

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 ○櫻井 智章
 (株)CRCソリューションズ 正会員 松浦 敦
 立命館大学理工学部 正会員 深川 良一

1.はじめに

泥水シールドや、地盤の掘削作業、浚渫作業などの建設工事では大量の汚泥が排出されているが、環境問題が大きくクローズアップされる昨今、このような汚泥に対する適正処理と有効利用を可能とする技術開発が強く求められてきている¹⁾。これに伴い、建設汚泥を効率良く脱水するための脱水装置が数多く開発されてきており、本研究の対象とする垂直型遠心脱水装置¹⁾もその一つである。本研究では、垂直型遠心脱水装置の脱水メカニズムを明らかにし、脱水装置特性、試料特性が脱水効果に与える影響を評価することを試みる。

2.遠心脱水メカニズム

遠心脱水現象は次のようなメカニズムであると推察できる。脱水による沈降過程には単粒子沈降、凝集沈降、界面沈降、圧密沈降の四つの過程がある²⁾。単粒子沈降と凝集沈降は、粒子沈降過程と呼ばれ、土粒子が単体またはフロックを形成し、互いに干渉せず沈降する過程でありストークスの法則に基づく現象である。また界面沈降と圧密沈降は、圧密沈降過程と呼ばれ、土粒子が互いに干渉し骨格を形成し沈降する現象で、自重圧密理論によって説明できると思われる現象である。本研究では、粒子沈降過程と圧密沈降過程がそれぞれどのように脱水現象へ影響及ぼすかを実験的に検討した。

3.実験

3.1 実験概要

実験で使用した遠心分離装置の概略を図1に示す。この遠心分離装置による一連の基礎的脱水実験を行い、脱水後の処理土の含水比と粒度分布(粒径加積曲線)を測定する。粒度分布の測定には、レーザー回折式粒度分布測定装置(島津製作所 SALD-3000)を使用した。

実験は次のように行う。試験管($r=11\text{mm}$)に含水比を調整した泥水を40 (mL)静かに流し込む。試験管を遠心分離装置にセットした後、所定の回転速度(r.p.m.)で脱水実験を開始し、所要の時間まで脱水を行った。脱水完了後、上澄み液と処理土とに分離する。処理土については、供試体内部の含水比分布と粒度分布の変化を調べるため、脱水完了後、供試体を5等分し、各々について含水比、粒度分布を測定した。この際、供試体の上部から底部の試料を Sample-1～Sample-5 と定義する。スラリー状粘土の圧密特性を調べるために「土の定ひずみ速度載荷による圧密試験方法(CRS-test)」(JIS A 1227)を実施した。

3.2 試料特性

実験試料としては、カオリン、藤ノ森粘土、浚渫土Aの3種類を使用した。液性限界は、それぞれ、29.0、49.67、86.4 (%), 土粒子密度は、それぞれ、2.61、2.58、2.64 (g/cm^3)である。

3.3 実験結果と考察

1) 粒度試験結果

カオリンにおける処理土の平均粒径分布図を図2に示す。平均粒径は、底面に近づくほど大きくなる傾向があり、この傾向は次のように説明できる。遠心場での脱水初期には、粒子沈降過程が起こっている

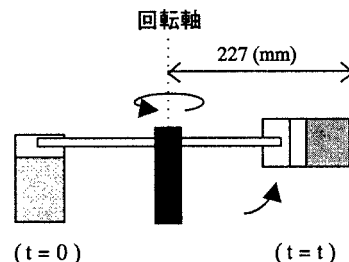


図1 遠心分離装置の概略

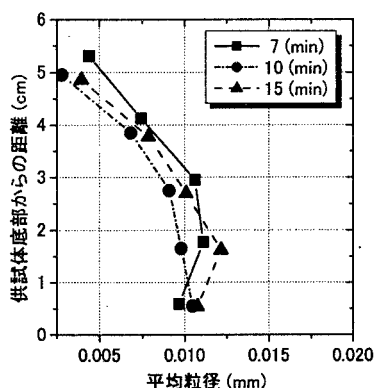


図2 処理土の平均粒径分布
(カオリン, 500r.p.m.)

と考えられる。よって土粒子沈降はストークスの法則によって支配され、土粒子沈降速度は土粒子の粒径によって決まる。その結果、土粒子の粒径の大きいものが、小さいものを追い越す現象が起き、粒径の大きなものが供試体下部に集まり供試体下部ほど平均粒径が大きくなったと思われる。しかし、経過時間による分布変化はないので、計測時間以前の脱水初期に粒子沈降過程が終了していると考えられる。

2) 平均含水比の時間変化

処理土の平均含水比の時間変化を図3に示す。平均含水比は、脱水初期に大きく減少し、その後は緩やかに減少していく傾向がある。粒子沈降過程終了後も脱水が進行することから、圧密沈降過程が発生していることが確認できた。また回転速度の影響としては、回転速度を上げるほど脱水時間が短縮できる傾向を示した。

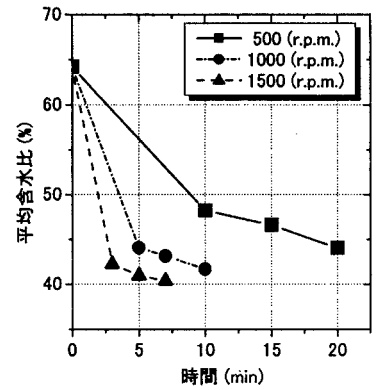


図3 平均含水比 (カオリン)

3) 含水比の分布

供試体内の含水比分布を図4に示す。Sample-1が脱水前の1.5倍と非常に高い含水比になり、Sample-2からSample-5にかけて緩やかに含水比が減少する傾向がある。供試体上部が脱水前より高くなる現象は、次のように説明できる。沈降過程において、供試体上部は、粗粒分の移動により含水比が上昇するとともに、非常に細かな粒径から構成されるため、初期状態より高塑性材料に変化し、そのまま高い含水比を保持するようになった。逆に供試体底部では低塑性化すると考えられる。

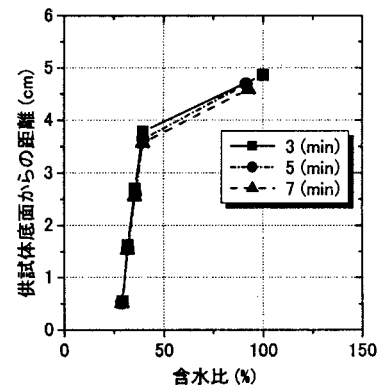


図4 含水比分布

(カオリン 1500 r.p.m.)

4) $f \cdot \log p$ 曲線

過剰間隙水圧が完全に消散していると考え、供試体内の含水比分布より、体積比 f と有効土被り圧 p を求め、 $f \cdot \log p$ 曲線を描いた。さらに、CRS試験結果も合わせて圧密特性を調べた結果を図5に示す。これより両者の傾きは、脱水実験の結果の方が大きな値を示し両者は一致せず、交差する結果が得られた。傾きが異なった理由としては、先に述べたように脱水後の供試体の粒子構成が初期状態から変化しているためと考えられる。また、脱水実験の $f \cdot \log p$ 曲線は、回転速度の増加によりCRS結果の直線部に沿って右下へほぼ平行移動している。この結果は、脱水実験から得られる $f \cdot \log p$ 曲線を供試体全体の平均的な挙動を現すものとするにより説明される。つまり供試体内の粒度構成や骨格構造は初期状態から変化し、深度ごとに異なる性状を有するようになるが、全体的にはバランスし、平均的な挙動には大きく影響していないと考えられる。

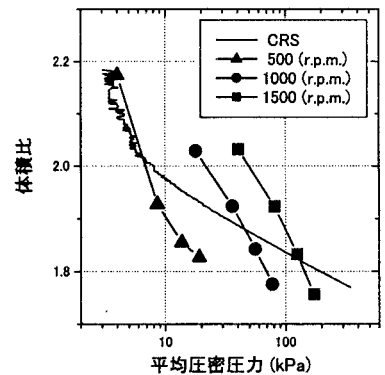


図5 カオリン $f \cdot \log p$ 曲線

4. 結論

- (1) 粒子沈降過程と圧密沈降過程を実験的に確認できた。
- (2) 粒子沈降過程は、脱水初期の短時間に終了していることが確認できた。
- (3) 供試体内部の粒子構成の変化により深度ごとの圧密特性は変化しているが、供試体全体の平均的な挙動には大きく影響していないと考えられる。

参考文献 1) 深川良一, 川島邦彦, 毛利豊重, 建山和由, 勝見武: 遠心力を利用したスラリー脱水機の開発と脱水性能の評価, 第4回地盤改良シンポジウム発表論文集, 日本材料学会, pp.197-200, 2000. 2) 高田直俊, 今井五郎, 木山正明: 圧密沈下を考える, 4. 浚渫粘土の圧密沈下 (その1), 土と基礎, 27-4, pp. 101-108, 1979.