

有明粘土の圧密・強度特性における初期含水比の影響

佐賀大学 ○学 緒方 直哉 同 齋藤 昭則
同 正 柴 錦春

1. はじめに

浚渫土、高含水建設発生粘性土の処理、有効利用の際、まず圧密により粘性土の含水比を低下させることは必要である。伝統的な土質力学では、一定の粘性土に対して、圧密応力(p')と間隙比 (e) の関係は唯一なものであるが、最近の研究成果¹⁾により高含水比の粘性土の場合、一定の p' においても、粘性土の初期含水比(w_0)が異なると、圧密終了後の e が異なることを示している。そこで、本研究では w_0 が異なる有明粘土を用い、低圧 ($p'=0.5\sim 128\text{kPa}$) 範囲での段階載荷圧密試験、また、圧密終了後の供試体に対してベーンせん断試験を行い、試験結果より w_0 の違いが圧密特性及びせん断強度に与える影響について実験的に検討を行った。

2. 試験装置・方法

2-1 段階載荷圧密試験

圧密試験装置を図-1に示す。高含水比の粘性土の圧縮量が大きいと考えて、供試体の直径は普通の圧密試料と同じ60mmであるが、高さは30mmである。圧密荷重はおもりで加える。

圧密試験で使用した試料は、佐賀県小城市芦刈町より採取した有明粘土である。対象試料の物理性質の指標を表-1に示す。供試体の w_0 は100%から150%まで10%刻みに6段階に調整し試験を行った。圧密試験の手順は以下のとおりである。

圧密リングに粘性土を厚さ30mmまで入れ供試体とする。所定のおもりを加えて圧密試験が始まる。荷重の偏心を防ぐために、圧密セルの周りに3本のガイド棒を設置、円盤状のおもりの相応した位置に三つの穴を開け、ガイドを通し加圧する。加えた p' は0.5kPaから順に1.0kPa, 2.0kPa, 4.0kPa, 8.0kPa, 16.0kPa, 32.0kPa, 64.0kPa および128.0kPaまで載荷する。一つの荷重増分の圧密期間は一日であった。



図-1 試験装置

2-2 せん断試験

圧密試験後の試料の厚さは約20mmである。一面せん断試験の供試体には使用できない。圧密試験後の試料の非排水せん断強度(S_u)における w_0 の影響を調べるために、ベーンせん断試験を実施した。用いたベーンの直径は10mm、高さは20mmである。供試体の厚さが20mm以下となるものもあるため、ベーンブレードの高さの半分(10mm)まで供試体に挿入し試験を行った。せん断速度3度/分で試験を実施した。試験方法は標準なものとは違うが、試料の相対的な S_u の比較に十分使えると考えている。

表-1 物理特性

試料名	土粒子の密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$	液性限界 $W_L(\%)$	塑性限界 $W_P(\%)$	塑性指数 I_P
有明粘土	2.635	115.0	49.3	65.7

3. 試験結果と考察

3-1 圧密特性

表-2に供試体の w_0 と圧密終了後の含水比(w)を示す。 w_0 は96%~150%、 w は76%~80%となっていた。

図-2に各 w_0 の供試体の e - $\log p$ 曲線を示す。図より w_0 の違いによって圧密曲線に違いが出ていることが分かる。また、 $p'=0.5\text{kPa}$ の場合、 $w_0=96.4\%$ では $e=2.708$ 、 $w_0=150\%$ では $e=3.652$ となり、 e の差が約1であった。 $p'=128\text{kPa}$ の場合、 $w_0=96.4\%$ の供試体は $w=76\%$ 、 $e=2.004$ となり、 $w_0=150\%$ の供試体は $w=78\%$ 、 $e=2.259$

表-2 供試体含水比

初期含水比 w_0	96	114	120	130	138	150
圧密後含水比 w	76	76	79	80	80	79

となり e の差が 0.255 であった。 p' の増加に伴って、 e の差が減少した。また、図-3 に示した圧縮指数(C_c)を見ると、多少ばらつきはあるが w_0 の増加により増加傾向にある。図-4 に各 w_0 の供試体の体積圧縮係数(m_v)と p' の関係を示す。 w_0 が大きい程、 m_v が大きい傾向にあり、その差は p' の増加に伴って、小さくなる。

以上のことから、低圧($p'=0.5\sim 128\text{kPa}$)の範囲では、 w_0 の違いが圧密特性に影響を及ぼすこと、 p' の増加に伴いその影響の程度が減少することが分かる。

3-2 非排水せん断強度

ベーンせん断試験の結果を図-5 に示す。図より多少ばらつきはあるが、 w_0 の値が大きくなると S_u が小さくなる傾向がみられ、 w_0 が一定の圧密応力下の S_u 値にも影響を及ぼすことが分かる。この結果は資料¹⁾に報告された結果と一致している。表-2 に示すように圧密終了時の w 値が 76%~80%なので、 w_0 が大きい程、最終 w が大きく、そして、 S_u 値が小さいことが分かった。

3-3 ディスカッション

w_0 が粘土の圧密・せん断特性に影響を及ぼすメカニズムについて、主に粘土の微視構造、粒子の配列に影響したと考えている。粘土粒子は表面にマイナス電荷を持っている。そして、その周囲に陽イオンを吸着し、電気二重層を形成する²⁾。 w_0 が高い程、土粒子の回転・移動の自由度が増える。よって、 w_0 の違いによる異分子微視構造が形成され、その力学性質が違っていると推測できる。さらに、粘土の力学特性に w_0 の影響程度は粘土鉱物の種類、間隙水の性質により異なると考えられ、今後さらに検討する必要がある。

4. まとめ

供試体の初期含水比(w_0)が違う供試体に圧密応力(p')0.5~128kPa で段階荷重圧密試験、圧密した試料を用いてベーンせん断試験を行い、圧密特性およびせん断強度における w_0 の影響を検討した。そこで得られた知見は以下のとおりである。

- 1) 段階荷重圧密試験の結果により、試料の圧密特性に w_0 が明確な影響があることが分かった。 w_0 の増加により、圧縮指数(C_c)と体積圧縮係数(m_v)が増加する傾向が認められる。
- 2) 一定の p' で圧密した試料の S_u に w_0 が影響を与える。 w_0 が大きい程、 S_u が小さくなる。その原因については、 w_0 の違いにより、圧密後の試料の含水比も違うことである。

参考文献

- 1) Hong, Z.-S. et al. (2013): Effect of initial water content on undrained shear behavior of reconstituted clays. *Geotechnique* 63, No. 6, pp.441-450
 2) Mitchell, J.K., (1996): *FUNDAMENTALS OF SOIL BEHAVIOR* second edition, NO.7, pp.111-130

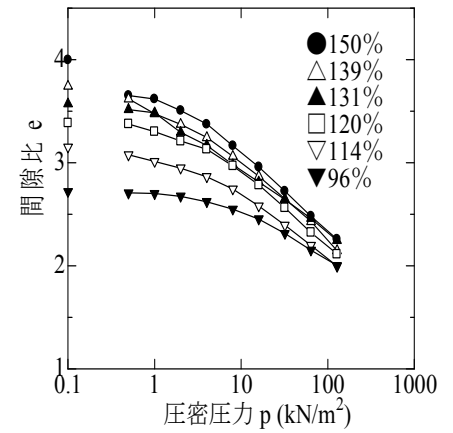


図-2 各初期含水比の e -log p 曲線

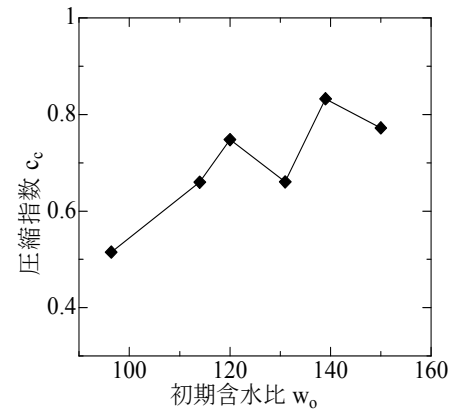


図-3 C_c - w_0 の関係

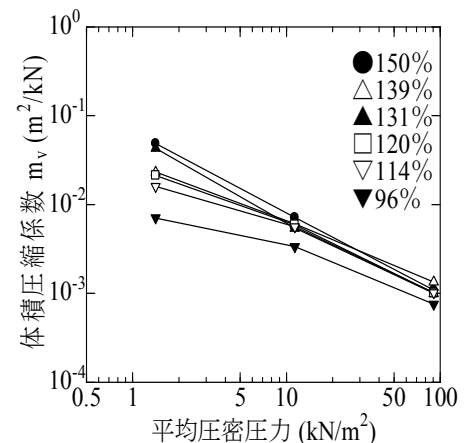


図-4 各初期含水比における m_v の比較

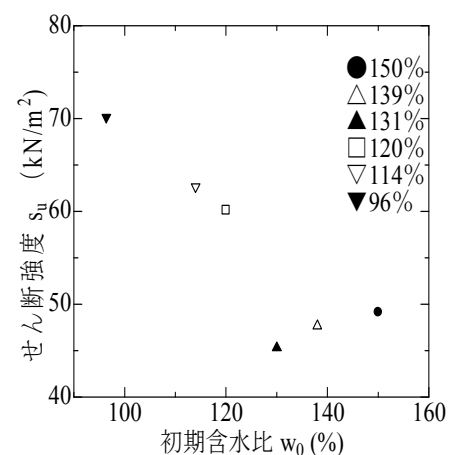


図-5 S_u - w_0 の関係