

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	○入部	憲一
同	理工学部	正会員	柴	錦春
同	低平地研究センター	正会員	日野	剛徳

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。ひずみ速度の依存特性を究明することは、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や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、定ひずみ速度及び段階載荷圧密試験結果の比較及び、ひずみ速度を変化させての定ひずみ速度試験(変速度試験)によって、圧密特性におけるひずみ速度の影響を検討した。

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において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。試料の物性値は図1に示している。

試験は、JIS A 1217「土の段階載荷による圧密試験方法」、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、試験中試料に200kPaの背圧をかけた。定ひずみ速度試験のひずみ速度は0.02~0.2%/minを用いた。一回の試験期間は2日で、データロガーにより圧密変位、軸圧縮力(p)及び底面の間隙水圧(u_b)を自動的に記録した。また、試料中の有効圧密圧力 p' は以下の式で計算する。

$$p' = p - \frac{2}{3}u_b \tag{1}$$

3. 試験結果及び比較・検討

3.1 圧密降伏応力(P_c)

図2は深さ2-3mの試料をひずみ速度を0.02%/min、0.1%/min及び、0.2%/minと変化させて試験した間隙比(e)-圧密圧力(p)曲線である。ひずみ速度(ε̇_v)の増加によって、e - ln(p) 曲線が平行に右側に移動することがわかる。よって圧密降伏応力(P_c)においても ε̇_vの増加によって大きくなると考えられる。

図2中には e - ln(p) 曲線の形状を考えて、ひずみ速度0.2%/minの e - ln(p) 曲線を推定したものを示した。P_cの増加分 ΔP_cは約9(kN/m²)であり、増加の割合として14%である。

Tanaka ら¹⁾は肥前鹿島で採取した有明粘土試料でひずみ速度が10倍増加した場合、P_cの増分は約12%

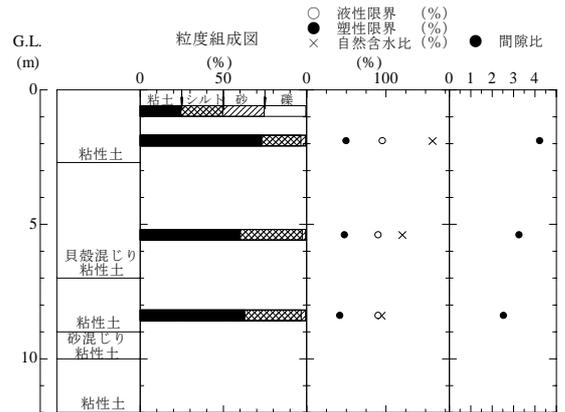


図1 試料の物性値

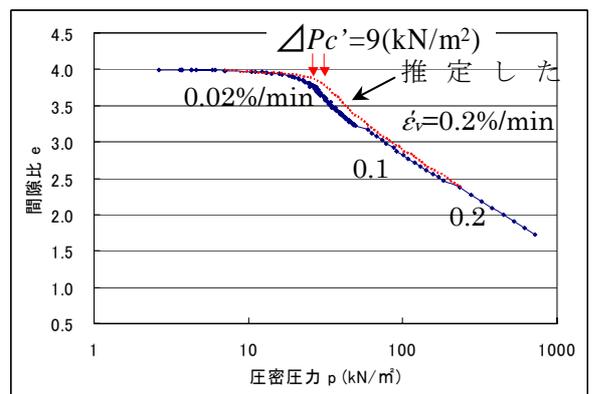


図2 深さ2-3m試料の e - ln(p) 曲線

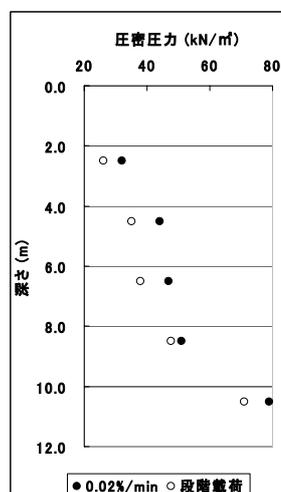


図3 P_c の比較

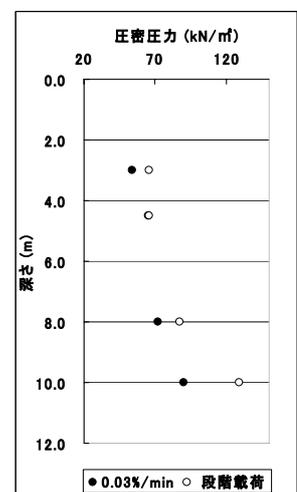


図4 文献²⁾による P_c の比較

と報告しているため、本研究の結果は Tanaka らの結果とほぼ一致している。

ひずみ速度($\dot{\epsilon}_v$)が P_c 値に影響を及ぼすが、実務上どの程度の $\dot{\epsilon}_v$ 値における P_c 値が段階圧密試験からの P_c 値と近いかの疑問がある。図 3 に $\dot{\epsilon}_v=0.02\%/min$ の定ひずみ速度と段階圧密試験の P_c 値の比較を示したものを示す。データのばらつきはあるが全体として、両者には大きな差がないと言える。また、図 4 には文献報告された²⁾ $\dot{\epsilon}_v=0.03\%/min$ の定ひずみ速度と段階圧密試験の P_c を比較している。図 3 と同じ傾向を示している。

つまり、実務上 $\dot{\epsilon}_v=0.02-0.03\%/min$ の定ひずみ速度圧密試験の P_c 値は段階圧密試験のものに近いと考えられる。

3.2 圧密係数(C_v)と透水係数(k)

図 5 に深さ 6-7m の試料の C_v 値を比較している。log スケールで正規圧密領域における定ひずみ速度試験の C_v 値は段階圧密試験のものと同様な差は見られない。また、 $\dot{\epsilon}_v$ の影響もデータの誤差の範囲内と判断する。だが、 P_c 前後の C_v の変化が違う。定ひずみ速度試験の場合、過圧密領域から正規圧密領域へと移行する際に C_v 値の変化が大きい。一度大きく下がって、圧密圧力の増加と共に増え、最終的に安定した値となる。これは定ひずみ速度試験では $e-p$ 関係を連続的に測定でき、降伏直後における試料の剛性が大きく減少する現象を反映したと理解している。

また、試料の透水係数(k)についてだが、段階圧密試験では C_v 値より求めるが、定ひずみ速度試験では独立して求められる。図 6 に深さ 6-7m の試料の k 値の比較を示す。定ひずみ速度と段階圧密試験からの k 値は大きな差がないこと、定ひずみ速度試験の場合 $\dot{\epsilon}_v$ の影響も明瞭でないことが分かった。また、有明粘土の k 値と間隙比(e)の関係は以下に示す Taylor の式³⁾により計算できる。

$$k = k_0 \cdot 10^{-(e_0 - e)/C_k} \quad (2)$$

ただし、 e_0 は初期間隙比、 k_0 は e_0 に相当する透水係数、 C_k は定数($C_k = 0.4e_0$ を用いた)とする。

4. 総括

不攪乱有明粘土試料を用いて、定ひずみ速度と段階圧密試験を行った。試験結果から、ひずみ速度($\dot{\epsilon}_v$)の増加によって同じ間隙比(e)での圧密圧力(p)が増加した。 $\dot{\epsilon}_v$ が 10 倍における降伏応力(P_c)の増加は約 14% であった。また、圧密係数(C_v)と透水係数(k)について $\dot{\epsilon}_v$ の明瞭な影響がないこと、定ひずみ速度圧密試験と段階圧密試験の結果の大きな差がないことが示された。さらに透水係数(k) と間隙比(e)の関係は Taylor の式で表現できることが分かった。

<参考文献>

- 1) Tanaka, H., Mishima, O. and Tanaka M. (2000): The rate effect on p_c value for nine undisturbed marine clays, *Proc. 10th Int. Offshore and Polar Engineering Conf. (ISOPE)*, 2, pp, 649-652.
- 2) Sakai, A., Miura, N. and Hachiya, Y. (1997): Groundwater level variation in Saga plain including Pleistocene layer, *Proc. of Seminar on Land Subsidence and Geo-environment*, Saga University and Association on Lowland Research, pp. 119-132 (in Japanese).
- 3) Taylor, D. W. (1948): *Fundamentals of Soil Mechanics*, John Wiley & Sons Inc. New York.

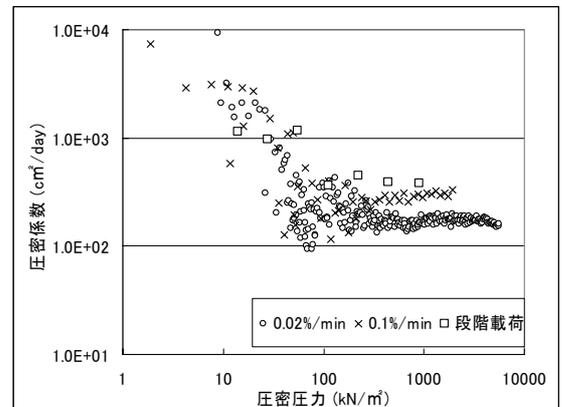


図 6 深さ 6-7m 試料の $k-e$ プロット

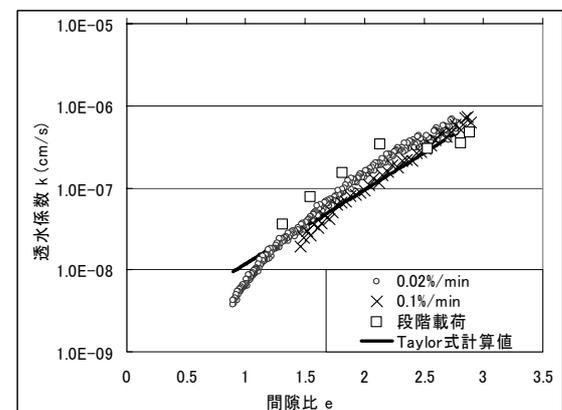


図 5 深さ 6-7m 試料の C_v-p' プロット