

二次圧密を考慮した一次元圧密解析に必要な土質定数の決定法

東海大学大学院 学生会員○大金 新平, 今村 紘子
東海大学 正会員 杉山太宏, 赤石 勝

1. まえがき

白子らは、間隙比速度 $\dot{e}$ を一次圧密成分 $\dot{e}_p$ と二次圧密成分 $\dot{e}_s$ と和として表し、一次圧密中から発生する二次圧密の間隙比速度 $\dot{e}_s$ を仮定した一次元圧密解析法を提案している¹⁾。この提案モデルに必要な主要な土質定数は標準圧密試験から求めることができ、陽的差分法による計算によって圧密試験の沈下挙動を的確に再現することが可能である²⁾。ただし、一次圧密量に関する圧縮指数 C_c^* と圧密係数 c_v^* は、試験結果から直接求められない。これらは、試験結果に合うように数回の繰り返し試行計算で求めている。実用性や汎用性を考えれば、より簡単に定数を決定できるのに越したことはない。

本研究では、より簡便に C_c^* と c_v^* を推定する方法を模索する中で、 C_c^* と C_c の比が一次圧密量と全沈下量との比であることに着目し、標準圧密試験で計算される一次圧密比 r を利用する方法を試みた。

2. 二次圧密モデルの概要¹⁾

一次元圧密粘土の間隙比 e 、鉛直有効応力 σ と二次圧密速度 $\dot{e}_s$ の関係は式(1)で表される。このモデルの特徴である二次圧密速度 $\dot{e}_s$ は、式(1)を変形することで式(2)のように表される。

$$e = e_0 - C_c^* \log(\sigma / \sigma_0) + C_a \log(\dot{e}_s / \dot{e}_i) \tag{1}$$

$$\dot{e}_s = \dot{e}_i \cdot 10^{-\chi / C_a} \tag{2a}$$

$$\chi = e_0 - C_c^* \log(\sigma / \sigma_0) - e \tag{2b}$$

ここに、 C_c^* は一次圧密量で定義する圧縮指数、 σ_0 は载荷前の鉛直有効応力、 C_a は二次圧密係数、 χ は二次圧密量、 $\dot{e}_i$ は $\chi = 0$ のもと圧密層の位置と鉛直有効応力によって変化する二次圧密速度である。標準圧密試験を想定し、表-1の定数で一次元圧密差分計算から求めた圧密量-時間曲線が図-1である。 C_c^* の値が変化しても C_c を一定にしているため、24時間以降の圧密量は同じになる。破線で示した $C_c^*=1.5(=C_c)$ の圧密量-時間曲線は、载荷前の二次圧密のみが一次圧密中から発生するため、その形状は Terzaghi 理論にほぼ一致する。 $C_c^*=1$ と 1.2 では、200分以降で時間の対数に比例する二次圧密挙動が計算される。その二次圧密係数は計算に用いた $C_a=0.05$ にほぼ等しく、特に実線($C_c^*=1$, $C_c^*/C_c=0.67$)の沈下曲線が室内試験で観察される形状に近い。

C_c^*/C_c は全圧密量に締める一次圧密量の割合である。そこで物性の異なる粘性土に対し、圧密試験の圧密量-時間曲線を再現する繰り返し試行計算で決定した C_c^* (あるいは C_c^*/C_c)と、簡便に $C_c^*=r \times C_c$ と仮定して計算した結果を比較し、一次圧密比 r 適用の可能性について検討した。

3. 標準圧密試験の圧密量～時間曲線の再現計算

3.1 粘性土試料

試料には表-2のように物性の異なる再構成した3つの粘性土(宮崎(M)・笠岡(K)粘土、伊勢原(I)泥炭)と、横浜市内の同一地点4深度(6m～26m)から採取した横浜粘土(Y)を使用した。各試料に対して荷重増分比1, 24時間間隔で段階载荷する標準圧密試験を行った。図-2は、得られた $e-\log p$ 曲線である。

表-1 計算に用いた土質定数¹⁾

C_c^*	C_c	c_v^* (cm/min ²)	C_a	e_0^*
1~1.5	1.5	0.1	0.05	3

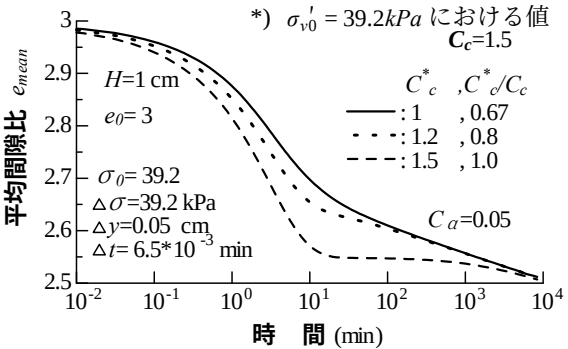
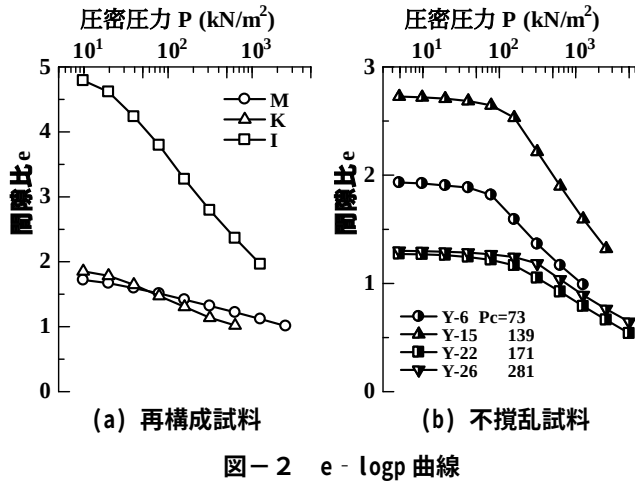


図-1 二次圧密モデルによる圧密量-時間曲線¹⁾

表-2 試料の物理的性質

試料	ρ_s	ω_L (%)	ω_p (%)	sand (%)	silt (%)	clay (%)
M	2.673	52	32	10	55	35
K	2.674	70	24	5	42	53
I	2.303	67	36	---	---	---
Y	2.632	70.2	38.4	---	---	---
	2.891	96.3	47.9	---	---	---



3.2 一次圧密比 r による計算結果

圧密量-時間曲線の再現計算を行うには、表-1に示した5つの定数が必要で、 e_0 , C_α と C_c は各載荷段階の値を使用した。試験から直接求められない c_v^* と C_c^* のうち c_v^* は $c_v^* = c_v$ と仮定し、 C_c^* のみ $C_c^* = r \times C_c$ として計算した。図-3, 4が各試料の試験結果（プロット）と計算結果（実線）の一例である。青実線が C_c^* を一次圧密比 r から求めた計算結果、赤実線はより実測値に近づけるように繰り返し計算した結果で、繰り返し計算で最終的に決定した C_c^* と C_c の比を $r^* = C_c^* / C_c$ として凡例に示した。使用した二次圧密モデルは、粘土、シルト、泥炭といった物性の異なる正規圧密粘性土はもちろん、過圧密領域にある粘土の沈下曲線をも精度良く再現できる。また、一次圧密比 r を利用した計算精度は高く、 r は C_c^* の推定に有効な定数と言うことができる。

繰り返し計算で決定した r^* は、正規圧密で r よりやや小さく、過圧密では大きくなることが図-3, 4以外の荷重段階でも観察された。そこで両者を比較し、その比率 a ($r^* = a \times r$) を求めたのが図-5 (a), (b)である。試料によって一次圧密比 r の範囲は異なるが、再構成と不攪乱の正規圧密領域の係数 a はいずれも 0.9 前後の値を示している。一方、過圧密領域では係数 a は 1.25~1.5 となっている。

4. まとめ

白子らにより提案された二次圧密モデルは、物性の違いや圧密状態によらず圧密量-時間曲線をうまく再現することができること、一次圧密比 r は C_c^* の推定に利用できることがわかった。なお、一次圧密比 r には二次圧密が含まれているので、厳密には正確な一次圧密量を表す比率ではない。この点についての検討は、別の機会に報告する予定である。

参考文献

- 1) 白子, 杉山, 赤石, 外崎: 一次圧密中の二次圧密挙動, 土木学会年次学術講演会講演概要集(CD-ROM) Vol.59th, No.Disk 1, 2004.
- 2) 白子, 杉山, 赤石, 外崎: 一次元圧密の載荷時間間隔と圧縮指数, 第 50 回地盤工学シンポジウム, 平成 17 年度論文集, 地盤工学会, pp.191-196, 2005.

