

浚渫土砂の減容化に関する技術開発に向けて

港湾空港技術研究所 正会員 ○杉山 友理

港湾空港技術研究所 正会員 森川 嘉之

1. はじめに

近年、港湾地域における浚渫土砂は沿岸の処分場へ投入されるほか、固化処理土として岸壁背後や人工島の護岸背後の埋立に活用されている。しかし、近年の経済的、社会的制約から、このような新規の建設事業を対象とした活用方法だけでは永続的に発生する浚渫土砂に対応することが困難になると考えられる。浚渫土砂処分場の新設が困難な状況下では、浚渫土砂の有効活用方法だけでなく、既設処分場の延命化が喫緊の課題である。既設処分場の延命化として処分土砂の嵩上げや浚渫土砂の減容化に関する技術開発が求められる。本研究は、将来的に確実に延命化に繋がる減容化技術を開発することを最終目的とし、本稿ではその第1ステップとして、現在提案されているいくつかの減容化技術について検討する。

2. 攪乱による減容化技術

土試料をサンプリングする際、機械的な乱れや応力解放による乱れを受けることによって、土試料の圧密特性や強度特性が変化することが分かっている。田中ら¹⁾は減容化に乱れの影響を利用できると考え、攪拌用の羽を内蔵した载荷ピストンを用いて圧密圧力を維持したまま非排水状態で試料を攪拌する実験を行った。このとき、攪拌により過剰間隙水圧が生じ、それが消散することで有効応力が増加するため、同じ圧密圧力で攪拌しない試料よりも体積圧縮量が多くなると結論付けている。しかし、圧密圧力が一定であれば過剰間隙水圧発生時に有効応力が減少するため、水圧が消散しても元の有効応力に戻ると考えるのが一般であり、何か別の要因で攪拌により体積圧縮が生じたのではないかと考えられる。また御手洗ら²⁾は、不攪乱試料に対して繰り返しによって乱れの影響を受けた試料の方が約2.5倍も体積圧縮が生じることから、攪乱による減容化が有効であると考えている。しかし御手洗らは、実験に用いた不攪乱試料がサンプリング時に受ける乱れの影響を詳細に検討しておらず、不攪乱試料を用いた圧密試験結果を原位置での挙動として考えて良いのかという疑問が残る。

本稿では、これら2つの実験を模擬した実験及び解析を行うことで、体積圧縮に影響を及ぼす要因について検討する。前者の実験をCASE-1、後者の実験をCASE-2とする。

3. 模擬実験による検討—CASE-1：定ひずみ载荷試験装置を用いた模擬圧密試験

田中ら¹⁾は、実験に東京湾粘性土の再構成試料を用いている。本研究では、同様に海成粘土である大阪湾地盤調査で得られた粘性土を用いた。攪拌を模擬した実験手順は以下の通りである。

1. 100kPaまで圧密（ひずみ速度：0.02%/min）
2. コックを閉じて非排水状態にし、圧密圧力を一定に保ったまま80kPaの背圧を载荷（攪拌による過剰間隙水圧の発生を模擬）
3. コックを開いて排水状態にし、水圧が一定になった後、400kPaまで圧密

図-1に模擬実験により得られた $e-\ln p'$ 関係を示す。図-1(b)は、背圧载荷時の力学挙動を拡大して示したものである。図中の白プロットは実験手順2を行わずに圧密した結果である。非排水状態で背圧を载荷することで過剰間隙水圧が発

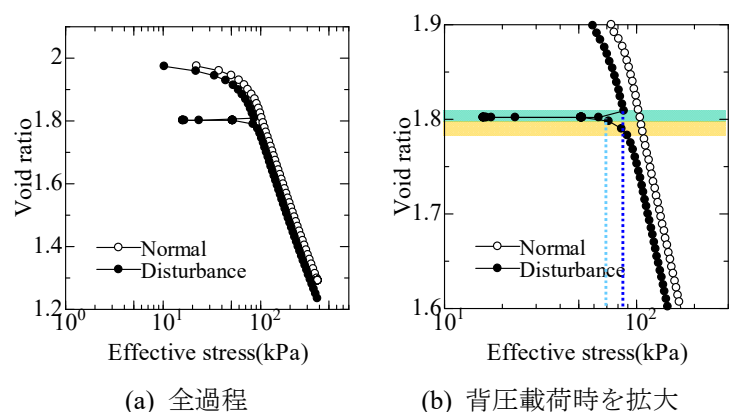


図-1 $e-\ln p'$ 関係

キーワード 浚渫土, 減容化, 攪乱

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 / Tel : 046-844-5053

生するため有効応力が一旦は減少するが、排水状態に戻ると過剰間隙水圧の消散により増加した。次に圧密を再開すると、背圧载荷前の圧密圧力よりも小さい圧密圧力で降伏していることが分かる。これは、土の繰り返し塑性による影響であると考えられる。図-2 に、圧密圧力と圧縮ひずみの関係をまとめた結果を示す。図-2 から、攪拌及び背圧载荷時に圧密圧力一定で体積圧縮が生じることが分かる。体積圧縮量に着目すると、田中らの実験では圧縮ひずみが 10%以上増加しているのに対し、本実験では 1%未満しか圧縮ひずみが増加しなかった。試料高さが高いと、壁面摩擦の影響で供試体下部まで圧密圧力が伝わらないことが分割圧密の実験結果から分かっている。田中らの試料の初期層厚は本実験の 20 倍の 400mm であることから、田中らの実験は壁面摩擦が大きく、攪拌で摩擦が切れることにより試料下部が十分に圧密されて大きな体積変化を生じたのではないかと考えられる。

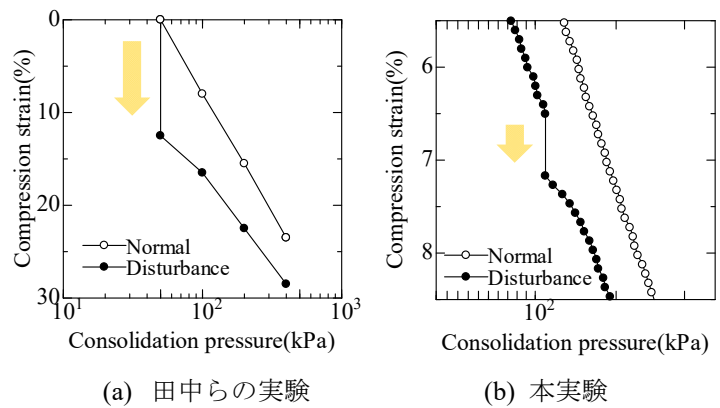


図-2 圧密圧力-圧縮ひずみ関係

4. 数値解析による検討—CASE-2：サンプリング過程から圧密試験までを模擬した数値解析

海底粘土のサンプリングは引き上げ時の圧力変化が大きいため、間隙水中の溶存ガスが気化して採取試料が不飽和化する可能性がある。図-3 は水深 20m、海底深度 40m 下の飽和正規圧密地盤からサンプリングすることを想定した土/水/気体連成有限要素解析(DACSAR)で得られたサンプリング後のコアバレル内飽和度分布である。水圧低下及び拘束圧除去により間隙水中の溶存気体が気化し、コアバレル中央部でも不飽和化が生じる結果を得た。図-4 に不飽和化した状態を初期として圧密試験シミュレーションを行った結果を示す。黒プロットは完全不攪乱、すなわち原位置応力状態を初期としたときの結果である。サンプリング試料は応力解放により有効応力が減少したため、圧密初期は弾性状態であることが分かる。また初期間隙比の違いは、サンプリング時に試料が膨張したために生じた。御手洗らの不攪乱試料を用いた実験結果は図-4 の白プロットに、繰り返し試料の実験結果は図-4 の黒プロットに類似していることが分かった。このことから、御手洗らの用いた不攪乱試料は、実際には多少なりとも乱れの影響を受けていると考えられる。御手洗らは図-4 の点線で示す原位置の圧密圧力における不攪乱試料と繰り返し試料の間隙比の差が、実際に処分場に堆積している浚渫土砂を繰り返すことで生じる体積圧縮量であると推定している。しかし、このとき表れる間隙比の差は、サンプリング時の試料の不飽和化等による乱れの影響を含む可能性があると考えられる。

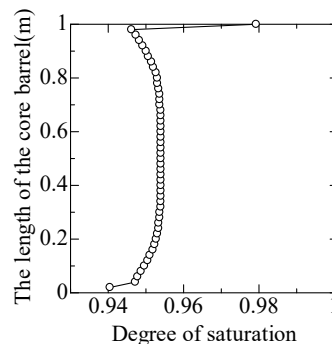


図-3 チューブ内残留飽和度分布

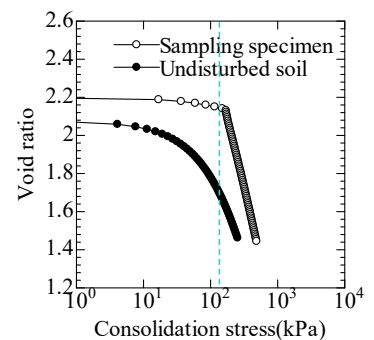


図-4 圧密圧力-間隙比関係

5. 結論

現在提案されている減容化技術について検討した結果、実験で生じた体積圧縮は、室内試験時の壁面摩擦の影響や、室内試験に至るまでのサンプリング時の乱れの影響を含んでいると考えられる。そのため、減容化効果について評価するためには、これらの影響を除いた検討が必要であると言える。

参考・引用文献

- 1) 御手洗義夫, 田中洋輔, 西田浩太: 乱れが自然堆積粘性土の圧密特性に及ぼす影響とその積極的な利用方法について, 第 68 回土木学会年次講演会, III-210, pp.419-120, 2011.
- 2) 田中洋輔, 御手洗義夫, 木内大介: 浚渫粘性土に対する拘束圧下でのかく乱・減容化効果の実験的検証, 第 72 回土木学会年次学術講演会, III-416, pp.831-832, 2017.