

圧密前間隙比速度の圧密量－時間曲線への影響

(株)建設企画コンサルタント 正会員 白子博明
 東海大学大学院 学生会員 ○今井誉人
 東海大学 正会員 杉山太宏・赤石 勝

1. まえがき

Bjerrumの遅延圧縮の概念図に基づく一次元圧密解析法は少なくない。現場でも室内圧密試験と同じように、時間の対数に比例して発生する二次圧密の存在を仮定するため、圧密前の間隙比速度あるいは圧密時間が重要である。時間の対数に比例して発生する二次圧密を仮定する構成式では、時間原点（origin for time）が不明確であると言われており、間隙比速度を用いた構成式が必要とされている^{1),2)}。しかし、実際地盤の二次圧密履歴や圧密前間隙比速度を把握することは困難であり、この点が間隙比速度に着目した構成式の最大の弱点と思われる。また、圧密前の間隙比速度と間隙比が等しければ、最大排水距離の異なる粘土層の圧密量－時間曲線はアイソタッチ型になるといわれているが、この点も実地盤では確認が難しい^{3),4)}。1日間隔で段階載荷する標準圧密試験ならば、圧密前間隙比速度は明確に把握できる。この報告は、圧密前間隙比速度の異なる圧密試験から、圧密特性に及ぼす圧密前間隙比速度の影響を検討している。

2. 試料および実験方法

実験に用いた沖積粘土の物理的性質を表1に示した。

表1 試料の物理的性質

Sample	ρ_s	ω_L (%)	ω_p (%)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
K:	2.67	82.6	20.8	54.0	41.0	5.0
S:	2.64	112.0	50.5	47.0	38.4	14.6

液性限界以上の含水比で十分練り返した試料を、リング直径

20cmと6cm二種類の圧密試験機に詰め、予圧密期間を最大排水距離 H の二乗倍にするため、予圧密荷重 9.8kPa でそれぞれ13日あるいは1日間圧密した。予圧密終了後、試料上端をわずかにカットし、それぞれ試料高さ7cmまたは2cmになるよう初期高さを調節した。圧密荷重増分 29.4, 117.8kPaを加え、圧密沈下量の経時変化を測定した。一部の供試体は、圧密時間 120, 1440 あるいは 10080 分後に圧密荷重を 39.2kPa から 157kPa に変化させ、圧密時間の差が次の載荷段階の圧密特性に及ぼす影響を調べた。

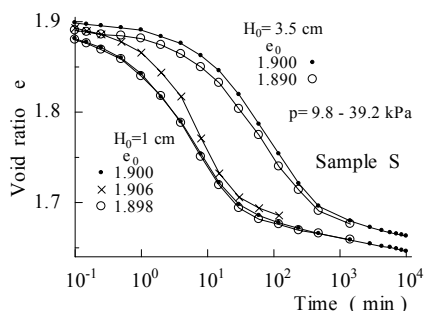


図1 圧密量時間曲線（試料 S）

3. 実験結果と考察

図1は、最大排水距離の異なる試料Sの圧密量－時間曲線である。圧密量－時間曲線を最大排水距離の比の二乗倍、時間軸方向に平行移動すれば、最大排水距離の異なる供試体の圧密量－時間曲線は互いにほぼ重なり合う。二次圧密領域の勾配である二次圧密係数 C_a もおよそ同じ大きさである。圧密前の圧密時間と初期間隙比 e_0 が等しければ、最大排水距離の異なる供試体の圧密量－時間曲線はアイソタッチ型になるといわれているが³⁾、図1に示した圧密量－時間曲線は平行移動型に近い結果である。

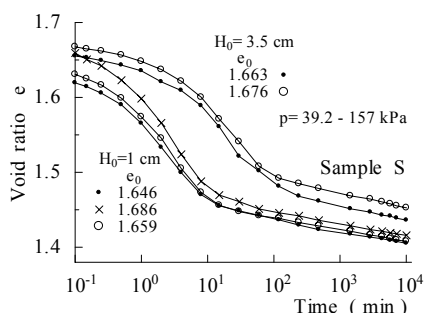


図2 圧密量時間曲線（試料 S）

図1に示す圧密量－時間曲線は、ほぼ1桁異なる圧密時間で試験を打ち切り、次の載荷段階 ($\Delta p = 117.8\text{kPa}$) に移行した。 C_a の平均値 0.016 を圧密時間で除した間隙比速度の範囲は、 $1.3 \times 10^{-4} \sim 1.6 \times 10^{-6} (\text{min}^{-1})$ である。したがって、図2は初期間隙比と圧密時間（あるいは圧密前間隙比速度）の異なる圧密量－時間曲線であるが、図2の圧密量－時間曲線も平行移動型に近いと判断される。

図3は、試料Kの圧密量－時間曲線である。図1の試料Sと同じように、最大排水距離 H の異なる供試体の予圧密時間を最大排水距離 H の二乗倍とし、初期間隙比が等しくなるようにはしているが、図3に示した圧密量－時間曲線も平行移動型である。

キーワード：一次元圧密 二次圧密 間隙比速度 粘土

連絡先：〒259-1292 平塚市北金目 1117 東海大学土木工学科 TEL 0463-58-1211 E-Mail: 5acdm001@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

著者らは、式（１）で表される二次圧密の間隙比速度 $\dot{e}_s$ に着目した一次元圧密解析法を提案している⁵⁾。

$$\dot{e}_s = \dot{e}_i \cdot 10^{-\chi/C_\alpha} \quad \dots (1)$$

ここに、 χ は新たな圧密荷重増分によって発生した二次圧密量、 C_α は二次圧密係数、 $\dot{e}_i$ は $\chi=0$ における二次圧密による間隙比速度である。

$\dot{e}_i$ は、前の载荷段階における圧密終了時の間隙比速度 $\dot{e}_f$ を用いて式（２）で表される。

$$\dot{e}_i = \dot{e}_f \cdot 10^{(Cc-Cc^*) \log(\sigma'/\sigma'_0)/C_\alpha} \quad \dots (2)$$

ここに、 Cc と Cc^* は、それぞれ全圧密量と一次圧密量で定義される圧縮指数である。

提案法による計算結果と、図１に示した実験結果の比較を図４に示した。計算に用いた土質定数は、圧縮指数 $Cc=0.4$ 、 $Cc^*=0.3$ 、圧密係数 $c_v^*=0.04\text{cm}^2/\text{min}$ 、二次圧密係数 $C_\alpha=0.016$ である。また、圧密前の間隙比速度を二次圧密係数／载荷前の圧密時間とした計算結果が実線であり、平行移動型の圧密量－時間曲線が計算される。図中、点線で示した計算結果はアイソタッチ型であるが、最大排水距離が3.5cmに増加しても1cmの場合と同じ圧密前間隙比速度を用いた結果である。提案法では、圧密前間隙比速度の設定次第で平行移動型、アイソタッチ型いずれの圧密量－時間曲線も計算可能である。

図４に実線と破線で示した最大排水距離 $H_0=3.5\text{cm}$ の計算結果から、排水面（ $y/H=0$ ）と非排水面（ $y/H=1$ ）における圧密量時間曲線を図５に示した。両者の二次圧密領域の差は、排水面の圧密挙動から明らかである。また、二次圧密領域で排水面と非排水面の圧密量の大きさが等しくなる。

排水面と非排水面における、間隙比速度－時間曲線を図６に示した。初期間隙比速度の違いが、一次圧密中の二次圧密による間隙比速度の大きさにも影響し、圧密量－時間曲線が平行移動型、アイソタッチ型いずれかの圧密量－時間曲線が計算される。

図２に示した、圧密前の二次圧密による間隙比速度を変化させた実験結果と計算結果の比較が図７である。計算に用いた土質定数は、図４と同じである。圧密前間隙比速度、初期間隙比、そして最大排水距離はそれぞれの実験結果を用いた。計算結果と実験結果はよく一致しており、計算法の適応性を示すものと考えられる。

４．むすび

二次圧密を含む一次元圧密解析の構成式に、圧密時間でなく間隙比速度を用いても、実際地盤の圧密前の圧密履歴評価の難しさは同じように存在する。実際地盤の解析に提案法を利用するために、圧密前間隙比速度や二次圧密の影響を受けない土質定数をどのように設定するかが今後に残された課題と思われる。

<参考文献> 1) Nash, D. :Modeling the effects of surcharge to reduce long term settlement of reclamations over soft clays, Soils and Foundations, Vol.41, No.5, pp.1-13, 2001.

2) Leroueil, S. et al. :Stress-strain-strain rate relation for the compressibility of sensitive natural clays, Geotechnique, Vol.35, No.2, pp.159-180, 1985. 3) 今井五郎 :わかりやすい土質力学原論, 土質工学会, pp.73, S.62. 4) Aboshi, H. :An experimental investigation on the similitude in the consolidation of a soft clay, including the secondary settlement, Proc., 8th ICSMFE, Vol.4, No.3, pp.88-89, 1973.

5) 白子博明ほか :一次圧密中の二次圧密挙動, 土木学会第59回年次学術講演会 3-236 (CD-ROM), pp.535-536, 2004.

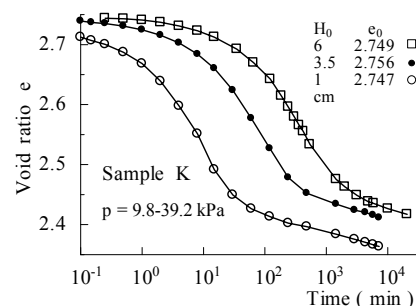


図３ 圧密量時間曲線（試料 K）

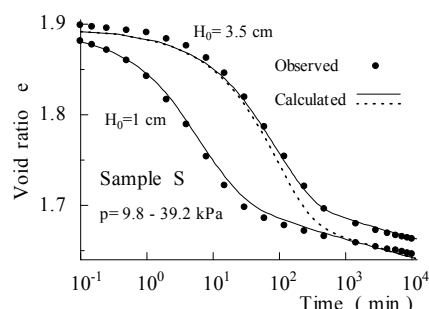


図４ 圧密量時間曲線（計算結果）

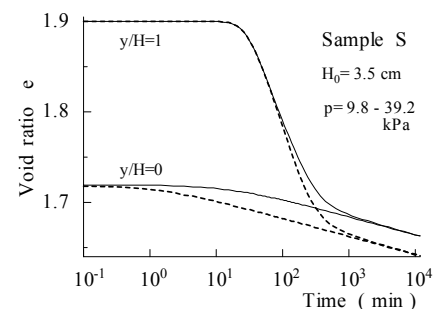


図５ 圧密量時間曲線（計算結果）

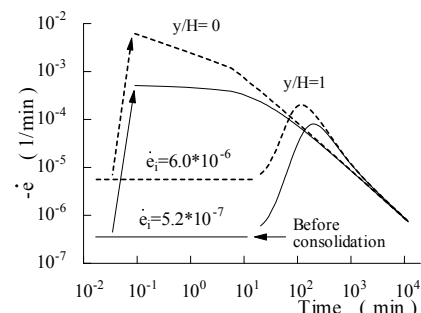


図６ 間隙比速度と時間の関係

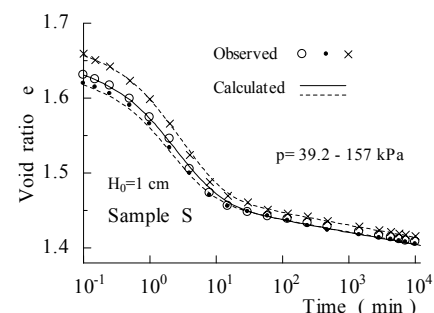


図７ 計算結果と実測値の比較