この試料を、初期含水比 1500% に調整し、土槽内で脱気・沈降堆積させた後、49kPa で予圧密を行ったものを用い、含水比分布試験は、初期含水比 240% に調整し、19.6kPa で予圧密を行ったものを用いた。

3. 各試験方法

平面ひずみ試験機による圧密試験¹⁾：試験方法の概略図を Fig.1 に示す。図中の a 面を固定された拘束板で、b 面をクランプで固定したトップキャップとペダスタルで拘束し、c 面をセル水圧によって載荷することにより、 K_0 圧密状態を形成した。これは、バーチカルドレーン工法における粘性土の堆積面に対する鉛直圧縮・水平排水の圧密状態を再現している。圧密応力 39.2kPa で 24 時間の K_0 圧密をおこなった後に、非排水状態で、セル圧一定・鉛直方向除荷により、供試体に伸長変形を与えた。この変形は、ドレーン打設時にドレーン近傍の粘性土に生じる変形（乱れ）と考えられる。この変形を与えた後、圧密応力 78.4～313.6kPa まで段階载荷の K_0 圧密試験を行った。各段階の圧密時間は、24 時間とし、圧密沈下量は、排水量より算定した。

土槽を用いた含水比試験：試験方法の概略図を Fig.2 に示す。圧密応力 19.6kPa で予圧密を行った供試体中心部に、円筒形のうす肉パイプを打ち込み・引き抜いて空洞を作る。その後、再び鉛直応力 49kPa で再圧縮を行い、空洞が埋まるまで圧縮した（約 2 時間）後、中心から半径方向の含水比分布を測定する。初期間隙比と再圧縮後の間隙比との差を体積ひずみとし、Eq.1 より各点の半径方向のひずみを求めた。

Table-1. 試料の物理特性

土粒子密度	2.556 g/cm ³
液性限界 w_L	120 %
塑性限界 w_P	50 %
塑性指数 I_P	70

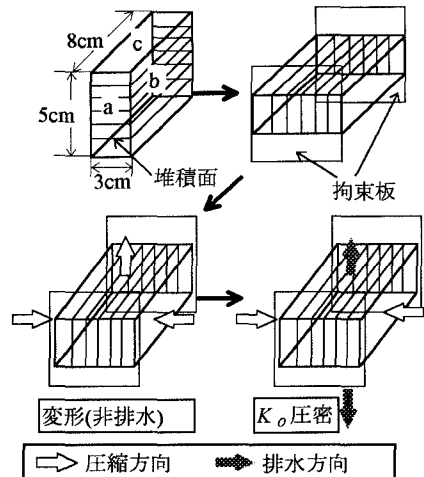


Fig.1 実験方法(平面ひずみ試験)

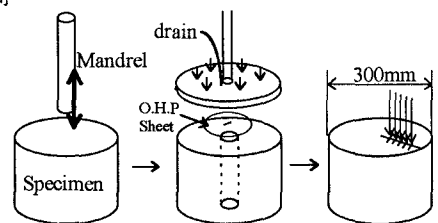


Fig.2 試験方法 (含水比分布試験)

$\varepsilon_r = v - \varepsilon_v - \varepsilon_a \quad \dots \text{Eq.1}$ (ε_r : 半径方向ひずみ, v : 体積ひずみ, ε_v : 鉛直ひずみ, ε_a : 接線方向ひずみ(≈ 0 と仮定した))

4. 各試験結果

(1) 平面ひずみ試験結果

Fig.3 に、与えたひずみ量と圧密係数の関係を示す。縦軸は、標準圧密試験より得られた圧密係数(c_w)との比をとった。変形を与えない($\varepsilon_h=0$)場合、 c_{hv} は c_w の約6倍となった。変形を与えた影響に関しては、変形を与えた直後の圧密 $\sigma_v=78.4\text{kPa}$ においてその影響が現われ、伸びひずみ $\varepsilon_h=0.5\sim 1.0\%$ を境に、 c_{hv} は大きく低下した。

(2) 土槽を用いた含水比分布試験

Fig.4 に、含水比分布試験より得られる半径方向のひずみ分布を示す。プロットされた点が、試験より得られた値である。Fig.4 より半径方向のひずみは、中心からの距離と有効径の比との対数関数で近似できるとした。

5. 数値解析

2つの試験結果を元に、乱れの影響を考慮した水平方向の透水係数を用いたドレーン圧密の数値解析を行い、従来用いられている鉛直方向の透水係数を用いた計算結果との比較を行った。数値解析は以下に示す仮定の元に行った。²⁾ 1)水平方向の有効応力の分布はない。2)Darcy 則が成り立つ。3)間隙比変化の場所的な分布はない。4)次元圧密の構成関係が成立する。Fig.5 に支配方程式を示す。 e -Log k より得られる透水係数に、場所的分布をもった係数 α をかけることにより、乱れの影響を与えた。なお係数 α は、2つの試験より得られた値であり、中心からの距離から、水平方向のひずみを算定し、ひずみによる圧密係数の低下を水平方向透水係数の低下と想定し、透水係数に水平方向の分布をもたせて解析を行った。

6. 計算結果

Fig.6 に計算結果の一例を示す。攪乱を考慮して水平方向に透水係数の分布を持たせた場合は、従来の沈下予測に用いられる鉛直方向の透水係数を用いた場合より沈下が早く終了している。これは、どのケースにおいても同様の結果が得られた。また、最終沈下量の違いは計算終了を、過剰間隙水圧の消散としたためである。

7. 結論

鉛直ドレーン打設時の周辺地盤の乱れをシュミレートする実験を行い、この乱れによる透水係数の水平分布を考慮した数値解析を行った結果、従来の計算法と比較して、圧密が早く終了する。

《参考文献》1) 村田ら：「改良型平面ひずみ試験機を用いた圧密試験法」、第28回土質工学研究発表会 1993
2) 外裏ら：「鉛直ドレーンを用いた粘土の圧密機構について」、第28回土質工学研究発表会 1993。

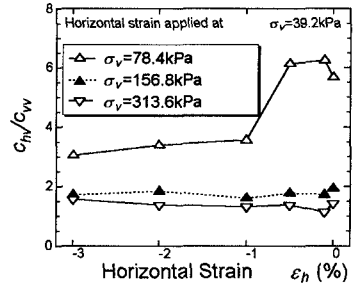


Fig.3 $\varepsilon_h - c_{hv}/c_{vv}$ 関係

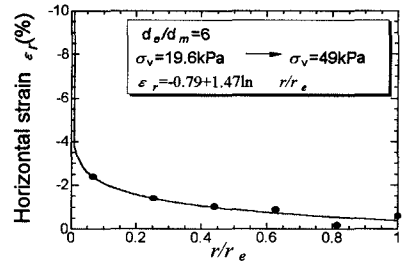


Fig.4 水平ひずみ分布

$$\begin{aligned} v &= -\frac{k}{\gamma_w} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial r} && \text{透水則} \\ \frac{-1}{1+e} \cdot \frac{de}{dt} &= \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{v}{r} && \text{質量保存則} \\ \sigma &= \sigma' + u && \text{有効応力原理} \\ k &= f(e) \cdot \alpha && \text{透水特性式} \\ \sigma' &= g(e, e') && \text{構成則} \end{aligned}$$

Fig.5 支配方程式

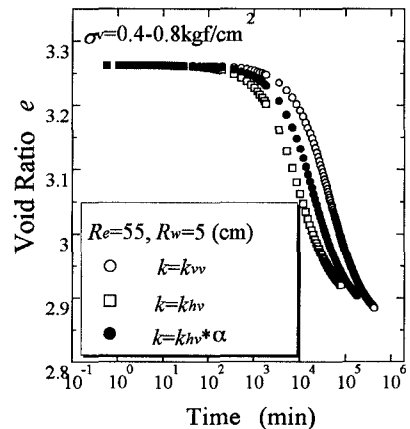


Fig.6 $e - \log t$ Curve