

天日乾燥床モデルによる浄水ケーキの効率的含水比低下手法

秋田大学 正会員 ○荻野 俊寛
秋田大学 正会員 及川 洋
秋田大学 学生員 野上 勇人

1. はじめに

本研究は秋田市仁井田浄水場で発生する浄水ケーキについて、天日乾燥処理後の浄水ケーキの有効利用を念頭に置いて、天日乾燥床によるより効率的な含水比の低下手法を検討するものである。本文はその端緒として行った水槽を用いたモデル実験の結果を報告するものである。

2. 研究の背景

水道事業における浄水処理の過程では不純物を取り除くため、しばしば原水に凝集剤を混入する。このとき不純物は浄水ケーキと呼ばれる汚泥となって沈殿する。浄水ケーキは産業廃棄物に該当するため、これまで機械脱水や天日乾燥によって水分を取り除き、減容した後、主に産業廃棄物最終処分場に埋め立て処分されてきた。ところが昨今、環境保全の重要性が指摘されていることからその有効利用が注目されており、現在、農業用土¹⁾や土木工事²⁾における盛土材として徐々に有効利用が進んでいる。しかし、このような利用にはほとんどの場合、機械脱水した浄水ケーキが用いられており、天日乾燥処理した浄水ケーキはほとんど使用されていない。天日乾燥した浄水ケーキが敬遠されるのは天日乾燥が経済的に優れ、維持、管理が容易である反面、機械脱水に比べ含水比低下に長い時間を要し、乾燥処理後の浄水ケーキの含水比分布が一樣でないため、今後、天日乾燥処理した浄水ケーキを農業用土や盛土材として有効利用するためには、含水比の低下に加え乾燥処理後の試料の含水比分布を一樣にする必要がある。

3. 実験概要

試料は秋田市水道局仁井田浄水場の天日乾燥床から採取した浄水ケーキである。試料の物性は土粒子密度 2.44g/cm^3 、液性限界 233%、塑性限界 66%となっており、60%以上が粘土分である。図-1 は仁井田浄水場の天日乾燥床の断面図である。天日乾燥床は縦 50m × 横 15m × 高さ 1.5m のコンクリート製で、底面には排水のためサンドマット (40mm 厚) が敷設されている。天日乾燥床内に流し込まれたスラリー状試料の含水比は、底面からの排水と試料表面からの水分の蒸発によって低下する。実験には図-1 の天日乾燥床をモデル化した水槽 (縦 315mm × 横 185mm × 高さ 244mm) を用いており、水槽内にスラリー状 (含水比約 1200%) の試料 7000cm^3 を流し込み、36 日間 (約 860 時間) 室内にて静置し、水槽底部からの排水量および試料表面からの蒸発量を測定する。このような実験を以下に示す 3 条件で行っている。(1) 木製の棒 ($\phi \div 10\text{mm}$) の周囲をガーゼで覆ったドレーン (長さ 30cm) を 10 本等間隔で打設する、(2) 木製の棒を新聞紙で覆ったドレーン材 (長さ 30cm) を 10 本等間隔で打設する、(3) ドレーンを使用しない。(1) および (2) についてはドレーン材長を大きくとって試料表層より上部に突出させ、ドレーン材を空气中に曝すことで、排水長の短縮の他に毛管現象によるドレーン材表面からの蒸発による乾燥促進を期待している。また、(3) は従来の天日乾燥に相当する。なお、実験中の室

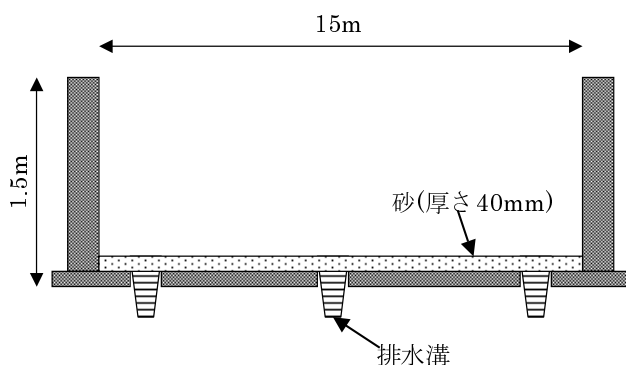


図-1 天日乾燥床の断面図

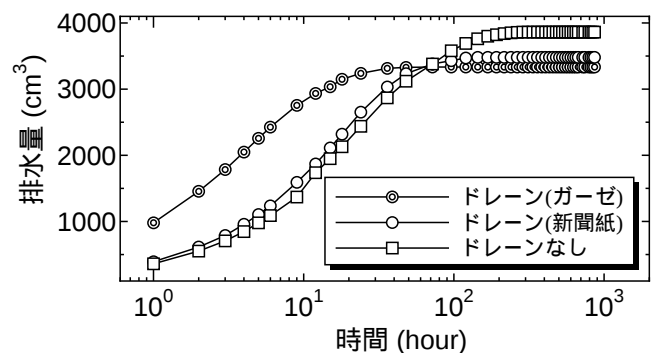


図-2 水槽底面からの排水量の経時変化

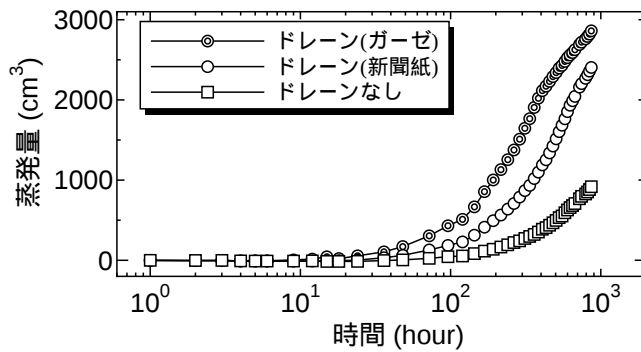


図-3 蒸発量の経時変化

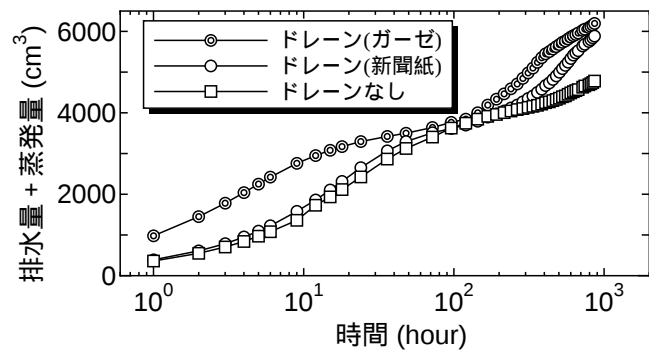


図-4 排水量 + 蒸発量の経時変化

温はおよそ 17℃，湿度は 65%程度であった。

4. 実験結果および考察

図-2 は水槽底部からの排水量の経時変化を示しており，ドレーンを用いた場合と用いない場合について比較している．ドレーン材としてガーゼを用いた場合，実験の初期部分において効果が著しく，実験開始からおよそ 40 時間までは排水量が他よりも大きい．新聞紙を用いた場合その効果はガーゼほど顕著ではないものの，ドレーンを用いない場合よりは排水量が大きくなってることから，40 時間までについてはドレーンによる排水促進効果が現れていることが確認できる．ところがそれ以降になると，ドレーンを用いた場合は排水量の増加が小さくなり，100 時間をすぎると排水量はおよそ 3300cm³ でほぼ収束している．これに対し，ドレーンを用いない場合，排水は 100 時間を過ぎるまで継続しており，最終的にはドレーンを用いた場合よりも排水量が大きく (3800cm³)，一見矛盾する結果となっている．

次に図-3 は水槽およびドレーン材表面からの蒸発量の経時変化を示している．ドレーンの有無にかかわらず，実験開始からおよそ 40 時間までは蒸発量はほとんど変化していないが，40 時間以降，特に水槽底面からの排水がほとんどなくなる 100 時間以後は急激に増加している．蒸発量はドレーン材を用いた場合のほうがより大きく，最終的な蒸発量は約 2900cm³(ガーゼ)，約 2500cm³(新聞紙) と実験終了時ではドレーンを用いない場合 (約 900cm³) の 2 倍以上となっている．また，蒸発量の値は図-2 に示す排水量 (およそ 3300cm³) と同程度であり，毛管現象によるドレーン材表面からの蒸発が大きな効果を発揮していることがわかる．図-2 においてドレーンを用いた場合の排水量が 100 時間以降で増加が収束したのは，排水に代わって蒸発が卓越してきたためと考えられる．このことから天日乾燥においては蒸発作用を高めることにより，とくに排水が収束する後半において，有効に含水比を低下できる可能性が示唆される．また，深度方向の試料の含水比についても，ドレーンを用いた場合，試料表面ばかりでなく，毛管現象により試料内部の水分をも蒸発させることができると考えられるため，含水比分布の一様化にも貢献すると考えられる．

図-4 は図-2，図-3 の排水量および蒸発量の和の経時変化を示している．天日乾燥においては水分の減少は排水と蒸発の両方によって生じるので，図-4 が水槽全体としての水分の減少量を示している．ドレーンを用いない場合の関係は通常の圧密沈下曲線に近い逆 S 字を描いているが，ドレーンを用いた場合，実験開始 100 時間の点を境に再び傾きが大きくなっており，最初に生じる底面からの排水と，次いで生じる試料 (あるいはドレーン材) 表面からの蒸発という 2 つのフェーズが確認できる．実験開始から約 100 時間の点ではドレーンを用いた場合と用いない場合の水分の減少量はいったんほぼ等しくなっているが，それ以降では蒸発効果の差から再び差は開き，実験終了時にはドレーンを用いた場合，用いない場合よりも 1000cm³ 以上水分減少量が大きくなっており，ドレーンの効果が非常に大きいことがわかる．また，このときの含水比はそれぞれ 150%，220%，410%となっており，ドレーンを用いた場合，含水比は最大で 250%以上の差が生じている．

5. 結論

天日乾燥におけるより有効な含水比低下手法として，排水および蒸発の促進を期待したドレーンを考案し，その効果をモデル実験によって確かめた．その結果排水，蒸発の両方においてその効果が大きいことが確かめられ，有効性が確認できた．

参考文献

- 1) 近藤史朗, 佐野滋, 石川正明: 浄水発生汚泥脱水ケーキの農園芸用利用, 工業用水, No. 451, pp. 29-37, 1996.
- 2) 富田平四郎: 改良した浄水汚泥の力学的特性, 土と基礎, vol. 49, No. 3, pp. 29-32, 2001.