

不攪乱有明粘土の圧密特性におけるひずみ速度の影響

佐賀大学 理工学部 学生員 ○川原 淳
同 理工学部 学生員 入部 憲一
同 理工学部 正会員 柴 錦春

1. はじめに

粘性土の圧密特性はひずみ速度に依存している¹⁾。このひずみ速度の依存特性の究明は、軟弱粘土地盤上における盛土など土構造物の施工速度の検討、圧密変形予測に有用である。不攪乱有明粘土試料を用いて、定ひずみ速度試験及び段階載荷試験の比較によって、その圧密特性におけるひずみ速度の影響を検討した。検討項目は圧密降伏応力 P_c と、間隙比 $e \sim$ 圧密応力 p' 曲線の特徴である。また、試験結果を用いて $e-\ln p'$ と $\ln e-\ln p'$ プロットを比較し、 $\ln e-\ln p'$ プロットの適応性について調べた。

表 1 試料の物性値

深さ (m)	W_n (%)	W_p (%)	W_L (%)	粘土分 (%)	シルト分 (%)	砂礫分 (%)
2.00-3.00	134.0	52.7	117.1	-	-	-
4.00-5.00	107.2	38.7	71.5	-	-	-
6.00-7.00	129.5	48.2	111.4	-	-	-
8.00-9.00	101.2	45.2	99.9	60.2	39.8	0.0
10.00-11.00	116.4	49.9	114.1	61.3	38.7	0.0

2. 試料及び試験方法

本研究は佐賀県小城市芦刈町大字道免でシンウォールサンプラーによって採取された不攪乱有明粘土試料を使用した。

物性値は表 1 に示している。

段階載荷試験は、JIS A 1217「土の段階載荷による圧密試験方法」、定ひずみ速度試験は、JIS A 1227「土の定ひずみ速度載荷試験方法」に基づいて行った。定ひずみ速度試験は、試料底面の間隙水圧を正しく測定する必要があるため、約 2 日の蒸留水の循環によって試料を飽和させた。定ひずみ速度試験のひずみ速度は 0.02%/min と 0.1%/min であった。一つの試験期間は 1～2 日で、データロガーで圧密変位、軸圧縮力及び間隙水圧を自動的に記録した。

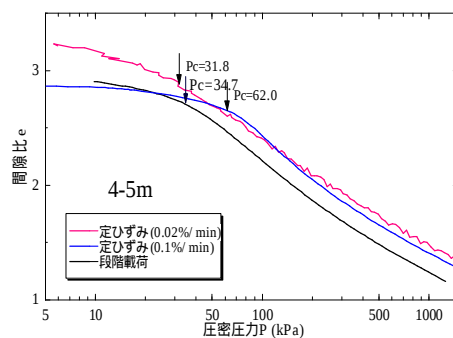
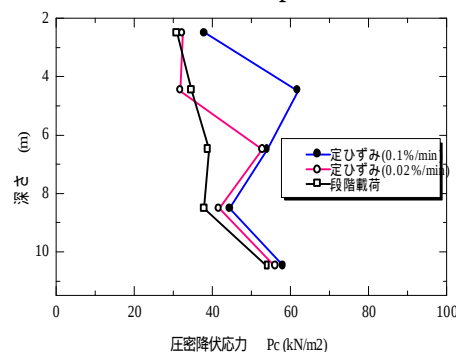
3. 試験結果及び比較・検討

3.1 圧密降伏応力 P_c について

図 1 は深さ 4-5m の試料の $e-\ln p'$ 曲線である。不攪乱試料の不均一性により、初期間隙比のばらつきがあるが、ひずみ速度の増加によって、 P_c 値が大きくなるのがわかる。段階載荷試験とひずみ速度 0.1%/min の結果を比較すると、 P_c 値は 34.7kPa から 62.0kPa まで増加した。各深さにおける P_c 値の変化は図 2 に示す。この図から、1) 深さ 6-7m 以外の試料のひずみ速度 0.02%/min の P_c 値は段階載荷の試験結果とほぼ一致している。Suzuki and Yasuhara は、ひずみ速度 0.02%/min の定ひずみ速度試験は盛土荷重による横浜粘土とインドネシア Banjarmasin 粘土の現場挙動をシミュレーションすることができると報告している²⁾。2) すべての深さで、ひずみ速度 0.1%/min の P_c 値の結果は、ひずみ速度 0.02%/min より大きい。深さ 8-9m と 10-11m の試料について、 P_c におけるひずみ速度の影響があまりなかった。その原因はまだ不明である。

3.2 圧縮指数 λ ($e-\ln p'$ 曲線の傾き)

深さ 6-7m の試料について、ひずみ速度 0.02%/min と段階載荷試験結果から計算した圧密指数 λ 値を図 3 に示す。段階載荷試験の場合、一定の圧密応力増分 $\Delta p'$ による間隙比の変化量 Δe だけが測定でき、連続的に間

図 1 $e-\ln p'$ 曲線図 2 P_c の深さ方向の比較

隙比 e ~ 圧密応力 p' の変化過程を測定できない。従って、 P_c に近いところの e - $\ln p'$ 曲線の特徴を取れない可能性がある。定ひずみ速度試験の一つの特徴は p' と e の連続的な測定ができ、段階載荷試験より e - $\ln p'$ 曲線を正しく評価することができる。降伏応力前後において、段階載荷試験と定ひずみ速度試験による λ 値の差が大きい。定ひずみ速度試験の場合、試料の降伏前の λ 値が小さく、降伏直後に λ 値が急に増加現象を示し、その後徐々に減少した。一方、段階載荷試験の場合、降伏前の λ 値は定ひずみ速度試験の値より大きい、降伏直後の λ 値は、定ひずみ速度試験の値より小さかった。例えば、ある圧密応力増分 Δp をかける前の圧密圧力 $p'_0 < P_c$ で、かけた後 $p'_0 + \Delta p > P_c$ になる場合 Δp による間隙比の変化 Δe は降伏前後の変化量を含む。計算した平均圧密圧力 ($p'_0 + 0.5\Delta p$) に相当する λ 値は定ひずみ速度試験の結果より大きくなり、その後の λ 値は小さくなる。 λ 値は圧密沈下量を計算する際に重要なパラメーターである。この観点から、定ひずみ速度試験は段階載荷試験より有利と考えられる。圧密応力の変化による λ の変化は正規圧密領域において、 e - $\ln p'$ 関係の非線形を意味している。この点について次に検討する。

3.3 e - $\ln p'$ と $\ln e$ - $\ln p'$ プロット

ほとんどの自然粘土は微視構造をもっている。この微視構造により、 e - $\ln p'$ 関係は非線形の場合が多い。図 4(a) と (b) に、深さ 6-7m の試料のひずみ速度 0.02%/min の試験結果を e - $\ln p'$ と $\ln e$ - $\ln p'$ にプロットしている。正規圧密領域で、 e - $\ln p'$ より $\ln e$ - $\ln p'$ プロットの方は線形的であることがわかる。図 4(a) に示すように e - $\ln p'$ プロットは、 P_c の変化によって曲線の傾き λ は変化する。Chai らは $\ln(e_c + e) - \ln p'$ (e_c は定数で、有明粘土の場合は 0 である) プロットの傾きを λ_1 と定義し、 λ_1 を用いて地盤の圧密沈下計算法を提案した³⁾。本研究により、 $\ln e$ - $\ln p'$ プロットは定ひずみ速度圧密試験結果に適用できることがわかった。

4. まとめ

不攪乱有明粘土試料を用いて、定ひずみ速度と段階載荷圧密試験を行った。試験結果から以下のことがわかった。降伏応力 P_c について、ひずみ速度の増加によって P_c 値が増加した。また、ひずみ速度 0.02%/min の P_c 値は段階載荷圧密試験の試験結果とほぼ一致している。間隙比 e と圧密圧力 p' の関係について、定ひずみ速度試験は降伏応力前後の間隙比の変化を正しく測定することができる。定ひずみ速度試験結果より、正規圧密領域で e - $\ln p'$ プロットは非線形であるが、 $\ln e$ - $\ln p'$ 関係はほぼ線形的である。従って、不攪乱有明粘土の圧密特性を $\ln e$ - $\ln p'$ 関係で評価するのが良いことがわかった。

5. 謝辞

本研究に用いた不攪乱有明粘土試料は、佐賀土木事務所より提供していただいた。

<参考文献>

- 1) Leroueil, S., Kabbaji, M., Tavenas, F., and Bouchard, R. (1985). Stress-strain-strain rate relation for the compressibility of sensitive natural clays. *Geotechnique*, Vol. 35, pp. 159-180
- 2) Suzuki, K. and Yasuhara, K. (2004). Case studies of consolidation settlement analysis using constant rate of strain consolidation test. *Soils and Foundations*, Vol. 44, No. 6, pp. 69-81
- 3) Chai, J.-C., Miura, N., Zhu, H.-H., and Yudhbir (2004). Compression and consolidation characteristics of structured natural clay. *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 41, pp. 1250-1258

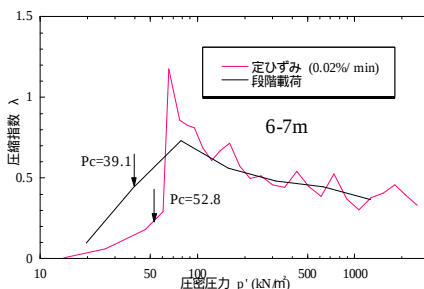
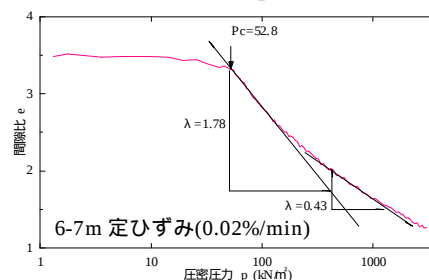
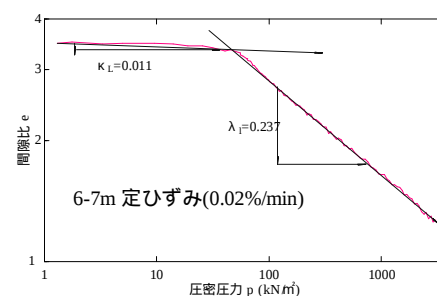


図3 λ - $\ln p'$ の比較



(a) e - $\ln p'$ プロット



(b) $\ln e$ - $\ln p'$ プロット

図4 e - $\ln p'$ と $\ln e$ - $\ln p'$ プロット