

浄水汚泥に適したサイフォン脱水装置の開発

長崎大学工学部 学生会員 ○赤崎 俊介 学生会員 フレミー サムエル オイ
学生会員 張 子晨 長崎大学大学院 正会員 大嶺 聖

1. はじめに

近年, 浄水場から出る浄水汚泥の処理処分が社会的な問題になっている. 浄水汚泥は液性限界を超える高含水比になる状態が多く, 有効利用の際には脱水処理を行う必要がある. 脱水方法には機械力を利用した機械式脱水処理と, 天日を利用した自然式脱水処理などがある. 前者は, エネルギーを消費する高度な装置を必要とし, 後者は気候に左右されるといった問題がある. そこで, サイフォンの原理を用いた脱水方法に着目した. この方法はエネルギーを消費することなく, 安定して脱水することが期待される. 本研究では, 小型脱水実験により, 高含水比の浄水汚泥の脱水を行う.

2. 研究の目的, 方法

本研究では, サイフォンの原理を用いた脱水試験を行う. 簡易的なサイフォン脱水装置の開発と排水容器の開発を行い, 現地で容易に作成できることを目的とする. 脱水の原理としては, 粘土内の紐 (排水材) に水が吸収され, 紐を伝って容器の外へと運ばれ脱水される. ここにサイフォンの原理から得られた負圧を加えることで更に脱水されることが見込まれる.

(1) サイフォン脱水装置の概要

本実験では, 学内の建物の2階から1階にホースをおろして実験を行う. 概要を図1に示す. 1階に貯水できるバケツ, 2階にホース内に水を流し込むことができるタンクに据え付け, ホースが常に水で満たされるように調整する. 2階の貯水タンクに負圧計, 汚泥の入った脱水容器を接続する. ホース内が水で満たされることで, 図1の赤矢印方向に圧力がかかり, 容器から水が脱水される. 圧力の大きさは貯水タンクとのバケツの高さに依存する. サイフォン脱水装置は, 時間経過とともにホース内に気泡が入り, 圧力が低下する. そのため, 定期的に分の開け閉めを行い, 圧力の維持を行わなければならない. 計測方法としては, 1時間ごとに脱水容器の質量を計測し, 脱水量から容器内の平均含水比を算定する. また, 分の開け閉めも同時に行う. 高さは5.51mである. 圧力は $-55\text{KPa} \sim -45\text{KPa}$ (負圧) 程度示すことが確認できた. 対象土は, 東長崎浄水場の天日乾燥床の浄水汚泥とする. 浄水汚泥の物理的特性を表1に示す. 高含水比の汚泥を液性限界の300%以下になるまで脱水を行う.

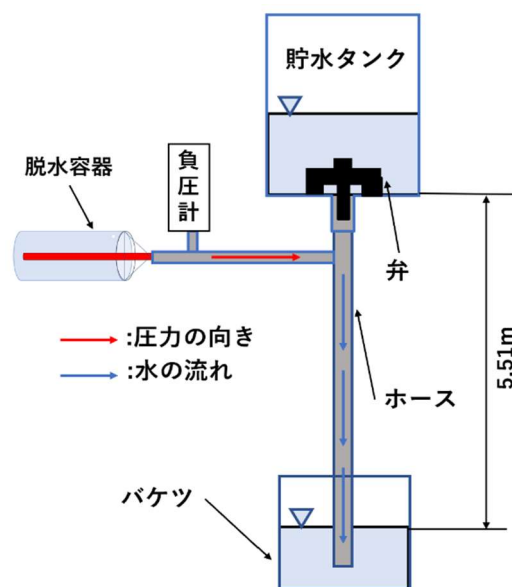


図1 サイフォン脱水装置

表1 東長崎浄水場の浄水汚泥の物理的特性

試料	液性限界(%)	塑性限界(%)	塑性指数
浄水汚泥	300.00	101.58	198.42

(2) 脱水容器の概要

脱水容器は, 排水材を取り付けたビニール袋に浄水汚泥を詰め, 脱水装置を接続する. 脱水容器を図2に示す. 供試体直径:110mm, 供試体高さ:400mm, ビニール袋から飛び出す排水材の長さ:200mm, 基本はこの条件で脱水実験を行い, 脱水効果を検討する. 今回の試験では, 既往の研究で排水材として繊維素材を用いる場合, 有効的とされている麻紐を用いる¹⁾.

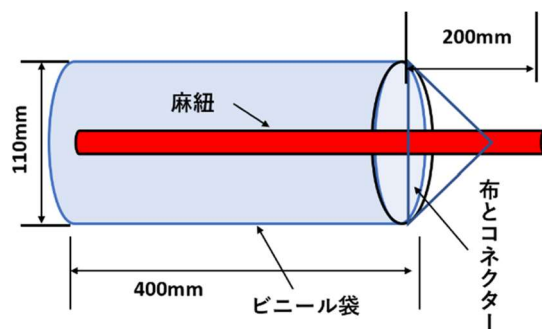


図2 脱水容器(ビニール袋)

3. 実験結果と考察

サイフォン脱水装置で脱水した場合と電動ポンプで脱水した場合の結果を比較する。脱水の条件を表2に示す。電動ポンプの圧力は-45KPaで一定である。サイフォン脱水装置の圧力の変化は図3のようになる。1時間で最大10KPa程度下がることが確認されたが、脱水に必要な負圧を維持することができたといえる。初期含水比は435.6%とする。含水比の時間的変化を図4に示す。いずれの脱水方法でも6時間で約100%含水比を下げることができ、サイフォン脱水装置は電動ポンプと同等の脱水効果が得られた。また、液性限界の300%以下になるまでに約6時間程度かかる。

表2 実験条件

脱水方法	電動ポンプ	サイフォン
汚泥質量(g)	1502.2	1501.7
初期含水比(%)	435.6	
排水材(紐)	麻紐	
圧力	-45KPa	時間ともに変化

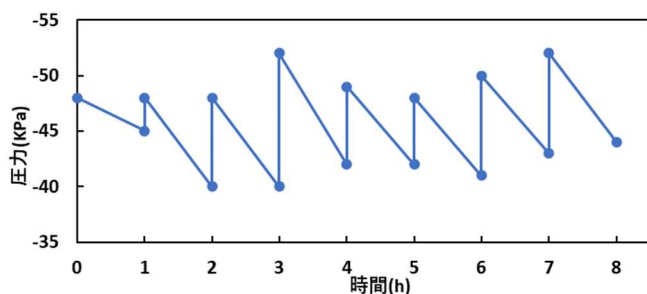


図3 圧力の変化

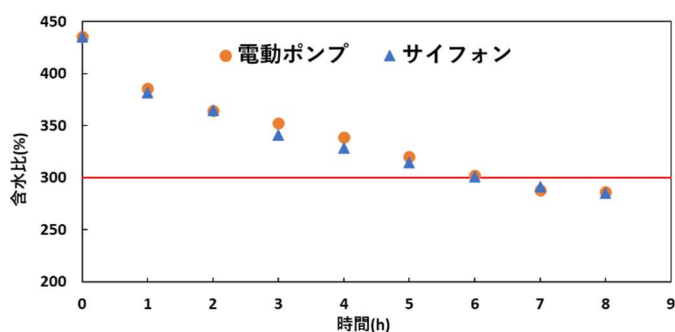


図4 含水比の変化

4. 実用的な脱水容器の検討

先行実験で用いていた容器は、ビニール袋の大きさによって脱水する汚泥の量が限られる。そこで浄水場の天日乾燥床などで実用的かつ大規模化しやすい容器の開発、検討を行う。先の実験で使用した容器と新たに開発した容器の比較を行う。新たな容器を図5に示す。新たに開発した容器は、プラスチック容器に汚泥を入れ、2枚の布、発泡スチロール、ビニール袋の順にかぶせる。2枚の布はそれぞれ麻紐が接続されており、上部の紐は脱水装置に繋がっており、下部の紐は容器の汚泥に挿入される。結果を図6に示す。新たな容器で行った場合も約6時間の脱水で液性限界300%に近い値になった。今回は、一本の紐で脱水実験を行ったが、一定間隔で多数の紐を汚泥に挿入することで、大型化を図れると考えられる。また、サイフォンによる負圧を発生させるための高さが必要であるため、適用できる場所を検討する必要がある。

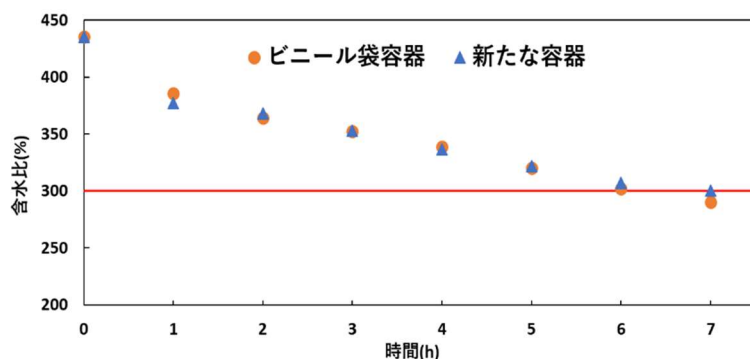


図6 含水比の変化

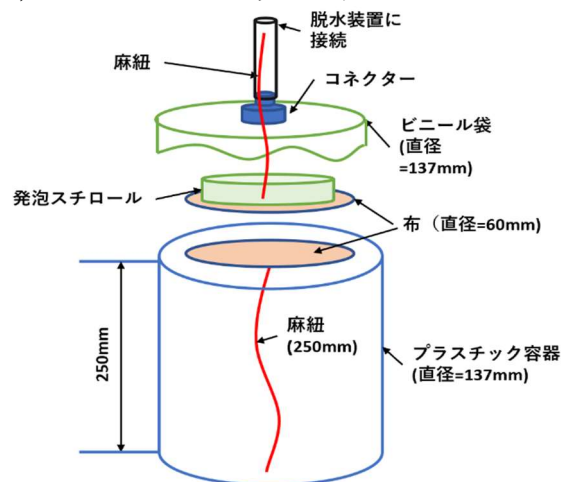


図5 新たな容器

5. おわりに

本研究では、サイフォン脱水装置の作製を行い、高含水比の浄水汚泥を簡易に脱水することができた。今後は、初期含水比やサクシジョンの大きさの影響などを明らかにするとともに、紐の本数を増やした大型容器を用いて脱水効果の検証を行う予定である。

参考文献

1) WANG QIKAI ら: 環境負荷を考慮した簡易脱水技術の浄水汚泥への適用, 令和二年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp375-376, 2021