

片栗粉を用いた流体の圧密特性について

長野工業高等専門学校 非会員 上原 和也
 長野工業高等専門学校 正会員 松下 英次

1. はじめに

近年、メディアにおいて頻繁に片栗粉などを用いたダイラタント流体が取り上げられている。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¹⁾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。

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圧密特性を調べ、どのように活用できるかを研究することを目的としている。

2. 流体の種類²⁾

流体は大きく分けてニュートン流体と非ニュートン流体の二つに分類される。ダイラタント流体は非ニュートン流体の一種である。非ニュートン流体は図-1のように応力とひずみ速度が比例関係にないものであり、その特徴によっていくつか分類される。³⁾ダイラタント流体の特徴として、急激に力を加えると固体的に振る舞い、ゆっくりと外力を与えると流体的に振る舞うという性質がある。

これと類似した性質を持つものに粘弾性体³⁾というものがある。粘弾性体とダイラタント流体の大きな違いは急激に外力を加えた場合に現れる。粘弾性体は急激な外力に対しゴムのように大きな変形を許すが、ダイラタント流体はほとんど変形しない。そのため限界を超えると脆性破壊が生じる。

3. 実験概要

本研究で用いる試料は片栗粉と蒸留水を混ぜた混合物である。

土粒子の密度試験では、片栗粉に熱を加えるとゲル状になるという性質があるため、一般的に用いられている煮沸による密度試験が行えなかった。そこで、真空脱気法による密度試験を行った。また、片栗粉は水を加えると空気が抜けにくいいため、試験に用いる試料の量を少なくして行った。その結果、試料の密度は 1.642g/cm^3 であった。粒度試験は、一般的な試験方法では粒径加積曲線を求めることができなかった。液性限界試験⁴⁾では、ダイラタント流体の特性である急激

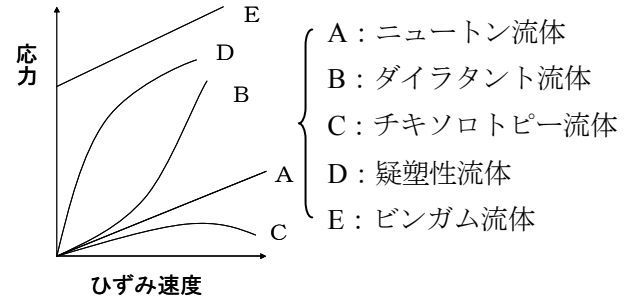


図-1 流体における応力とひずみ速度の関係²⁾

に外力を加えると固体的に振舞うという性質により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、この試料は NP として扱うこととする。

圧密特性を調べるため、圧密試験を行った。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⁴⁾による方法により行った。初期含水比は、 $w=104.1\%$ で行った。

4. 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。 $p=78.4\text{kN/m}^2$ の場合は、一般的な逡減傾向にあるが、一次圧密は極めて早い。 $p=627.2\text{kN/m}^2$ の場合は、対数的に直線的な増加を示した。これは早い段階で一次圧密が終了し、二次圧密を計測している。

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。しかし、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 を示していることにはほかならない。その圧密降伏応力は $p_c=200\text{kN/m}^2$ であった。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 $C_c=0.039$ であった。一般的な粘土では C_c の値は $0.2\sim 0.9$ の範囲内⁵⁾にあることが知られている。今回用いた試料ではその値を大きく下回る結果となった。この試料は一般的な粘土に比べ、圧密しにくいと言える。

図-5 に平均圧密応力 \bar{p} と圧密係数 c_v の関係を示す。

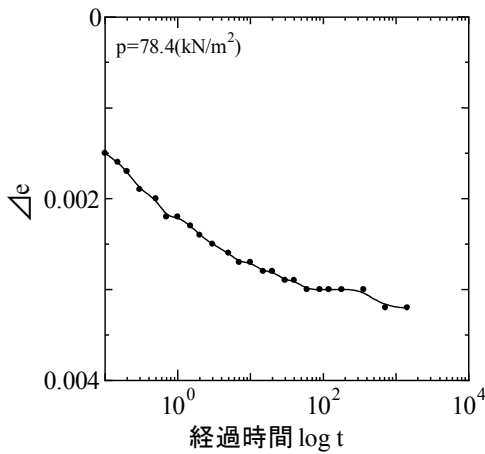


図-2 Δe -log t の関係

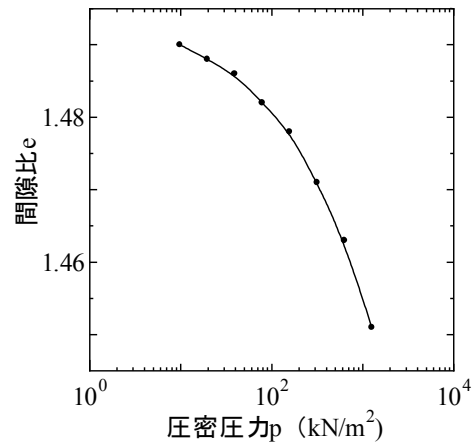


図-4 e-log p 曲線

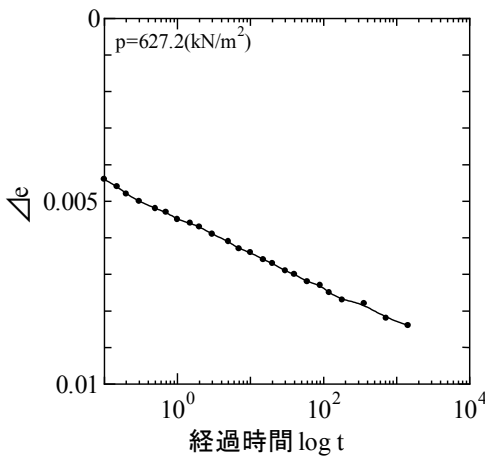


図-3 Δe -log t の関係

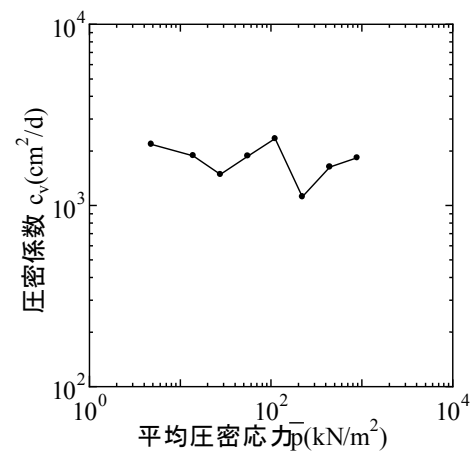


図-5 圧縮係数 c_v と平均圧密応力 \bar{p} の関係

ばらつきはあるものの、圧密係数は平均圧密応力の増加に対してほぼ一定であった。

図-6 に体積圧縮係数 m_v と平均圧密応力 \bar{p} の関係を示す。体積圧縮係数は常に減少傾向にあり、一般的な粘土と同じような挙動⁶⁾を示した。

なお、载荷が終了した後の試料は、ダイラタント流体の特性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)e-log 曲線に特異な変曲点が存在し、それは 200kN/m² 付近であった。
- (2)圧縮係数 C_c は一般的な粘性土よりも小さい。
- (3)圧密係数 c_v はほぼ一定値をとる。
- (4)体積圧縮係数 m_v 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。

参考文献

1) 有限会社 techcon ホームページ : <http://www.1techicon.com/QuickRefresh.html>. 2) 北海道医療大学 小野正利 ホームページ : <http://www.hoku-iryo-u.a>

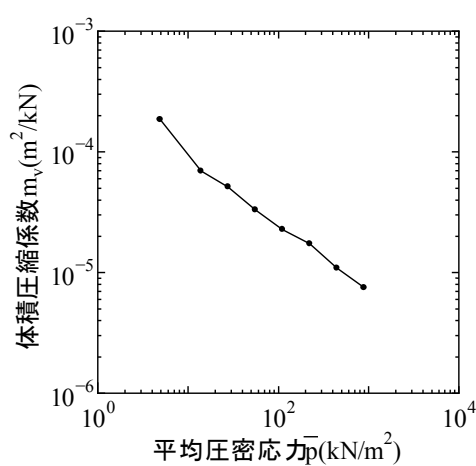


図-6 体積圧縮係数 m_v と平均圧密応力 \bar{p} の関係

c.jp/~onomasat/KOUGI/BIOMECH(06)/NO-15.PPT. 3) 中川鶴太郎 : 流れる固体, 岩波書店, 1980. 4) 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. 5) 石原研而 : 第2版土質力学, 丸善株式会社, 2004. 6) 地盤工学会(編) : 土質試験基本と手引き第一回改訂版, 社団法人地盤工学会, 2007.