

二次圧密の初期速度と過剰間隙水圧挙動

小野田ケミコ (株) 正会員 竹田 敏彦
 東海大学 正会員 杉山 太宏
 新日本開発工業 (株) 正会員 ○ 前田浩之助・赤石勝

1. まえがき

二次圧密を考慮した一次元圧密解析に用いる二次圧密の初期速度は、実験により決定できない。解析に用いた仮定値の妥当性を明確にする必要がある。この報告で検討する土モデルの二次圧密速度は、二次圧密量に支配され、一次圧密量が既知であれば決定できる。一次圧密量の仮定に基づき設定された二次圧密の初期速度の影響を、全圧密量と供試体底部で測定される過剰間隙水圧の経時変化から検討した。

2. 圧縮指数 λ^* と二次圧密の初期速度

一次元圧密における全体積ひずみ v を一次圧密量、有効応力変化に伴う体積ひずみ v_p と二次圧密量、時間依存性の体積ひずみ v_s の和として式(1) で表す。また、式(1)より求める二次圧密速度 \dot{v}_s を式(2) で表す³⁾。

$$v(=v_p+v_s)=\lambda/f_0*\ln(p/p_0)=\lambda^*/f_0*\ln(p/p_0)+\alpha*\ln(\dot{v}_0/\dot{v}_s) \quad (1)$$

$$\dot{v}_s=\dot{v}_0*\exp(-(\lambda-\lambda^*)/f_0*\ln(p/p_0)/\alpha) \quad (2)$$

ここに、 λ と λ^* は、全圧密量と一次圧密量で定義する圧縮指数、 f_0 は、初期体積比、 p_0 と p は、圧密前後の鉛直有効応力、 α は、体積ひずみで定義された二次圧密係数、 \dot{v}_0 は、二次圧密の初期速度である。

3. 実験ならびに計算結果と考察

シルト質粘土に対し、最大排水距離 H 約 1cm と 4cm で一次元圧密試験を実施した。 $H=4\text{cm}$ の供試体は、底部で過剰間隙水圧の経時変化を測定した。試料の物理的性質は、土粒子の比重 2.64、液性限界 67、塑性限界 26(%)、砂・シルト・粘土成分は、それぞれ 11, 55, 34(%)である。

Fig.1 に○印で示す $H=1\text{cm}$ の圧密量時間曲線から圧密連成 FE 解析に必要な λ 値を決定する。一次圧密量で定義する圧縮指数 λ^* 値を仮定し、二次圧密の初期速度は式(2)から求めた。仮定した三種類の λ^* 値 (そして \dot{v}_0 値) に対応する計算結果が、Fig.1 中の青破線、黒実線と赤点線である。いずれの計算結果も実測値に近いが、仮定した三つの λ^* 値の妥当性は評価できない。 $\lambda^*/\lambda=0.85$ とした青破線の計算結果では、ほぼ一次圧密が終了した後に二次圧密挙動が顕著になり、実測値との食い違いが目立ち、 λ^*/λ は、0.85 以下と考えられる。 $\lambda^*/\lambda=0.15$ とした赤点線の \dot{v}_0 値は、図中に示すように 3.7(1/min)である。 \dot{v}_0 値に関する制約は、明らかでないが、全圧密量速度 \dot{v} より大きいのは不具合である。 $\dot{v}_0=3.7$ は、 \dot{v} より大きい可能性があるため実際の λ^*/λ 値は、0.15 より大きいと考えられる。 $H=4\text{cm}$ の供試体の圧密量時間曲線の実測値 (●印) と計算結果の比較を Fig.2 に示した。計算に用いた定数は、透水係数以外 Fig.1 と同じである。Fig.1 に示した実測値と計算結果に若干の食い違いが認められるため、一次圧密領域における圧密量時間曲線の適合性を重視して透水係数の初期値 k_0 を Fig.2 中に示すように変化させた。透水係数は、Fig.1 と同じように圧密終了時 k_0 値の 1/2 まで減少する。透水係数値の修正で計算結果の実測値に対する適合性は、Fig.1 のそれより向上する。○印は Fig.1 に示した $H=1\text{cm}$ の実測値である。 H の異なる供試体の圧密量時間曲線は、平行移動型であるので二次圧密の初期速度に Fig.1 に示した値を H^2 で除した値を用いている。 λ^*/λ 値=0.5 と 0.15 の圧密量時間曲線の計算結果、黒実線と赤点線は、実測値とほぼ一致しているが、いずれの値に妥当性があるか明かでない。これら λ^* 値や試行錯誤計算から決定した透水係数値からより合理性のある値を求めるため、供試体底部で測定した過剰間隙水圧の経時変化を利用する。 $H=4\text{cm}$ の供試体底部で測定した過剰間隙水圧の経時変化と三種類の λ^* 値による計算結果の比較を Fig.3 に示した。黒実線で示した λ^*/λ 値=0.5、 $\dot{v}_0=8.1*10^{-3}/4^2$

キーワード 二次圧密、圧縮指数、一次元圧密解析、有限要素法

E-mail : hironosuke.maeda@shin-pec.co.jp

連絡先 〒141-0031 東京都品川区西五反田 2-28-5 新日本開発工業 (株)

TEL : 03-3492-7741

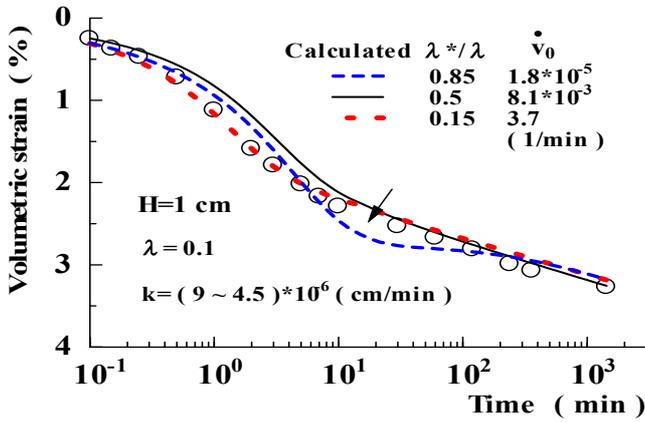


Fig.1 圧密量時間曲線と土質定数

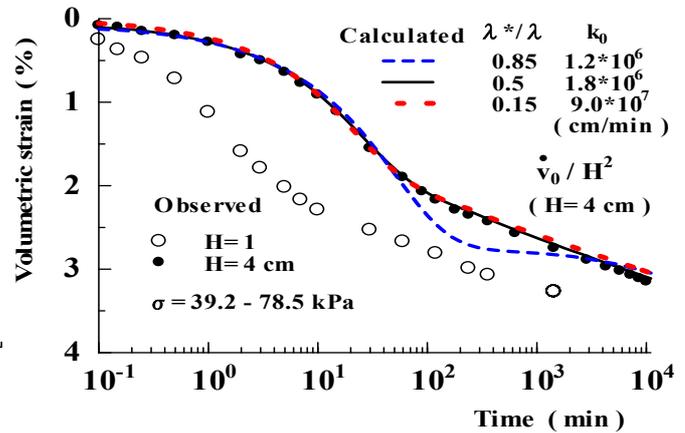


Fig.2 最大排水距離の異なる供試体の圧密量時間曲線

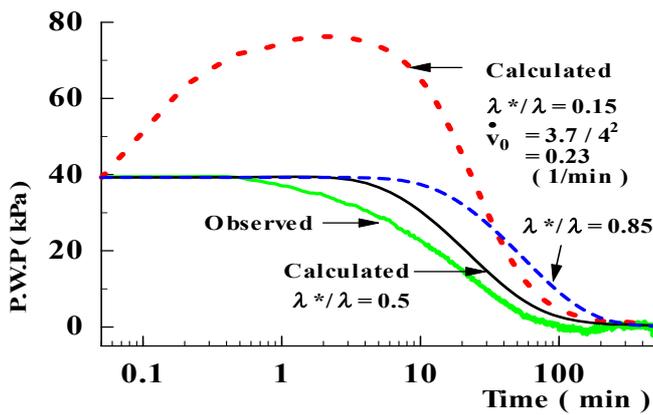
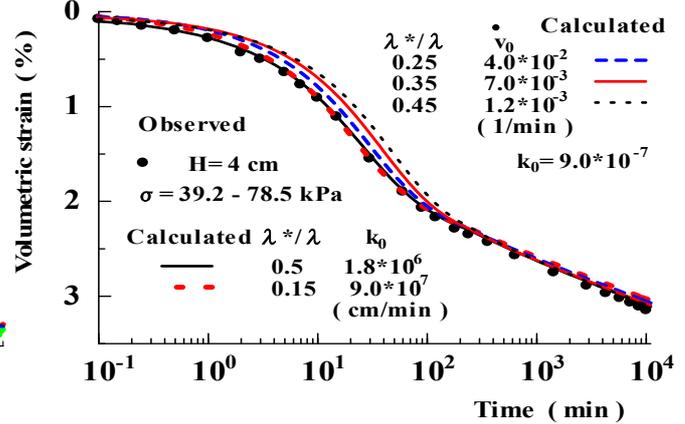


Fig.3 供試体底部の過剰間隙水圧の経時変化

Fig.4 λ^*/λ 値の変化と圧密量時間曲線

$= 5.1 \cdot 10^{-4}$ (1/min) による計算結果が実測値に近い。赤点線で示した計算結果は、仮定した \dot{v}_0 値が過大であるため、荷重増分の2倍近い過剰間隙水圧が発生している。圧密量時間曲線ばかりでなく、過剰間隙水圧挙動からも仮定した土質定数の妥当性を吟味する必要性を示すものである。

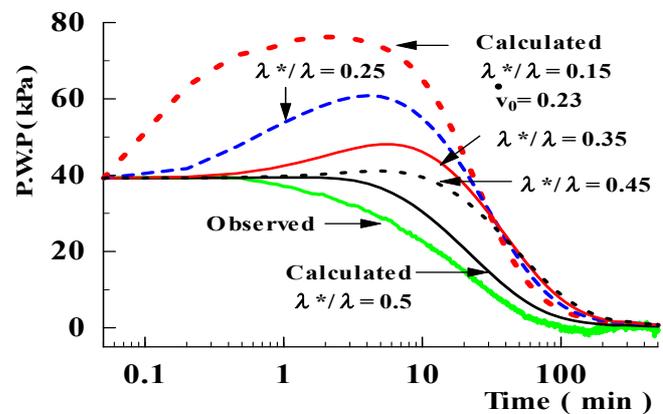
λ^*/λ 値 = 0.25, 0.35, 0.45 とそれに対応する \dot{v}_0 値 = $4 \cdot 10^{-2}$, $7 \cdot 10^{-3}$, $1.2 \cdot 10^{-3}$ (1/min) を変化させた計算結果を Fig.4 と Fig.5 に示した。

透水係数の初期値 k_0 は、 λ^*/λ 値 = 0.5 の場合と同じで $k_0 = 9 \cdot 10^{-7}$ (cm/min) であるため、 λ^*/λ 値の変化とともに圧密量時間曲線の計算結果と実測値に若干のズレが認められる。 λ^*/λ 値の増加により \dot{v}_0 値は、減少する。 \dot{v}_0 値の減少により供試体底部の過剰間隙水圧の増加も減少するが、 $\dot{v}_0 = 1.2 \cdot 10^{-3}$ (1/min) の場合でも供試体底部の過剰間隙水圧の増加が計算される。一定荷重下の一次元圧密で圧密中の過剰間隙水圧の増加は、考えられないので、今回の検討の範囲における λ^*/λ 値の仮定は、0.5 以上 0.85 未満と推測される。

5. むすび

二次圧密を考慮した一次元圧密連成 FE 解析に用いる一次圧密量で定義する圧縮指数 λ^* 値の妥当性を実験により評価できないが、圧密量時間曲線に加え過剰間隙水圧挙動の計算結果も実測値に近いことを条件とすれば、仮定した λ^* 値の妥当性をある程度評価できる可能性がある。

参考文献 1) Sekiguchi, H. & Torihara, M. (1976) : Theory of one-dimensional consolidation of clays with consideration of their rheological properties, *Soils and Foundations*, Vol. 16, No. 1, pp. 27-44.

Fig.5 \dot{v}_0 値の変化と過剰間隙水圧の経時変化