

二次圧密を考慮した一次元圧密解析とH<sup>2</sup>則

東海大学大学院 学生会員 今村 紘子  
 金沢工業大学 正会員 外崎 明  
 東海大学 正会員 杉山 太宏・赤石 勝

## 1. はじめに

最大排水距離の異なる粘土供試体の圧密量～時間曲線は、平行移動型、Isotache型、あるいはその中間に位置すると思われる網干の実験結果のようになる<sup>1)</sup>。いずれの仮説によるかで現場の圧密沈下量の予測は大きく異なる。また、一次圧密中に発生する二次圧密を考慮した一次元圧密解析において、二次圧密の評価次第で予測結果に大きな影響があるため二次圧密量の的確な評価が重要である。

この報告では、著者らの提案する一次圧密中に発生する二次圧密を考慮した一次元圧密解析と関口・太田モデルを用いた一次元圧密解析結果から、二次圧密挙動とH<sup>2</sup>則について検討している<sup>2), 3)</sup>。

## 2. 二次圧密モデル

関口・太田モデルの一次元圧密における体積ひずみ $v$ は式(1)で表される<sup>3)</sup>。

$$v = \lambda / (1 + e_0) \ln(\sigma / \sigma_0) + \alpha \ln(\dot{v}_0 / \dot{v}_s) \quad (1)$$

ここに、 $\lambda$ は圧縮指数、 $e_0$ は初期間隙比、 $\sigma$ は鉛直有効応力、下付添え字0は載荷前を意味する。 $\alpha$ は体積ひずみで定義された二次圧密係数である。 $\dot{v}_0 = \alpha / t_{EOP}$ であり、 $t_{EOP}$ は一次圧密終了時間である。

著者らは、一次元圧密における体積ひずみ $v$ を式(2)で表現している<sup>4)</sup>。

$$v = \lambda^* / (1 + e_0) \ln(\sigma / \sigma_0) + \alpha \ln(\dot{v}_i / \dot{v}_s) \quad (2)$$

$$\dot{v}_s = \dot{v}_i \exp(-v_s / \alpha) \quad (3)$$

$$\dot{v}_i = \dot{v}_f \exp((\lambda - \lambda^*) \ln(\sigma / \sigma_0) / (1 + e_0) / \alpha) \quad (4)$$

$$\dot{v}_f = \alpha / t_L \quad (5)$$

ここに、 $\lambda^*$ は一次圧密量のみで定義する圧縮指数、 $\dot{v}_i$ と $\dot{v}_s$ は二次圧密による体積ひずみ速度である。式(2)より式(3)が得られ、 $\dot{v}_i$ は式(4)より求める。 $v_s$ は二次圧密による体積ひずみ量、 $\dot{v}_f$ は圧縮指数 $\lambda$ を決定した圧密時間における二次圧密による体積ひずみ速度、 $t_L$ は圧密

時間、標準圧密試験( $H_L = 1 \text{ cm}$ )では1440分である。

最大排水距離 $H_F$ が室内圧密試験のそれより大きな供試体の $\dot{v}_f$ を決定する場合には、 $t_L$ をどう決定するかという問題がある。この報告では、最大排水距離 $H_F$ の供試体の計算に圧密時間 $t_F$ を式(6)から求め、式(5)の $t_L$ の代わりに式(6)の $t_F$ を用いる。

$$t_F = t_L^* (H_F / H_L)^n \quad (6)$$

## 3. 土質定数と計算条件

網干のH<sup>2</sup>則に関する圧密試験結果を用い計算に必要な土質定数を決定する。供試体の最大排水距離 $H_L = 1 \text{ cm}$ 、初期間隙比 $e_0 = 2$ である。圧密荷重増分 $\Delta\sigma = 19.6 \text{ kPa}$ による圧密時間 $t_L = 1440$ 分における全圧密量(体積ひずみ)は $v = 9.52\%$ であり、圧縮指数 $\lambda = 0.413$ である。 $\sqrt{t}$ 法で決定した圧密係数 $c_v = 0.06 \text{ (cm}^2 / \text{min)}$ 、 $t_{90} = 14$ 分である。また、圧密量～時間曲線から得られた体積ひずみで定義する二次圧密係数 $\alpha = 0.0033$ である。一次圧密量のみで定義する圧縮指数 $\lambda^* = 0.63 * \lambda = 0.261$ 、圧密係数 $c_v^* = c_v$ と仮定する。

飯塚の提案法により関口・太田モデルの $\dot{v}_0 = \alpha / t_{90} = 2.3 * 10^{-4} \text{ (1/min)}$ とする<sup>5)</sup>。陽的差分解法による一次元圧密解析を実施する境界・初期条件を式(7)で示す。

$$\left. \begin{aligned} u(y = 0, t > 0) &= 0 \\ \partial u / \partial y(y = H, t > 0) &= 0 \\ u(H, y = 0, t = 0) &= u_0 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

## 4. 計算結果と考察

式(2)による再現計算結果をFig.1に示した。圧縮指数 $\lambda^* = 0.261$ と仮定すれば、実測値である白丸印に適合する計算が可能である<sup>4)</sup>。この計算における定数を用い最大排水距離の異なる $H_F = 10 \text{ cm}$ の計算を実施した結果をFig.2に示した。式(6)の定数 $n = 0$  ( $t_F = t_L$ )とすれ

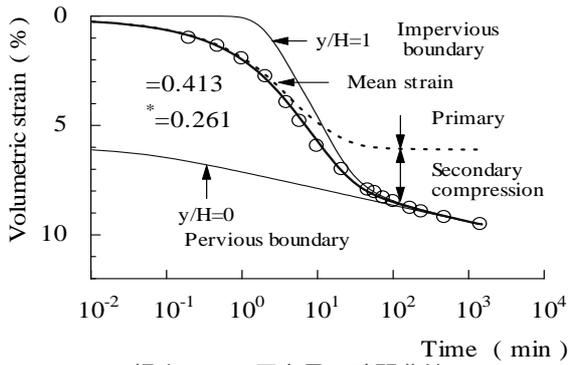


Fig.1 提案による圧密量～時間曲線

ば, Fig.2 に破線で示す Isotache 型の圧密量～時間曲線が計算される. 式(6)の定数  $n = 2$  とした計算結果が図中実線であり, 平行移動型の圧密量～時間曲線となって,  $H^2$  則が成立している. Fig.2 の網干の試験結果は, 平行移動型と Isotache の圧密量～時間曲線の間に位置する. そこで, 式(6)の定数  $n = 1.5$  とした時の計算結果が点線である. 提案法によれば, 一次元圧密の  $H^2$  則に関する各々の仮説に基づく圧密量～時間曲線が再現計算可能である.

関口・太田モデルによる計算にも最大排水距離との関連で  $\dot{v}_0$  の設定に問題がある. この報告では, 式(6)と同じように考え, 式(8)を用いて  $\dot{v}_0$  を設定した.

$$\dot{v}_{0F} = \dot{v}_{0L} * (H_L / H_F)^n \quad (8)$$

ここに,  $\dot{v}_0$  の下付け添え字 F と L は, 最大排水距離  $H_F$  と  $H_L$  に対応する.

最大排水距離 10 cm に変化させた圧密量～時間曲線の計算結果を Fig.3 に示した. 破線は最大排水距離 1cm と 10 cm で同じ大きさの  $\dot{v}_0$  を用いた計算結果を示しており, 式(8)の定数  $n = 0$  として, Isotache 型の圧密量～時間曲線が計算されている. 最大排水距離 10 cm に対し式(8)の定数  $n = 2$ ,  $\dot{v}_0$  を最大排水距離の比の 2 乗だけ小さくすることにより実線で示す平行移動型の圧密量～時間曲線が計算される. また, 定数  $n = 1$  とした場合, 点線で示すように  $\dot{v}_0$  値によって網干の実験結果に近い計算結果が得られる. これらの結果は Fig.2 提案法による計算結果と対応する.

### 5. まとめ

網干の  $H^2$  則に関する一次元圧密試験とその再現計算結果から一次元圧密中の二次圧密挙動とその影響について検討した結果は, 次のように要約される.

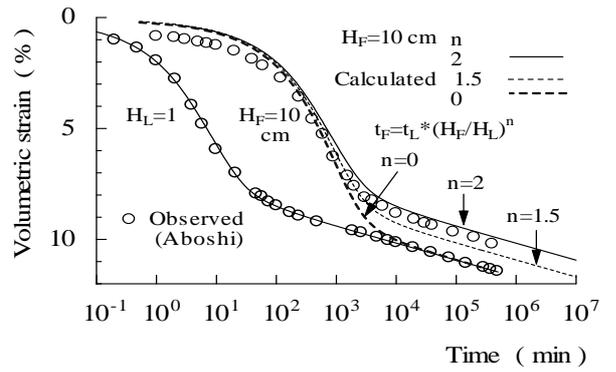


Fig.2 提案モデルによる  $H_F=10$  cm の計算結果

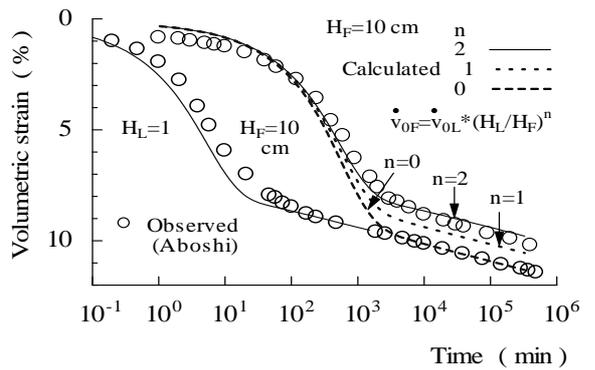


Fig.3 関口・太田モデルによる  $H_F=10$  cm の計算結果

- 1) 二次圧密を考慮した一次元圧密解析法において, 排水距離の大きな現場の圧密量や体積ひずみ速度が  $H^2$  則に従い標準圧密試験から得られる一日後の値と対応するならば, 平行移動型の圧密量～時間曲線が得られた. また, 二次圧密による体積ひずみ速度の仮定次第で, 圧密量～時間曲線は, Isotache 型あるいは網干の仮説に近い計算結果になる.
- 2) 関口・太田モデルによる一次元圧密解析でも最大排水距離の異なる供試体の圧密量～時間関係は, 二次圧密の発生開始時間に関する体積ひずみ速度  $\dot{v}_0$  の設定次第で平行移動型, Isotache 型あるいは網干の仮説に近い計算結果が得られる.

#### <参考文献>

- 1) Aboshi, H.: An experimental investigation on the similitude in the consolidation of a soft clay including the secondary creep settlement, Proc. 8th ICSMFE, Vol.4, No.3, pp.88-89, 1973.
- 2) 白子博明ほか: 一次元圧密中の二次圧密挙動, 土木学会年次学術講演会(CD-ROM), Vol.59, No. Disk1, 2004.
- 3) Sekiguchi, H. and Ohta, H.: Induced anisotropy and time dependency in clays, Proc. 9th ICSMFE, Specialty Session 9, pp.229-237, 1977.
- 4) 今村紘子ほか: 二次圧密を考慮した一次元圧密解析法の比較, 第4回地盤工学会関東支部発表会講演集, No.107 pp.414-415.
- 5) Iizuka, A. and Ohta, H.: A determination procedure of input parameter in elasto-viscoplastic finite element analysis, Soils and Foundations, Vol.27, No.3, pp.71-87, 1987.