

浚渫粘性土の圧密特性における初期含水比の影響

佐賀大学 ○学 鶴林 悠太 同 齋藤 昭則
同 正 根上 武仁
同 正 柴 錦春

1. はじめに

これまでの土質力学では、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としていた。しかし最近の研究¹⁾により、高含水比の粘性土の場合は一定の圧密応力においても初期含水比が異なると圧密終了後の間隙比が異なることが明らかにされている。その原因については、初期含水比の違いにより、形成した微視的土構造が異なるためと考えられる。さらに、微視的な土構造に影響を及ぼす要因の1つは粘土鉱物の種類と間隙水質、そして粘性土表面に形成した電気二重層厚であることが推測される。

本研究では佐賀平野における河川と海の合流地点で採取した浚渫粘性土を用いて、初期含水比が異なる状態で圧密試験を行い、その圧密特性における初期含水比の影響を検討した。また、有明粘土の圧密試験結果に関する既往の研究²⁾と比較し、圧密特性における初期含水比の影響程度が異なる原因について議論する。

2. 試験装置・方法

圧密試験装置を図-1に示す。この装置では圧密応力は 0.5kN/m^2 から載荷できる。高含水比の粘性土を用いるため圧縮量が大きいと考え、供試体の直径は通常の圧密試料と同じ 60mm であるが、高さは 30mm とした。

本研究で用いた試料は、佐賀県佐賀市西与賀町より採取した浚渫粘性土である。その物理性質を表-1に示す。供試体の初期含水比は 110% から 170% まで 10% 刻みで6段階に調整し、試験を行った。比較するために、緒方らが報告している有明粘性土の物理的性質²⁾も表-1にまとめている。圧密試験の手順は以下の通りである。

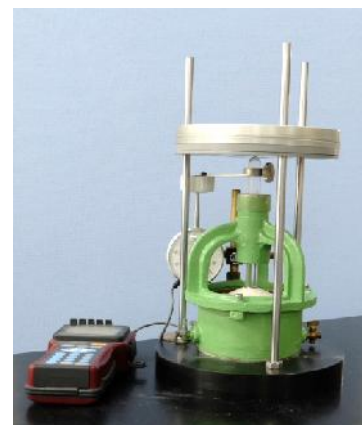


図-1 圧密試験装置

(1) 圧密応力 $0.5 \sim 128.0\text{kN/m}^2$

圧密リングに粘性土を厚さ 30mm まで入れ、供試体とする。図-1の装置を用い、所定のおもりを載せて圧密試験を開始する。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し、円盤状のおもりの相応した位置に3ヶ所の穴を開け、ガイドを通し加圧する。加えた荷重は順に 0.5 、 1.0 、 2.0 、 4.0 、 8.0 、 16.0 、 32.0 、 64.0 、 128.0kN/m^2 の9段階である。

(2) 圧密応力 $256.0 \sim 1024.0\text{kN/m}^2$

図-1の装置では 128.0kN/m^2 までの載荷しかできないため、 128.0kN/m^2 まで載荷した供試体を圧密セルと一緒に高圧装置へ移動させる。その後 256.0 、 512.0 、 1024kN/m^2 の3段階の載荷を行った。1つの荷重増分の圧密期間は1日とした。

表-1 物理特性

物理性質 試料名	土粒子の密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$	液性限界 WL(%)	塑性限界 WP(%)	塑性指数 IP	強熱減量 Li(%)
浚渫粘性土	2.572	105.6	50.7	54.9	10.07
有明粘土	2.635	115.0	49.3	65.7	7.97

3. 試験結果と考察

(1) 圧密特性

図-2に本研究で用いた浚渫粘性土の各供試体の $e-\log p$ 曲線を示す。図より、初期含水比の違いによって始めの方は $e-\log p$ 曲線に違いが出ていることが見て取れる。しかし載荷が進むに連れてその差は小さくなり、 128.0kN/m^2 載荷時には各曲線がおおよそ1つに収束した。緒方らによる有明粘土

表-2 各供試体の陽イオン濃度

供試体 分析項目 $\rho(\text{ppm})$	浚渫粘性土	有明粘土
カルシウム (Ca)	88.4	8.0
マグネシウム (Mg)	159.3	10.1
ナトリウム (Na)	1112.0	161.0
カリウム (K)	100.0	—

の試験結果を図-3に示す。この場合、圧密応力が 128.0 kN/m^2 まで、試料の初期含水比がその圧密特性に明確な影響を与えている。

(2) 考察

本研究で用いた浚渫粘性土と緒方らが使った有明粘土の圧密特性が違う原因について、以下のことが考えられる。

a) 粒径分布

使用した有明粘土と浚渫粘性土の粒径分布曲線を図-4に示す。この図より、浚渫粘性土の粒径は有明粘土より大きいことが分かる。圧密特性における初期含水比の影響のメカニズムは、土の微視的構造の影響と考えられる。一定の含水比の範囲で含水比が高い程、粘土粒子の配列の自由度が高くなり、微視的土構造に影響を与える。従って、一般論として粘土成分が少ない場合、その影響の程度は低下する。浚渫粘性土は粘土成分が少なく、液性限界も低いので、定性的に圧密特性における初期含水比の影響は有明粘土より少ないと言える。

b) 間隙水質の影響

有明粘土は佐賀平野から採取し、浚渫粘性土は海と接する河川から採取したものである。表-2に有明粘土と浚渫粘性土の含水比 200%の場合において間隙水に含まれる陽イオン濃度を示す。これをみると、浚渫粘性土に含まれる陽イオン濃度は、有明粘土のものと比べかなり高いことがわかる。陽イオン濃度が高くなると粘土粒子表面の電気二重層厚³⁾が薄くなる。そして電気二重層による微視的土構造への影響が弱くなり、圧密特性における初期含水比の影響も弱くなると考える。また、浚渫粘性土(図-2)の場合、初期含水比 140%以上で 0.5 kN/m^2 の圧密応力で明確な圧密効果(間隙比の減少)があったが、有明粘土(図-3)の場合、多くのケースで 0.5 kN/m^2 での圧密効果があまりなかった。小さい圧密応力による圧密効果があることは、電気二重層が薄く、自由に移動する水の量が多いことを意味している。

4. まとめ

初期含水比の異なる浚渫粘性土で段階載荷圧密試験を行った。また、その圧密特性を有明粘土のものと比較し、検討を行った。そこで得られた知見は以下のとおりである。

a) 段階載荷圧密試験の結果より、浚渫粘性土においては初期含水比の異なる供試体でも 128.0 kN/m^2 載荷時には e -log p 曲線がおおよそ収束することがわかった。

b) 浚渫粘性土と有明粘土の圧密特性における初期含水比の影響程度は大きな差がある。これは浚渫粘性土の粘土粒子成分が少なく、間隙水中陽イオン濃度が高いため、微視的土構造における初期含水比の影響が小さかったと考えている。

参考文献：1) Hong, Z.-S. et al.: Effect of initial water content on undrained shear behavior of reconstituted clays. Geotechnique, vol. 63, No. 6, pp. 441-450, 2013. 2) 緒方直哉：粘性土の圧密・強度特性における初期含水比の影響, 平成 26 年度佐賀大学卒論. 3) Mitchell, J. K.: Fundamentals of soil behavior second edition, chapter. 7, pp. 111-130, 1996.

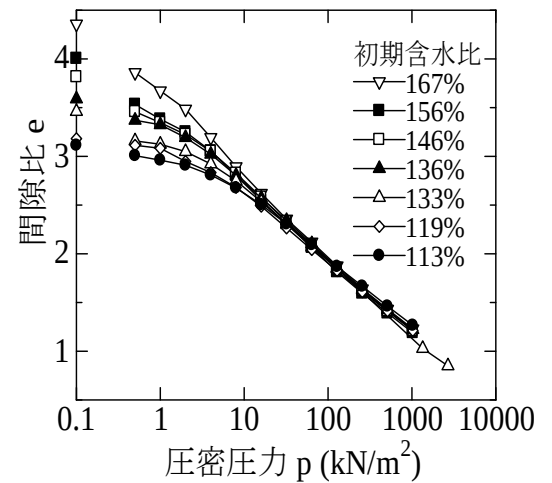


図-2 浚渫粘性土における各初期含水比の e -log p 曲線

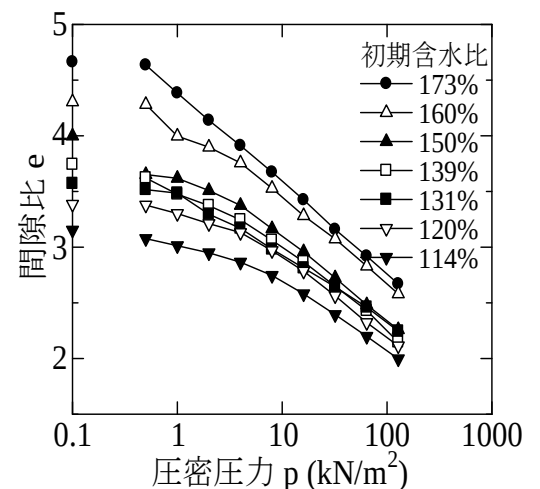


図-3 有明粘土における各初期含水比の e -log p 曲線²⁾

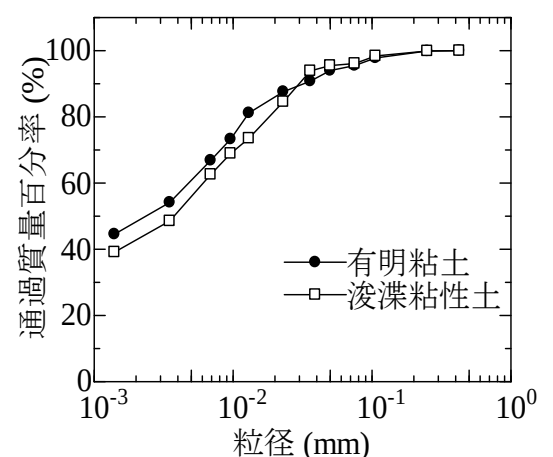


図-4 粒径加積曲線