

Ⅲ-A210 二次圧密を考慮した一次元圧密解析における土質定数

(株)建設企画 C 正 ○ 白子 博明
 東海大学 正 杉山 太宏
 東海大学 正 赤石 勝

1. まえがき

標準圧密試験から得られる土質定数を用いた標準圧密試験の再現計算結果は、二次圧密の影響によって実測値とは全く異なるものになる。また、標準圧密試験結果を用いた層厚の大きな実際の軟弱地盤の一次元圧密解析への適用性を確認することは困難である。一次元圧密解析と使用される土質定数は、定数が得られた圧密試験の挙動を十分説明しうる必要があると思われる。

この報告は、実務的視点から二次圧密を含む一次元圧密解析に必要な土質定数を試行錯誤法によって標準試験の圧密量時間曲線から求める方法とその適用性を検討したものである。

2. 土質定数決定法

一次元圧密における体積ひずみ ε を有効応力 σ' と時間 t の関数と仮定し、その変化量を式(1)で表す。

$$d\varepsilon = d\varepsilon_i + d\varepsilon_c \quad (1) \quad d\varepsilon_i = m_i d\sigma' \quad \& \quad d\varepsilon_c = m_i \cdot dt = 0.434 \cdot a \cdot d\sigma' / t \cdot dt$$

ここに、右辺第一項 $d\varepsilon_i$ は、有効応力増加に伴い即時に発生する体積ひずみであり、第二項 $d\varepsilon_c$ は、時間の対数に比例して発生するクリープ体積ひずみである。 m_i は体積圧縮係数、 a はクリープ体積ひずみに関する定数、 t は圧密時間である。

また、二次圧密を考慮した間隙水圧に関する一次元圧密方程式は、式(2)で表される。

$$\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \sigma'} \right)_t \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{k}{\gamma_w} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} \right)_\sigma \quad (2)$$

ここに、 $c_v (=k/m_i/\gamma_w)$: k = 透水係数、 γ_w : 水の単位体積重量) は圧密係数、 u は過剰間隙水圧である。

式(2)を差分近似式に書き換えると式(3)が得られる。

$$u_{y,t+dt} = u_{y,t} + \alpha (u_{y+dy,t} - 2u_{y,t} + u_{y-dy,t}) + m_i dt / m_i \quad (3)$$

ここに、 $\alpha = d t \cdot c_v / d y^2 \leq 0.5$ 、 dy は圧密層の分割片長、添え字 y は位置、 t は時間を表す。

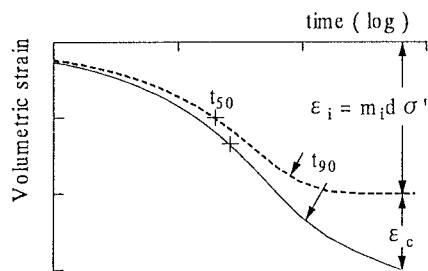


Fig.-1 Volumetric strain time curves(1)

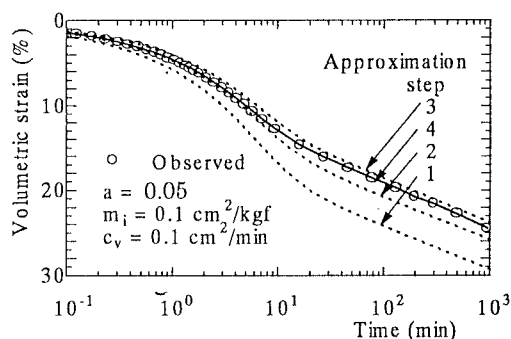


Fig.-2 Volumetric strain time curves(2)

Fig.-1 に破線で示した即時体積ひずみ ε_i の経時変化は、Terzaghi の圧密理論に一致したものである。

Fig.-1 に示すようにクリープ体積ひずみ ε_c が一次圧密中から発生している場合、圧密試験

Secondary consolidation, Oedometer test, Finite difference method

259-1292 平塚市北金目 1117 東海大学土木工学科 TEL(0463)58-1211 FAX(0463)50-2045

から得られる体積ひずみ ε の経時変化は、図中実線である。1) 圧密理論に基づいた $\sqrt{t}$ 法や曲線定規法によって決定される所定の圧密度に対応する圧密時間 t_{90} や t_{60} は、クリープ体積ひずみの影響を受けられる。

著者らの提案する二次圧密を含む一次元圧密解析に必要な土質定数は、式(1)の m_i , a と圧密係数 c_v である。2) これらの定数値を仮定し最大排水距離 $H=1$ cm, 圧密荷重増分 $d\sigma=1\text{kgf/cm}^2$ とした標準圧密試験の再現計算結果が Fig.-2 の○印である。この体積ひずみの経時変化から試行錯誤法で土質定数を決定する手順は、次のようである。なお、Step2,3における m_i の比較は $t=480\text{min}$ で行っている。

Step1: 二次圧密速度 C_a から a を、 $\sqrt{t}$ 法によって m_i , c_v を求める。

$$c_v = T_v \cdot H^2 / t_{90} = 0.848 \cdot 1^2 / 10.9 = 0.0778 \text{ cm}^2/\text{min}$$

$$m_i = \varepsilon_{90} \cdot 10/9 / d\sigma' = 0.132 \cdot 10/9 / 1 = 0.147 \text{ cm}^2/\text{kgf} \quad \& \quad a = C_a / d\sigma' = 0.05 / 1 = 0.05$$

Step2: 二次圧密速度は、ほぼ正確に計算されているが、クリープ体積ひずみの影響によって体積ひずみは、約 1.261 倍大きく計算されているので m_i のみ修正する。 $m_i = m_i / 1.261 = 0.116$

Step3: まだ体積ひずみが過大に計算されているため再び m_i のみ修正する。 $m_i = m_i / 1.108 = 0.104$

Step4: 平行移動型の体積ひずみの経時変化が計算されたので圧密係数 c_v のみ修正する

$$c_v = c_v \cdot 1.28 = 0.0778 \cdot 1.28 = 0.996 \text{ 図中実線で示すように実測値とよく一致する計算結果が得られた。}$$

3. 試料および実験方法

実験に用いた試料土の物理的性質は、Table-1 に示した。液性限界以上の含水比で練り返した試料を標準圧密試験機で、圧密荷重 0.1 kgf/cm^2 で1日間予圧密した後、圧密荷重増分 0.3 kgf/cm^2 で圧密し、沈下量の経時変化を測定した。

Table-1 Physical properties of soils

Sample	No.1	No.2	No.3	No.4
Gs	2.67	2.64	2.65	2.04
LL(%)	82.6	99.6	63.4	463
PL(%)	20.8	40.8	32.5	194
Sand(%)	5.0	14.6	50.6	/
Silt(%)	41.0	38.4	35.4	/
Clay(%)	54.0	14.6	14.0	/

4. 実験結果と考察

Fig. -3 は、全試料の圧密試験結果に対し提案法によって土質定数を決定し、その再現計算結果を実線で示している。試料 No. 4 を除き 3 回以下の定数修正で図に示した程度の適合度になった。泥炭試料 No. 4 は、4 回の修正計算によるものであるが、圧密初期の体積ひずみ時間曲線のズレが大きい。非線形応力ひずみ関係の採用と試行回数を減少させる工夫が必要と思われる。

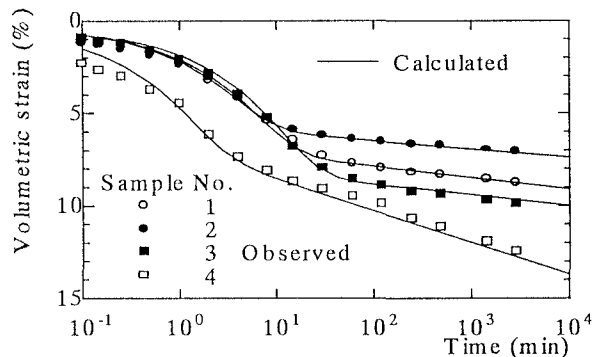


Fig.-3 Volumetric strain time curves

5. むすび

簡便な標準圧密試験から得られた土質定数を用いてその圧密試験の再現計算を行い、その適合度から土質定数決定法の妥当性を検証している。1 回再現計算ならびに図化は、数秒間であるので再現計算の労力は、それほど問題とはならない。適合度の判断基準の作成と土の応力ひずみ関係の改善が今後の課題と考えられる。

参考文献

- 1). 今井五郎：わかりやすい土質力学原論，土質工学会，pp.45-91，1985
- 2) 稲田倍穂，赤石勝：ダイレイタシーを考慮した一次元圧密解析，土質工学会論文報告集，Vol.20，No.2，pp.119-127，1980