

浚渫から埋立の過程における間隙比に着目した効率的な浚渫粘土の処分に関する研究

広島大学大学院工学研究科 学生会員 遠藤秀祐

広島大学大学院工学研究院 正会員 土田孝

エム・エム・ブリッジ株式会社 非会員 武田知子

1. 目的

港湾の維持および増深などによる港湾機能の高度化のためには、航路、泊地等の浚渫が不可欠である。しかし、土砂処分場建設には多大な費用を要するため、浚渫土の利用方法の開発とともに処分場建設費用の低減、既存および新たに建設される処分場の効率的な利用が大きな課題となっている。浚渫のニーズに対してやや後追いの整備が行われている土砂処分場の現状や、浚渫・運搬方法によって浚渫土の含水状態が様々に変化することが、土砂処分を効率的に行えない原因である。土砂処分場の効率的な利用や浚渫土砂の減容化のために、乾燥による土砂処分場投入前処理を取り入れることが本研究の目的である。本研究では乾燥による間隙比への影響を検討し、土砂処分場における処分土量低減を検討・評価していく。

2. 実験方法

乾燥が浚渫土の間隙比に及ぼす影響の検討および乾燥挙動の予測のために乾燥収縮試験を実施した。本試験の試料には浚渫粘土である徳山港粘土を用いている。物性値を表-1に示す。供試体は試料 49kPa で圧密し直径約 50mm、高さ約 75mm の円柱状に成形した円柱供試体と、試料を液性限界の 2 倍に調泥し直径 100mm の円形ガラス容器に入れた高含水比供試体の 2 種類作成した。本試験では、それぞれの供試体を一定乾燥条件下で乾燥させ、質量(g)、直径(mm)、高さ(mm)を経過時間 t (hour)ごとに測定した。攪乱とは、供試体内部の間隙水压を上昇させるような、外力を与える操作のことであり、本研究においては、約 150g のランマーを高さ 10cm から 10 回、計測毎に落下させた。乾燥条件は、室温約 20°C の無加熱状態、赤外線電球を点灯した常時加熱状態、天日乾燥における昼夜を再現するため赤外線電球の点灯・消灯を繰返した定間隔加熱状態の 3 通り設定している。乾燥収縮試験ケースを表-2に示す。

次に乾燥による浚渫土の間隙比の低減が、土砂処分場内における処分土量へ与える影響を標準圧密試験により評価する。試料は乾燥収縮試験と同様に徳山港粘土を用いた。試料の含水比を液性限界 w_L の 0.4 倍、0.6 倍、0.8 倍、1.0 倍、1.2 倍、1.5 倍、2.0 倍、2.5 倍、3.0 倍に調泥し、高さ 3mm、直径 9mm の圧密リングに充填した供試体において試験を行った。さらに試料を液性限界 0.6 倍、1.0 倍に調泥した供試体を作成し、供試体上面を 5 日間水にさらした後、同様に標準圧密試験を行った。これは一般的に海水で満たされている土砂処分場内での処分土の吸水・膨張を評価するためである。

表-2 乾燥収縮試験ケース

Case No.	初期含水比 $w_0(\%)$	乾燥形態	攪乱操作	加熱条件
Case 1	93.24%	円柱状に成形	×	無加熱
Case 2	93.24%		○	無加熱
Case 3	78.39%		×	常時加熱
Case 4	78.31%		○	常時加熱
Case 5	78.55%		×	定間隔加熱
Case 6	78.00%		○	定間隔加熱
Case 7	219.92%	ガラス容器内で乾燥 Case7~9 は試料厚さ約 3.5cm Case12 は試料厚さ約 2cm	×	常時加熱
Case 8	218.60%		×	常時加熱
Case 9	218.60%		×	常時加熱
Case 10	218.60%		×	常時加熱

表-1 用いた試料の物性値

試料	土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	液性限界 $w_L(\%)$
徳山港粘土	2.616	110.6

キーワード 土砂処分場, 浚渫土, 乾燥収縮, 圧密

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻 事務室 TEL:082-424-7819・7828

3. 実験結果

図-1 は攪乱を与えていない円柱供試体の乾燥速度を含水比に対する変化として示した。無加熱の乾燥速度は約 $5(\text{mg}/\text{hour}/\text{cm}^2)$ であり、常時加熱時の乾燥速度と比較して約 6.4 倍の差となった。続いて定間隔加熱時の乾燥速度は、平均して約 $26(\text{mg}/\text{hour}/\text{cm}^2)$ となり、無加熱時の乾燥速度の約 4.5 倍となった。図-2 は乾燥速度を攪乱の有無で比較したものである。それぞれ乾燥速度は攪乱無の場合約 $32(\text{mg}/\text{hour}/\text{cm}^2)$ 、攪乱有の場合約 $23(\text{mg}/\text{hour}/\text{cm}^2)$ であり、約 0.7 倍小さくなってしまふことがわかる。続いて図-3 は表-2 に示した供試体全ての体積変化 V/V_0 と含水比 w の関係である。ここでの V_0 は土粒子体積である。体積変化 V/V_0 と含水比 w の関係は供試体の状態や乾燥条件によらず 1 つの曲線をなした。乾燥開始後、体積変化および間隙比は含水比の減少に伴い直線的に変化するが、含水比 40% 以下では体積変化をほぼ起こさない状態となる。直線的に変化する状態を正規収縮状態、体積変化を全く起こさない状態を無収縮状態、その間を残留収縮状態と Haines¹⁾ は定義している。

図-4 は標準圧密試験の結果の $e\text{-log}p$ 曲線である。圧密圧力が大きくなるにしたがって、初期含水比の影響が小さくなっていることがわかる。表-3 は土砂処分場内における土砂処分場投入時含水比による土砂体積の変化を示す。土砂処分場内を想定した 22.5kPa の圧力下における間隙比を図-4 より読み取り、体積に換算した。なおここでの体積は $3.0w_L$ で投入された土砂体積を 100% としたものである。従って土砂処分場投入前の含水比低減による土砂体積減容効果は、土砂処分場内を想定した 22.5kPa 下においても得られる。

4. 主な結論

- 1) 加熱を加えない場合と比べ、常時加熱を加えることで乾燥速度は 6.4 倍向上し、昼夜を再現した定間隔加熱を加えると 4.5 倍向上する。
- 2) 間隙水圧を上昇させる攪乱を与えると、乾燥は遅延し、乾燥速度にして約 0.7 倍と小さくなった。
- 3) 土砂処分場を想定した圧密圧力下においても、土砂処分場投入前の含水比低減による体積減容効果は確認された。 $3.0w_L$ の土砂を投入前に $1.0w_L$ まで含水比を低減することで、約 20% 土砂体積は減少する。

参考文献

- 1) Haines, W. B. : The volume-changes associated with variation of water content in soil. *Jour. Agric. Sci.*, Vol. 13, pp. 296-310 (1923).

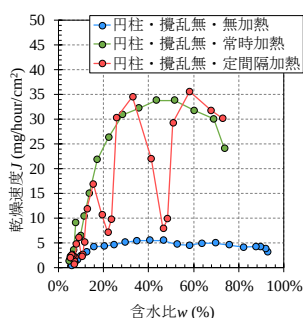


図-1 乾燥速度 J と含水比 w の関係

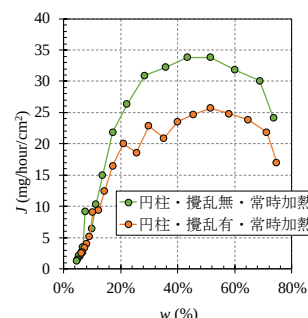


図-2 攪乱を与えた供試体の乾燥速度 J と含水比 w の関係

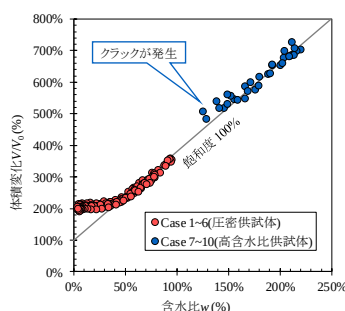


図-3 体積変化と含水比の関係

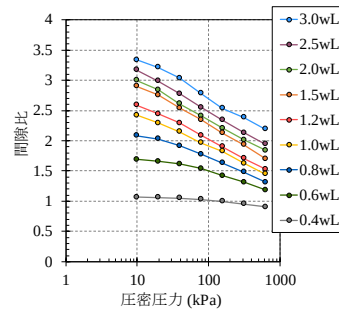


図-4 $e\text{-log}p$ 曲線

表-3 土砂処分場内における土砂体積の変化

22.5kPa(土砂処分場内)									
初期含水比(%)	$3.0w_L$	$2.5w_L$	$2.0w_L$	$1.5w_L$	$1.2w_L$	$1.0w_L$	$0.8w_L$	$0.6w_L$	$0.4w_L$
体積(%)	100.0	94.1	90.5	88.1	81.2	77.7	71.3	62.9	48.9