

III-108 定変位速度圧密試験に対するCc, Cαを用いた数値シミュレーション

横浜国立大学工学部 正会員 今井 五郎
 " 大学院 学生会員 ○ 小久保 裕
 " 大学院 学生会員 村本 勝巳

1. はじめに

粘性土地盤の圧密解析に用いる地盤定数を求めるために、標準圧密試験が従来から頻繁に実施されてきている。ところが、標準圧密試験はその実施に10日間以上もかかってしまう等の理由から、最近では異なるタイプの、すなわち連続載荷圧密試験なるものが行なわれるようになってきた。

本研究の目的は、isotache型の構成モデルと標準圧密試験で得られるパラメータを用いて、定変位速度圧密試験をシミュレートすることである。その目的を達成するために、まず標準圧密試験と急速段階載荷圧密試験のシミュレーションを行ない、構成モデルの妥当性を確認した。

2. 支配方程式

計算に用いる支配方程式を以下に示す。

①質量保存則

$$\frac{\partial v}{\partial z} = - \frac{\partial e}{\partial t} \quad [1]$$

③構成モデル (isotache型)

$$e = \Gamma - Cc \log_{10} \sigma' \quad [3]$$

$$\Gamma = b_0 + C\alpha \log_{10} (-\dot{e}) \quad [4]$$

②運動量保存則 (ダルシー則を仮定)

$$v = \frac{1}{1+e} \frac{k}{\gamma_w} \left[\frac{\partial \sigma'}{\partial z} + \bar{\gamma}_s \right] \quad [2]$$

④透水性

$$e = N_k + C_k \log_{10} k \quad [5]$$

ここに、zは縮小座標、 $\partial/\partial t$ は実質時間微分、vは水の見かけの流速、 $\bar{\gamma}_s = \gamma_s - \gamma_w$ である。

③の構成モデルは、 $e \sim \log_{10} \sigma'$ 面上に傾きCcの $\dot{e}$ 一定線群が定まるというものであり、Cαは各 $\dot{e}$ 一定線の間隔を規定するものである。

3. 数値計算法

数値計算には、通常の差分法を用いる。まず、式[1]~[5]を1本化し σ' に関する2階の偏微分方程式を導く。

$$\frac{\partial^2 \sigma'}{\partial z^2} + \beta \frac{\partial \sigma'}{\partial z} + \frac{\dot{e}}{\alpha} + \beta \bar{\gamma}_s = 0 \quad [6a]$$

$$\alpha(e) = \frac{1}{1+e} \frac{k}{\gamma_w}, \quad \beta(e) = \frac{\partial e}{\partial z} \left[-\frac{1}{C_k^*} - \frac{1}{1+e} \right] \quad [6b]$$

$$\dot{e} = -\exp \left[\frac{e + Cc^* \log_{10} \sigma' - b_0}{C\alpha^*} \right] \quad [6c]$$

$$Cc^* = \frac{Cc}{\log_{10} 10}, \quad C_k^* = \frac{C_k}{\log_{10} 10}, \quad C\alpha^* = \frac{C\alpha}{\log_{10} 10} \quad [6d]$$

次に、時間微分を前進差分で、zに関する微分を中心差分で近似する。時間微分を前進差分で近似するので、各タイムステップにおける各節点のeはただちに計算することができ、続いてkも計算できる。

与える排水条件は片面排水である。従って、非排水面で σ' が既知量として与えられないため、非排水面での σ' は1つ前のタイムステップにおける σ' を使い、収束計算でほかの節点における σ' 、 $\dot{e}$ が決定したら、境界条件($v=0$)と式[2]を用いて非排水面の σ' 、 $\dot{e}$ を求め直す方法を採用した。

4. シミュレーション

実験に用いた試料は、当研究室で調製した試料(Y.N.U. Clay)である。以下に、Y.N.U. Clayの物理的、力学的性質を示す。

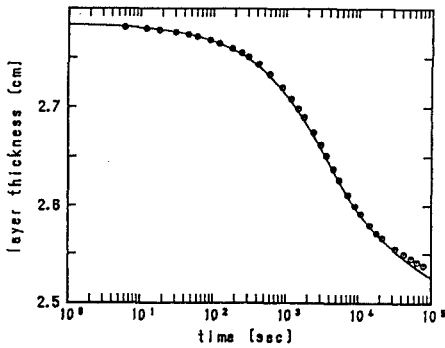
土粒子密度 ρ_s	2.68 [g/cm ³]	Cc	1.0574
液性限界 w_L	122 [%]	Cα	0.049
塑性限界 w_P	55 [%]	N _k	13.25
塑性指数 I_P	67	C _k	1.5

また、この試料を用いて行なった分割型圧密試験の内、本計算の対象としたものを以下にまとめる。実験タイプに関して次の略語を用いる。すなわち、24時間段階载荷 (STD)、1次圧密終了時载荷 (EPL)、1次圧密中载荷 (PPL)、定変位速度 (CRD) である。

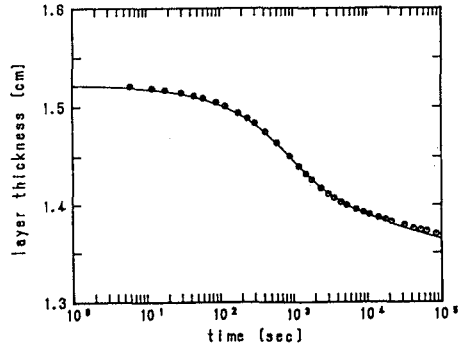
実験No.	連結数	実験タイプ	载荷重 kgf/cm ²	1つ前の载荷重 (载荷時間)	2つ前の载荷重 (载荷時間)
04-11	7	STD	3.2	1.6(24hrs.)	0.8(24hrs.)
40-06	4	EPL		1.6(E.O.P.)	
31-05	8	PPL		1.6(10mins.)	
53-02	5	CRD	1~2.4	1.0(10hrs.)	0.1~1(CRD)

$\dot{\epsilon} = 0.02 [\%/min]$

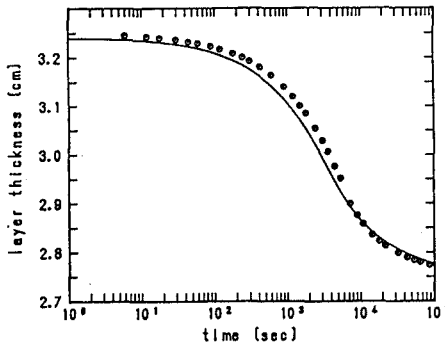
シミュレートするのは表中の「载荷重」の荷重段階であり、その荷重段階では供試体は正規圧密状態にある。計算結果を以下に示す。マークが実験値であり、実線が計算結果である。両者が良好に一致していることがわかる。



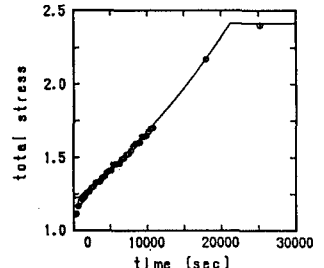
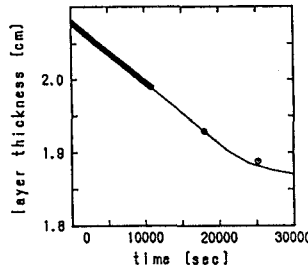
層厚の経時変化 (STD)



層厚の経時変化 (EPL)



層厚の経時変化 (PPL)



層厚と载荷重の経時変化 (CRD)

5. まとめ

標準圧密試験で得られる C_c , C_α を用いた数値計算を行なった結果、それらのパラメータで正規圧密状態にある Y.N.U. Clay の各種段階载荷圧密試験のみならず、連続载荷圧密試験をもシミュレートすることが可能であることがわかった。

6. 参考文献

- 今井, 「粘性土の圧密機構」, 『わかりやすい土質力学原論』, 土質工学会, 1987
- 奥村, 他, 『特殊圧密試験に関するシンポジウム』, 土質工学会, 1988
- R.E.Gibson, 他, 「The Theory of One-Dimensional Consolidation of Saturated Clays. II. Finite Non-linear Consolidation of Thick Homogeneous Layers」, Can.Geotech.J., vol.18, pp.280-293, 1981