

泥炭の  $e \sim \log(p)$  関係と二次圧密速度

東海大学	学生会員	○梶山 憲介
東海大学	正会員	杉山 太宏
金沢工業大学	正会員	外崎 明
東海大学	正会員	赤石 勝

1. まえがき

粘土にはユニークな  $e \sim \log(p) \sim \dot{e}$  関係が存在すると言われている。<sup>1)</sup> その関係を利用した二次圧密を含む一次元圧密解析法が提案されている。<sup>2)</sup> 一次元圧密に関する寸法効果, すなわち排水距離の異なる粘土の圧密量時間曲線が, 平行移動型かアイソタッチ型かも  $e \sim \log(p) \sim \dot{e}$  関係からの説明可能とされている。<sup>3)</sup> 二次圧密速度の大きな泥炭の場合, 圧密量時間曲線が平行移動型かアイソタッチ型で一次元圧密解析結果に大きな違いが生じる。载荷時間間隔や荷重増分比に異なる一次元圧密試験から泥炭についてもユニークな  $e \sim \log(p) \sim \dot{e}$  関係が存在するか検討した。

2. 試料および実験方法

神奈川県伊勢原市内でシンウォールサンプリングした泥炭の一次元圧密試験を実施し, 荷重増分比が  $e \sim \log(p)$  曲線や圧密量の経時変化に及ぼす影響を調べた。実験に用いた試料の採取深度は, 5~13m であり, 湿潤密度 1.11~1.23g/cm<sup>3</sup>, 土粒子の密度 2.08~2.46 g/cm<sup>3</sup>, 自然含水比 195~382%である。

実験 A: 荷重増分比  $dp/p$  を変化させた一次元圧密試験。  $dp/p=1$  とした試験では原則として载荷時間間隔を 4 日,  $dp/p=0.25$  の場合は 1 日間隔で载荷した。また, 比較のため特定の圧密荷重区間で荷重増分比を変化させた圧密試験も実施し,  $e \sim \log(p)$  曲線への影響をしらべた。

実験 B: 荷重増分比  $dp/p=1$  を一定にし, 载荷時間間隔を 1 日あるいは 7 日と変化させた一次元圧密試験。

3. 実験結果と考察

3.1 荷重増分比の影響

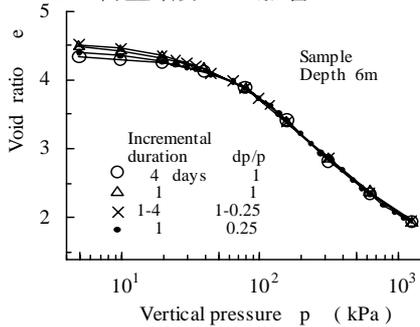


Fig.1  $e \sim \log(p)$  曲線 : 6m

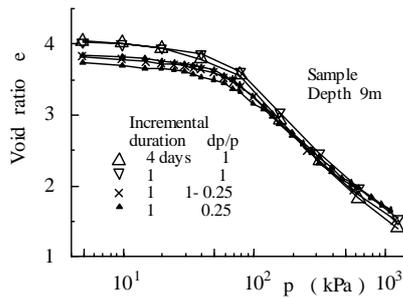


Fig.2  $e \sim \log(p)$  曲線 : 9m

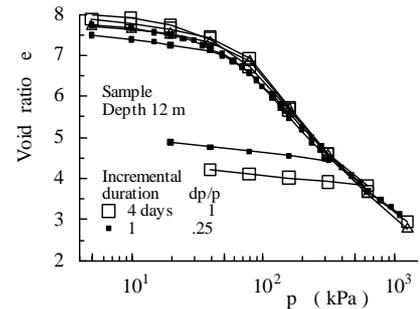


Fig.3  $e \sim \log(p)$  曲線 : 12m

Fig.1 から Fig.3 は  $dp/p$  の異なる圧密試験の  $e \sim \log(p)$  曲線の比較である。極めて不均質な泥炭のため各試料の初期間隙比はかなり異なる。試料の採取深度は異なるが, 圧密降伏応力  $p_c$  は, 80kPa 付近と判定しうる。また,  $p_c$  付近以降すなわち, 正規圧密領域における  $e \sim \log(p)$  曲線は, ほぼ同じと判断しうる。圧密期間が同じであれば,  $dp/p$  の違いによる  $e \sim \log(p)$  曲線の差は見出されない。Fig.1, Fig.2 は圧密期間の異なる圧密試験の  $e \sim \log(p)$  曲線も示しているが, その影響も受けないと思われる。粘土と同様泥炭にもユニークな  $e \sim \log(p) \sim \dot{e}$  関係が存在するならば, これらの試験の間隙比  $e$  からと  $\dot{e}$  の一定の関係が見出される筈である。

Fig.4 は,  $dp/p$  の異なる圧密試験の二次圧密係数  $C_\alpha$  と平均圧密荷重  $\bar{p}$  の比較である。  $dp/p$  の小さな圧密試験の  $C_\alpha$  のバラツキは大きい, 正規圧密領域の  $C_\alpha$  は, 乱されない粘土試料で観察されるように  $\bar{p}$  の増加によって減少する傾向が観察される。また, 全体的傾向として  $dp/p$  の大きい場合の方が大きな  $C_\alpha$  となるようである。

$C_\alpha$  を圧密時間で除して間隙比速度  $\dot{e}$  と間隙比  $e$  の関係を示したのが Fig.5 である。4 日間隔载荷の  $dp/p=1$  の圧密時間は 1440\*4 分, 1 日間隔载荷の  $dp/p=0.25$  は 1440 分とした。この  $\dot{e}$  計算法によれば, 全体的に  $dp/p$  の小さい  $\dot{e}$  が  $dp/p$  の大きなそれより大きくなる傾向が見られる。また,  $dp/p$ , 間隙比  $e$  によって  $\dot{e}$  は大きく変化している。Fig.1 から Fig.3 に示した  $e \sim \log(p)$  曲線の正規圧密領域における直線性は良好であり,  $dp/p$  や圧密圧力  $p$  によらず間隙比  $e$  はほぼ等しいが,  $\dot{e}$  は異なるため正規圧密領域における  $e \sim \log(p)$  曲線は, 間隙比速度一定線でない。  $dp/p$  によらずユニークな  $e \sim \log(p)$  関係は存在するが, 泥炭の場合  $\dot{e}$  を加えたユニークな関係を導くのは困難である。

Fig.6 は Fig.1 に示した  $dp/p$  の異なる正規圧密領域 ( $p=78.5 \sim 156.0$ kPa) における圧密量 (間隙比) の経時変化を示している。白丸で示した  $dp/p=1$  の  $C_\alpha=0.099$  に対して, 黒丸  $dp/p=0.25$  の  $C_\alpha$  は, 0.050~0.076 の範囲, 6 割前後と小さい値となる。また, 1440 分における  $dp/p=1$  の間隙比速度に対して  $dp/p=0.25$  のそれも, 6 割程度と小さい。  $dp/p$  のよらず  $p=156.0$ kPa の間隙比の大きさはほぼ等しい。同一間隙比  $e$  と圧密圧力  $p$  で間隙比速度を

キーワード 泥炭,  $e \sim \log(p)$ , 二次圧密速度

連絡先: 〒259-1207 平塚市北金目 1117 東海大学土木工学科 TEL0463-58-1211 E-mail: z4394995@yahoo.co.jp

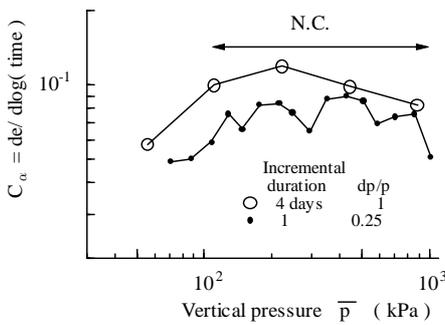


Fig.4  $C_\alpha \sim \bar{p}$  関係

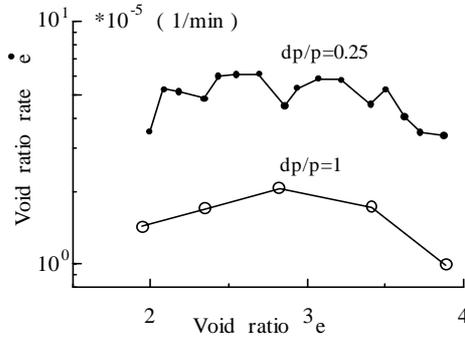


Fig.5  $e \sim \dot{e}$  関係

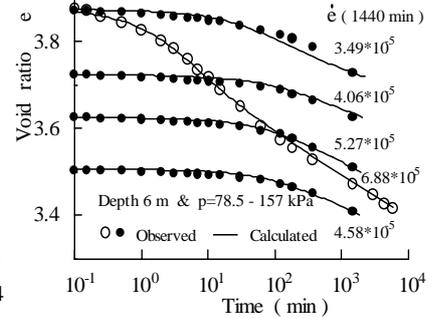


Fig.6  $e \sim \log(t)$  曲線

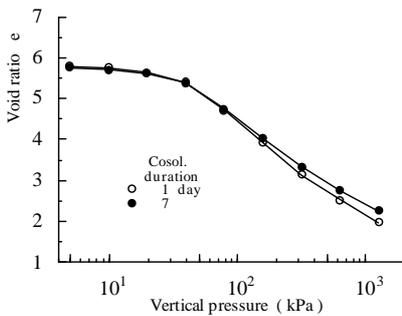


Fig.7  $e \sim \log(p)$  曲線

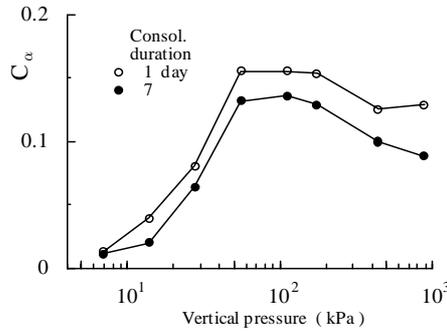


Fig.8  $C_\alpha \sim \bar{p}$  関係

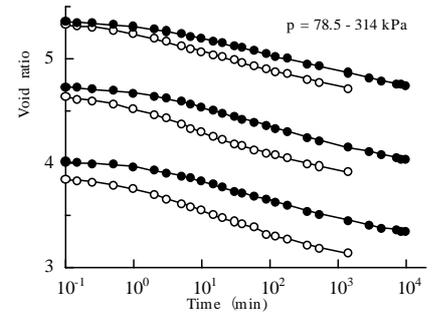


Fig.9  $e \sim \log(t)$  曲線

比較すれば、 $dp/p=1$  の間隙比速度は、 $6.88 \cdot 10^5$  の  $1/4$ 、すなわち  $1.72 \cdot 10^5 (\text{min}^{-1})$  となる。 $dp/p=0.25$  の間隙比速度の 4 割以下である。間隙比  $e$  と圧密圧力  $p$  関係と間隙比速度  $\dot{e}$  がユニークな関係にあるとは言えない。

著者らは一次圧密中に生じる二次圧密挙動に着目した粘土の一次元圧密解析法を提案している。提案法を Fig.1 に示した泥炭の圧密試験結果に対して適用した計算結果が Fig.6 の実線である。計算結果と実験結果はよく一致しており、泥炭の一次元圧密解析に対しても提案法の適応性があることを示している。計算に用いた一次圧密量と全圧密量に対する圧縮指数の比、 $C_c^*/C_c$  は、6%前後であり  $dp/p$  に影響されていない。泥炭試料では  $C_c^*/C_c$  値が小さく圧密量のほとんどが二次圧密と考えられ、荷重増分比により  $C_\alpha$  が変化するため泥炭にユニークな  $e \sim \log(p) \sim \dot{e}$  関係を見出すのは困難と思われる。

### 3. 2 荷重時間間隔の影響

荷重時間間隔を 1 日あるいは 7 日とした場合の  $e \sim \log(p)$  曲線を Fig.7、各荷重段階における  $C_\alpha$  を Fig.8 に示した。 $e \sim \log(p)$  曲線は荷重時間の影響を受けない。粘土に関する知見と異なり、荷重時間の小さい供試体の圧縮量が大きくなっている。 $C_\alpha$  は荷重時間により異なる値が得られた。Fig.9 は、正規圧密領域の圧密量 (= 間隙比) 時間曲線である。Fig.9 から荷重時間間隔の影響により圧密量時間曲線の形状が変化していると考えられる。1 日間隔荷重の圧密量時間曲線の形状は、一次圧密と二次圧密を区別しやすい形状である。7 日間隔荷重は、全圧密量に占める二次圧密量が大きいと一次圧密終了時の判定がしにくい形状である。

Fig.10 は、間隙比と間隙比速度の関係である。正規圧密領域では間隙比の変化によらずほぼ一定の間隙比速度となる傾向が観察されるが、荷重時間間隔により間隙比速度は大きな影響を受ける。室内圧密試験におけるユニークな  $e \sim \log(p) \sim \dot{e}$  関係が現場条件下でも存在するか疑問である。

## 4. 結言

Bjerrum の概念図に基づく正規圧密領域における間隙比速度一定線の存在を検討した。泥炭試料では、荷重増分比  $dp/p$  によらずユニークな  $e \sim \log(p)$  関係の存在を確認した。しかし、正規圧密領域における  $e \sim \log(p)$  曲線は、間隙比速度一定線ではなかった。

### 参考文献

- 1) Leroueil, S. et al. (1985) : Stress-strain-strain rate relationship for the compressibility of sensitive natural clays, Geotechnique 35, No.2, 159-180.
- 2) Nash, D. (2001) : Modelling the effects of surcharge to reduce long term settlement of reclamations over soft clays : a numerical case study, Soils and Foundations, Vol.41, 1-31.
- 3) 今井五郎 (1987) : 粘土の圧密機構 - 原論 -, わかりやすい土質力学原論, 土質工学会, 73.
- 4) 白子他 (2003) : 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, 3-368, 535-534.

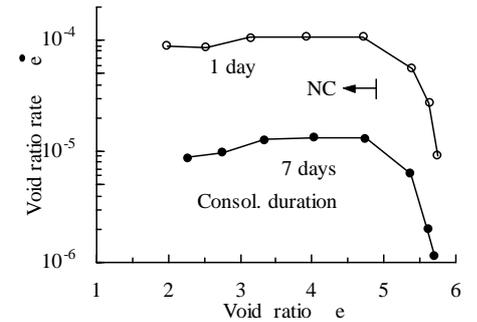


Fig.10  $e \sim \dot{e}$  関係