

片栗粉を用いたダイラタント流体の圧密特性

長野高専 正会員 ○松下 英次
 長野高専 非正会員 上原 和也

1. はじめに

近年、メディアにおいて頻繁に片栗粉やコーンスターチなどを用いたダイラタント流体の実験が取り上げられている。ダイラタント流体とは、非ニュートン流体の一つでひずみ速度と応力が比例関係になく、ひずみ速度の増加に対して応力が急激に増加する性質を持っている¹⁾。このダイラタント流体の実用例として、プロテクターやエンジンの機能を回復させるエンジンオイル等に用いられている。このように様々な分野で実用化されているダイラタント流体を土木工学の分野においても利用できるのではないかと考える。しかし、ダイラタント流体の土木工学的性質は明らかにされていない。

そこで、本研究では片栗粉を用いたダイラタント流体の地盤工学的性質の内、圧密特性を調べることを目的とし、圧密試験を行った。

2. 実験概要

実験に用いたダイラタント流体は片栗粉と蒸留水を混合したものを用いる。片栗粉の物理的性質を求めるにあたり、片栗粉の特殊な性質のため地盤工学会基準では行うことができなかった。そこで、土粒子の密度試験は真空脱気法で行った。その結果、 1.642g/cm^3 であった。粒度試験は、写真-1に示す電子顕微鏡写真より大きさごとに粒子を数えて行った。図-1に得られた粒径加積曲線を示す。なお、粒径を求める際、粒子の長軸と短軸の長さを平均して粒径を求めた。さらに、通過質量百分率は、粒子を楕円体として体積を計算し、各粒子の密度を同じと仮定して算出した。液性限界試験では、ダイラタント流体の性質である急激に外力を加えると固体的に振舞うことから実験を行うことができなかった。また、塑性限界についても同様である。よって、NPとして扱うこととする。

圧密試験は一般的に行われている各段階 24 時間载荷する段階载荷²⁾により行った。初期含水比は、 $w=104.1\%$ で行った。

3. 片栗粉の圧密特性

図-2および図-3にそれぞれ圧密応力 $p=78.4\text{kN/m}^2$ および $p=627.2\text{kN/m}^2$ における経過時間 t と間隙比の変化量 Δe の関係を示す。 $p=78.4\text{kN/m}^2$ および $p=627.2\text{kN/m}^2$ ともにほぼ直線となっている。これは早い段階で一次圧密が終了し、グラフ上は二次圧密を計測していることが推測される。この直線が二次圧密かどうかを確認するために、圧密時間を 3 日間および 7 日間に延長して圧密試験を行った。その結果、24 時間载荷と同様ほぼ直線的に変化していることを確認した。よって、圧密係数については正確

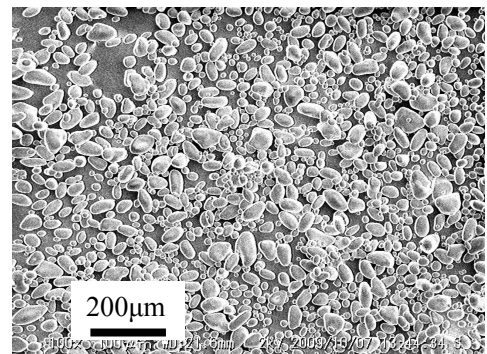


写真-1 片栗粉の粒子

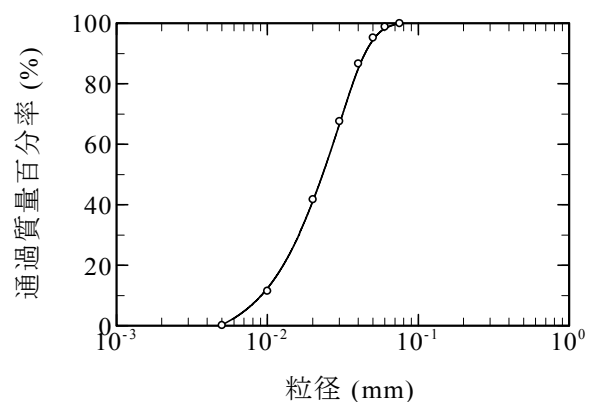


図-1 粒径加積曲線

キーワード ダイラタント流体, 圧密, 片栗粉

連絡先 〒381-8550 長野県長野市大字徳間 716 長野工業高等専門学校 TEL 026-295-7095

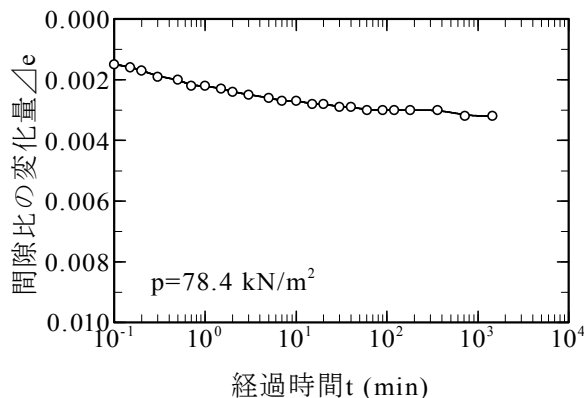


図 - 2 間隙比の変化量 Δe と経過時間 t の関係
($p=78.4\text{kN/m}^2$)

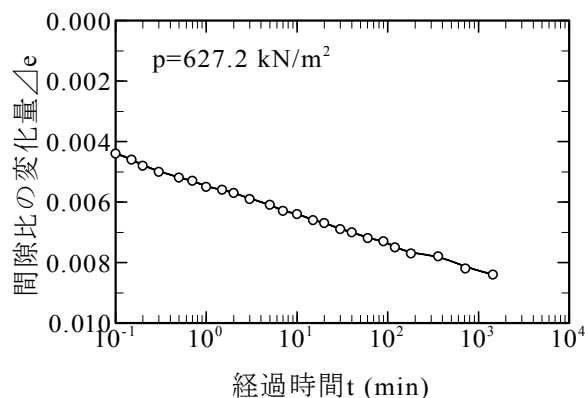


図 - 3 間隙比の変化量 Δe と経過時間 t の関係
($p=627.2\text{kN/m}^2$)

な値が得られないと考え、本実験では圧密係数については省略する。

図 - 4 に圧密応力 p と間隙比 e の関係を示す。今回用いた試料はスラリー状であり、先行荷重をかけていない試料は直線的に変化することが予想される。しかし、 $p=100 \sim 300\text{kN/m}^2$ 付近で変曲点が生じていることがわかる。これは、あたかも圧密降伏応力 p_c を示しているようである。その圧密降伏応力は $p_c=200\text{kN/m}^2$ である。また、変曲点前と変曲点後の圧縮指数 C_c を求めると変曲点前では $C_c=0.006$ 、変曲点後では $C_c=0.039$ である。一般的な粘土では C_c の値は $0.2 \sim 0.9$ の範囲内²⁾にあることが知られている。今回用いた試料ではその約 1 割程度の値である。つまり、ダイラタント流体は流体であるにもかかわらず、一般的な粘土に比べて圧密量が極めて小さいことがわかる。

図 - 5 に体積圧縮係数 m_v と平均圧密応力 $\bar{p}$ の関係を示す。体積圧縮係数は平均圧密圧力の増加に対してほぼ直線的に減少しており、一般的な粘土と同じような挙動を示している。

なお、圧密応力 $p=1254.4\text{kN/m}^2$ の载荷が終了し、試験機を解体した後でも、ダイラタント流体の性質は失われていないことを確認した。

5. まとめ

以上の結果から以下の知見を得た。

- (1) この試料は楕円形であり、非常に細かな粒子である。
- (2) 間隙比と圧密応力の関係に特異な変曲点が存在する。
- (3) 圧縮係数は一般的な粘性土よりも極めて小さい。
- (4) 体積圧縮係数は平均圧密応力の増加に対して減少し、一般的な粘土と同様な傾向である。
- (5) 圧密試験が終了してもダイラタント流体の性質は失われていない。

参考文献 1)中川鶴太郎：流れる固体，岩波書店，1980. 2)地盤工学会(編)：土質試験の方法と解説第一回改訂版，社団法人地盤工学会，2006.

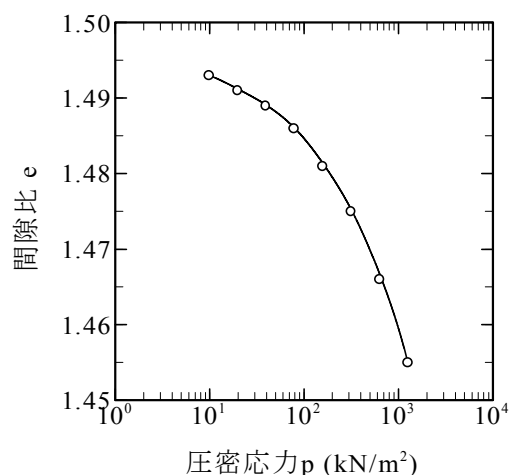


図 - 4 間隙比 e と圧密応力 p の関係

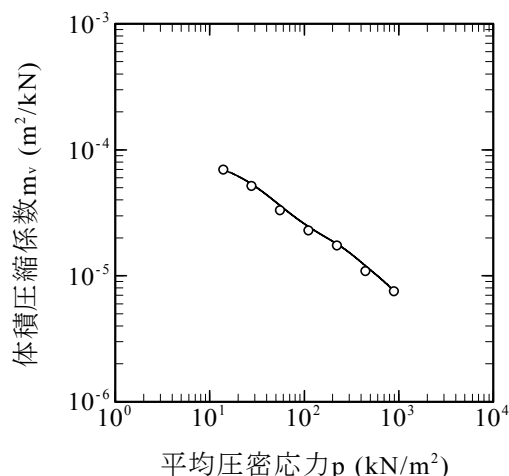


図 - 5 体積圧縮係数 m_v と平均圧密応 $\bar{p}$ の関係