

湖底土層内への底泥回収工法開発に関する基礎実験

Experimental Study on Mud Retrieving Method into Lakebed Layer

北海道大学工学部	学生員	鈴木雄太 (Yuta Suzuki)
(株) 西村組	正員	旭 幸司 (Koji Asahi)
(株) 西村組	正員	高橋伸次郎 (Shinjiro Takahashi)
(株) 西村組	正員	井上卓悦 (Takayoshi Inoue)
北海道大学大学院	正員	蟹江俊仁 (Shunji Kanie)
北海道大学大学院	正員	佐藤太裕 (Motohiro Sato)

1. 研究の目的

養殖・栽培型漁業に伴い、その舞台となる沿岸海域や湖水域の環境負荷の増大は、深刻な影響をもたらしかねない。特にホタテやカキなどの養殖が盛んなサロマ湖等では、湖底に堆積する底泥の漁業生産への悪影響が懸念されている。こうした状況の中、将来とも自然環境と漁場環境を保全し、地域経済を維持・活性化するためには、湖底の底泥回収による環境維持は必要不可欠な課題である。

このような背景から、環境悪化の主要原因である底質を改善する工法を考え出した。この工法は、新しい材料や運搬仮置きヤードを必要とせず、現地の湖底土層内に底泥を回収する工法であり、同様の課題を抱える地域の環境改善に役立つものと期待できる。

本研究は、この工法の開発に向けての基礎的研究であり、底泥を回収する回収扇に掛かるトルクや最適な回転速度と降下速度の関係を把握するために行われた。

2. 回収工法の概要

本工法の概略図を図-1 に示す。まず、ケーシングドライブを装備したクレーン付台船を使用し、湖底に穴(底泥回収ピット)を掘る。次にケーシングパイプの外周を回収扇と呼ばれる円盤状の羽根が回転しながら降下することにより、中心部に底泥を掻き寄せ、ケーシングパイプのスリットから回収ピットに底泥を回収する。最後に、掘削時に出た良質の材料で被覆し、湖底層内に底泥を閉じこめ、湖底表面を良質材に置き換える工法である。

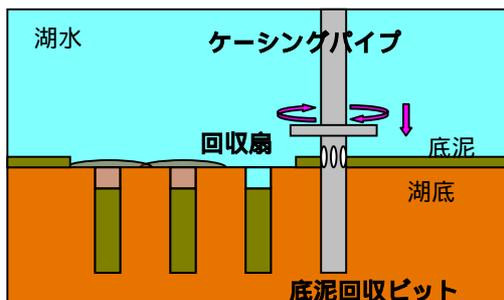


図-1 回収工法の概要図

この工法の最大の特徴は、回収する底泥を地上に上げることなく、現地の湖底層内に直接埋設することであり、従来の底泥撤去で要求される陸上での仮置きヤードや投棄場所の確保が不要な点にある。一方で、この工法の実現に向けては、次のような事項について検討を行う必要がある。

- ・ 回収扇を回転させるために必要なトルクと底泥の強度との関係
- ・ 底泥の流動化に必要なエネルギーと回収扇の回転速度の関係
- ・ 回収扇の降下速度と底泥回収効率の関係

3. サロマ湖の底泥を用いた基礎実験

3.1 実験装置

工法開発にあたり、1/30 スケールの実験装置(図-2)を作成した。実験装置は湖底に見立てた水槽(715mm × 715mm × 300mm)の底面に内径 105mm、深さ 500mm の回収ピット(アクリルパイプ)を設け、その中にケーシングパイプに見立てた一回り小さいスリット付きアクリルパイプを設置する。動力部は回転速度調節可能なモーターにステンレス製の回収扇(内径 310.5mm、高さ 30mm)を取付けてあり、手で昇降可能となっている。また、モーターと回収扇の間にトルクメーターが設置され、連続的なトルク計測が可能となっている。

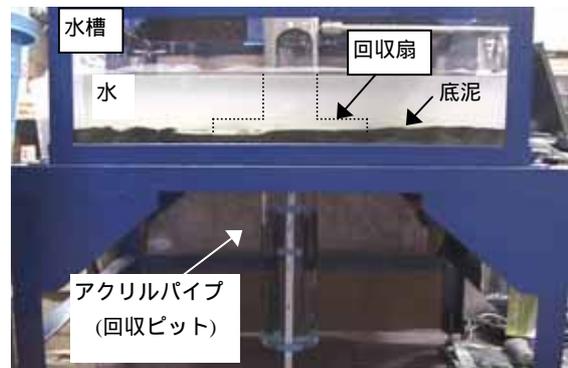


図2 実験装置

3.2 実験方法

底泥は湖底付近で浮遊と沈降を繰り返すものと思われ、その強度は湖底での堆積時間に依存するものと考えられる。そこで本研究では、現地で採取された試料を十分に攪拌した後、放置して、自然圧密させることとした。実験水槽内における試料の厚さを約 11cm である。

本研究では、回収扇に作用するトルクが最大となる「回転開始時」のトルクと、底泥が回収扇により流動化するまでのトルクならびにエネルギーを把握するため、試料がパイプ内に落ちない様、スリットをフィルムで覆って実験を行った。回収扇の回転位置は、水槽底面と試料とのせん断抵抗の影響を受けないよう、水槽底面から 5cm 上方とした。

この状態で回収扇の回転を開始し、トルクの計測を行う。回収扇の回転速度は 11.364rpm、トルクのサンプリング周期は 0.3 秒とし、トルクの値がほぼ一定になったところで実験終了とした。実験にあたっては、水槽内での圧密日数を変化させてその影響を検討した。

3.3 実験結果

図-4 は、トルクメーターによる測定値と回収扇の総回転量（単位：radian）の関係を図示したものである。回収扇に作用するトルクは回転初期に最も大きな値を記録し、直ちに下降するが、20-30 回転（200radian 前後）で上昇しピークを示す。その後、トルクは減少を続けた後、やがて収束状態となる。このような現象の理由として、最初の最大トルクは回収扇の回転開始時に発生する静的せん断強度に起因するものと思われ、回収扇底面のせん断抵抗力の影響と考えられる。一方、ひとたび回収扇の回転とともに動き出した底泥は、回転につれて内部の流動化が進み、収束トルクが示す値は回収扇内部の底泥が定常状態で流動的な運動をしていることを示すと考えられる。したがって、その間に見られるトルクのピーク値は、底泥が定常状態に達するまでの過渡状態で必要とされる最大トルクと思われる。

また、図-4 で見られるトルク値は、小刻みに振動していることが分かる。この振動は、1 回転ごとに発生しており、回収扇の施工精度やせん断底面の特性によるものと思われる。そこで、1 回転分のサンプリングデータ数で移動平均をとり平滑化したところ、極めて滑らかな変動曲線が得られた。この結果を図-5 に示す。

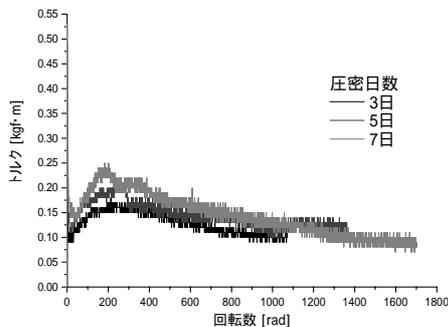


図-4 回転トルクと総回転量の関係

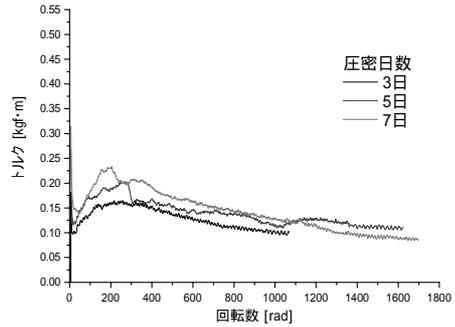


図-5 移動平均化処理により平滑化したトルク曲線

本工法の実用化にあたっては、現地のせん断強度から回収に必要なトルクやエネルギーを適切に予測することが必要となる。そこで、実験水槽内で実施したベーンせん断試験によるせん断試験強度と、回収扇に作用したトルクから推定したせん断強度との関係を調査した。結果を図-6 に示す。

計測トルクは、回転開始時の静的最大せん断力、回転中に発生する動的最大せん断力、ならびに収束時のせん断力に分けて表示を行った。図から明らかなように、圧密日数が増すにつれ、静的せん断力と動的せん断力は増加するものの、収束せん断力は圧密日数に関わらず、ほぼ同じ値で安定していることがわかる。また、ベーン試験によるせん断強度と静的最大せん断力は、圧密日数が長くなるにつれ、接近して行くことが判明した。

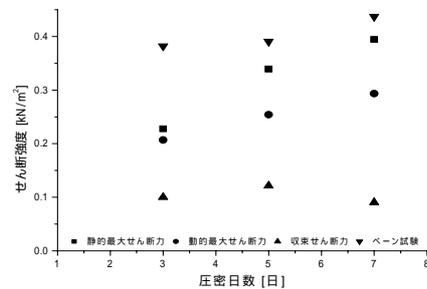


図-6 トルクから推定したせん断力

4. 考察と今後の展開

本研究により、底泥が流動化するまでのトルクの変動の様子が把握できたと考える。今後は、回収ピット内への底泥の回収を行い、効率的な底泥回収方法について研究を進めるとともに、現地せん断強度と必要トルクの関係など、実用面を視野にいれた研究を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 旭幸司他：「底泥の湖底層内回収工法開発のための基礎実験」，土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.227-228，土木学会（2004）