

ヒートポンプを用いた建設汚泥の真空脱水技術

鹿島建設(株) 正会員 ○石井 健嗣 吉迫 和生 間宮 尚

1. はじめに

建設工事に伴って発生する建設汚泥の量は多く、建設現場においては、処理費用の削減や環境負荷低減の観点から、その処分量を低減するために様々な脱水技術が適用されている。しかしながら、土砂中の水分を力学的に絞り出す既往の技術、例えば高压フィルタープレスであっても、PAC等の凝集剤を添加した上で、含水比を43~82% (土質による)まで低減させることが限界¹⁾である。そこで、熱エネルギーを効率的に利用することによって、添加剤を加えることなく、大幅な含水比の低下が期待される「ヒートポンプ式真空脱水技術」を考案し、その脱水能力を達成含水比に着目して検証した。

2. ヒートポンプ式真空脱水技術の概要

「ヒートポンプ式真空脱水技術」の原理を図1に示す。本技術の構成機器は、被脱水物(土砂)を投入し水分を蒸発させる①蒸発器、水蒸気を回収し凝縮させる②凝縮器、③ヒートポンプ(温水・冷水作製タイプ)および④真空ポンプである。蒸発器と凝縮器は、ヒートポンプで作製した温水と冷水を循環させて加熱、冷却するために二重管構造とした。

脱水処理の流れを示す。まず、温水と冷水を蒸発器および凝縮器に循環させる。その後、蒸発器内に被脱水物(土砂)を投入し、真空ポンプを用いて蒸発器と凝縮器内を減圧する。これによって、温水の温度が100℃以下においても、土砂内の供給された蒸発熱に応じた水分が蒸発する。なお、蒸発した水蒸気は、冷却された凝縮器内で凝縮し水に戻るが、この際の凝縮熱を冷水から回収し、ヒートポンプ内での温水と冷水の作製および蒸発熱の一部として再利用することによって、熱エネルギーの効率的な利用が可能となる。

「ヒートポンプ式真空脱水技術」の脱水能力を検討するために作製した小規模実験装置を写真1に示す。蒸発器(土砂最大投入量100L)は、投入した土砂が伝熱面に効率的に接触するように、揺動式の横置型ドラムとし、内部には攪拌羽根を設置した。凝縮器(容量40L)は、縦置き型とした。ヒートポンプは20~90℃までの循環水を作製可能なタイプを使用した。

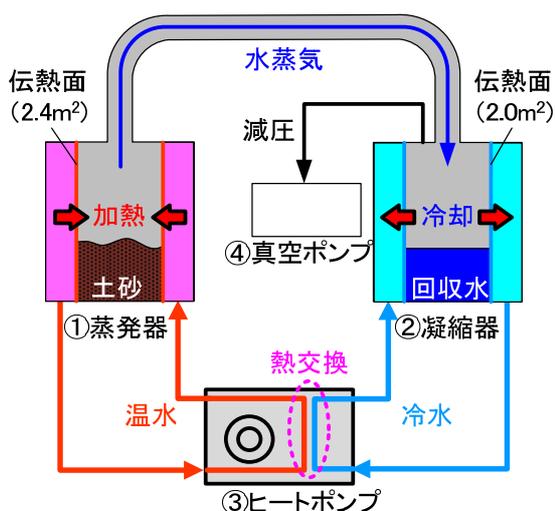


図1 ヒートポンプ式真空脱水技術の原理

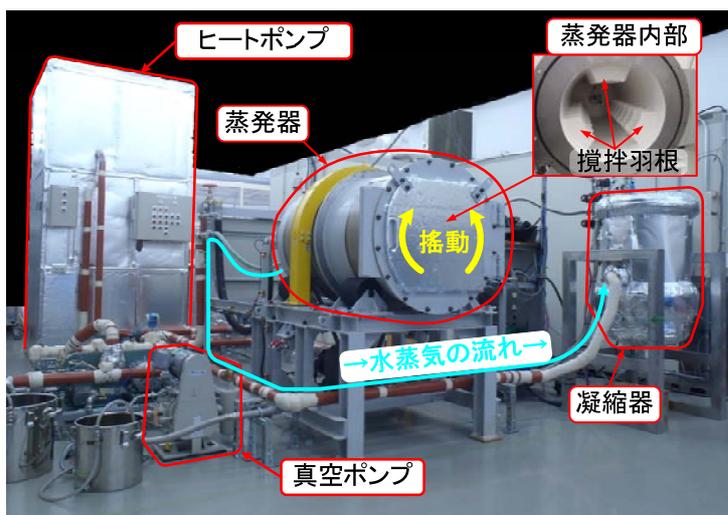


写真1 小規模実験装置

キーワード 建設汚泥、減容化、減量化、真空脱水、ヒートポンプ

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 土質・地盤グループ TEL: 042-485-1111

3. 脱水効果の検証実験

本検討では、泥水シールド現場における余剰泥水処理と泥土圧シールド現場における掘削土砂の減容化処理を想定し、対象とする被脱水物を泥水および泥土とした2パターンでの脱水実験を行った。

使用した泥水および泥土の物理特性を表1に示す。泥水(含水比188.9%)は、湿潤密度が 1.3g/cm^3 となるように笠岡粘土、ベントナイトおよび水道水を混合し作製した。泥土に関しては、開削現場より採取した現地発生土(含水比108.5%)を使用した。蒸発器に投入した土砂の量は、泥水の場合で100L(蒸発器の最大投入量)、泥土の場合では、乾燥土量が泥水100L分中と同等となる湿潤土量(91kg)とした。温水および冷水の温度は、使用するヒートポンプが最も効率良く稼働できるよう、温水を 80°C 、冷水を 20°C に設定した。

実験結果および脱水前後における試料の状態を図2と写真2にそれぞれ示す。図2の縦軸は被脱水物の含水比を、横軸は脱水開始からの経過時間をそれぞれ示している。図2から、両試料とも40%以下の含水比を達成できたことがわかる。このことから、「ヒートポンプ式真空脱水技術」は、既往の脱水技術を上回る脱水量を達成可能であることが確認できる。次に、脱水速度(図2のグラフの勾配)に着目すると、泥水の場合では、含水比50%付近(経過時間8時間)以降において脱水速度の低下が確認できる。この原因としては、脱水後の試料が直径10~20cm程度に大きく団粒化した(写真2(a)参照)ことによって、団粒物内部への伝熱阻害により脱水が遅延されたためと考える。また、泥水の場合と比較して、泥土の脱水速度が遅い理由としては、泥土と蒸発器部の伝熱面との接触面積が小さいことが原因として考えられる。

4. まとめ

「ヒートポンプ式真空脱水技術」の脱水能力を検討した結果、本技術は、添加剤を加えることなく、既往の技術を上回る脱水量を達成可能であることを確認した。今後は、蒸発器および凝縮器の伝熱面積を増大させたり、蒸発器内の攪拌翼を改良したりすることによって、脱水時間の短縮を図る予定である。

参考文献

1) 港湾・空港等リサイクル推進協議会：港湾・空港等整備におけるリサイクル技術指針、pp.2-25、2004.3

表1 被脱水物の物理特性

| | 単位 | 泥水 | 泥土 |
|--------|----------------|-------|-------|
| 土粒子密度 | g/m^3 | 2.685 | 2.611 |
| 初期含水比 | % | 188.9 | 108.5 |
| 細粒分含有率 | % | 99.4 | 85.9 |
| 最大粒径 | mm | 0.425 | 4.75 |
| 液性限界 | % | 71.8 | 106.8 |
| 塑性限界 | % | 21.2 | 39.8 |
| 塑性指数 | - | 50.6 | 67.0 |

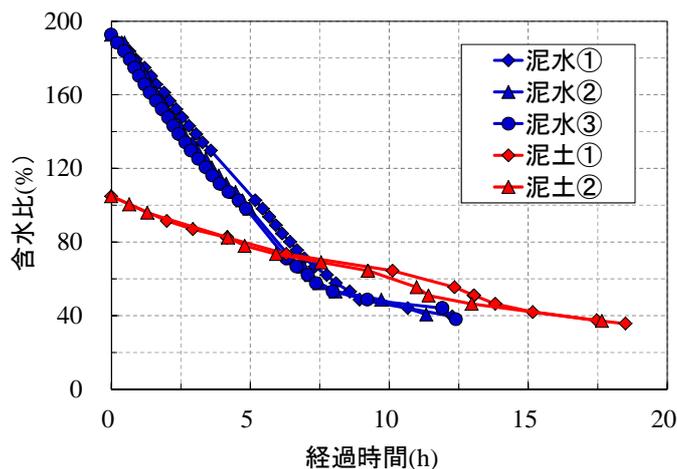
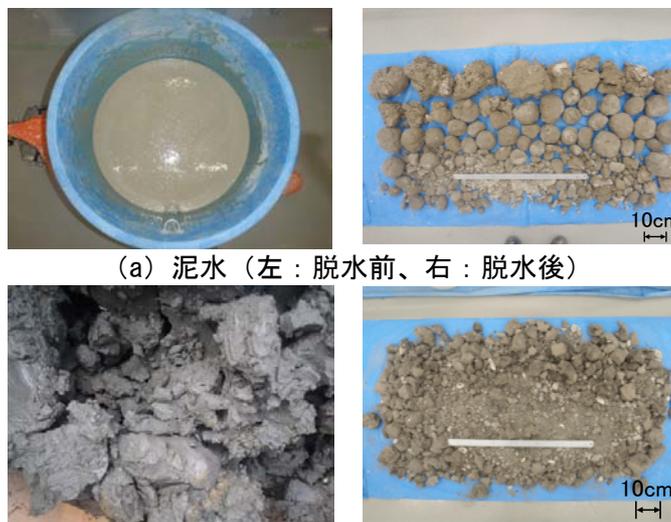


図2 経過時間-含水比の関係(泥水と泥土)



(a) 泥水(左:脱水前、右:脱水後)

(b) 泥土(左:脱水前、右:脱水後)

写真2 脱水前後における試料の状態