

# 奥村式スラリー連続脱水システムの開発

## —ダム湖堆積土浚渫後の連続脱水方法—

石橋則秀\* 戸澤清浩\*\*  
白石祐彰\*\*\* 福士健太郎\*\*\*

### 1. まえがき

ダム貯水池計画には、100年間に堆積する土砂量を貯水容量に予め見込んでいるが、完成後の経過年数の長いダムでは、計画堆砂量を超える例も多く見られる。このようなダムでは堆積土砂が増加することによる、ダムの機能障害が大きな懸案となっている。このため、ダム貯水池の治水・利水機能の維持、貯水容量の確保、流砂系を考慮した下流への土砂供給、堆積土の有効利用などを理由に、ダム湖の堆積土砂の処理が急がれている。

1997年に実施された、全国のダムのうち580箇所  
のダム堆砂に関する調査では、毎年400万 $\text{m}^3$ 程度の土砂採取が確認されている。その当時の全ダムの貯水池総堆砂量が、約2000万 $\text{m}^3$ 程度であることから、20%程度以上の土砂が毎年採取されていることとなる。

土砂採取量約400万 $\text{m}^3$ の約60%がコンクリート骨材や盛土材料として有効利用されているが、木片等の異物の混入や微細粒子成分の存在により、有効利用に限界があることも示唆されている<sup>1)</sup>。

堆砂の土質分布は、堆砂体積比で見ると、約55%がシルト以下の成分であり、そのうち20%は粘土成分である。従って、仮に有効利用を推進しても採取作業のコストダウンや脱水技術の向上が課題である<sup>1)</sup>。

従来は、浚渫した土砂を天日乾燥する方法やセメント系固化材等を用いて土質改良する方法などが一般的に用いられていた。また、天日乾燥するヤードが狭小な場合などは、フィルタープレスを用いた脱水方式が採用された例もある。しかし、天日乾燥の場合には、非常に広い処理スペースが必要となることや、フィルタープレスでは、連続処理ができず作業効率が悪いことから、施工コストが嵩むなどの課題があった。そこで、縦型スクリュウプレスを用いた「奥村式スラリー連続脱水システム」を開発し、設置スペースの縮小化

への対応、処理土の品質確保、省力化、処理コストの低減を実現した。本報では、その概要を報告する。

### 2. 奥村式スラリー連続脱水システム

#### 2.1 システム概要

##### a. システムの構成

今回開発した「奥村式スラリー連続脱水システム」のシステム構成としては、主に一次スクリーン、凝集反応槽、縦型スクリュウプレス、土砂ホッパーの機器から構成されている。以下にシステムの特徴を示す。

##### b. システムの特徴

- (a) 縦型スクリュウプレスの採用によって、処理スペースが、天日乾燥に比べて1/10、フィルタープレスに比べて1/2となり、狭い場所にも適用可能である
- (b) フィルタープレスを用いた脱水方式に比べ、連続処理が可能で、効率化、省力化が図れコストダウンとなる
- (c) 幅広い土質に適用できるとともに、処理した土砂の再利用が可能である

##### c. システムフロー

本システムのフローを以下に概説し、**図-1**にシステムフロー図を示す。

- (a) ダム湖より浚渫された浚渫土に含まれる礫や砂などを一次スクリーンで分級する
- (b) 分級後のスラリーに、凝集脱水に必要な凝集剤を加え凝集攪拌槽にて攪拌する
- (c) 縦型スクリュウプレスの下部から、凝集ブロックを生成したスラリーを投入する
- (d) 設定されたコーン指数の脱水ケーキが縦型スクリュウプレスの上部から排出され、土砂ホッパーに貯蔵される

\*東京支社機械部 \*\*関西支社機械部 \*\*\*技術研究所

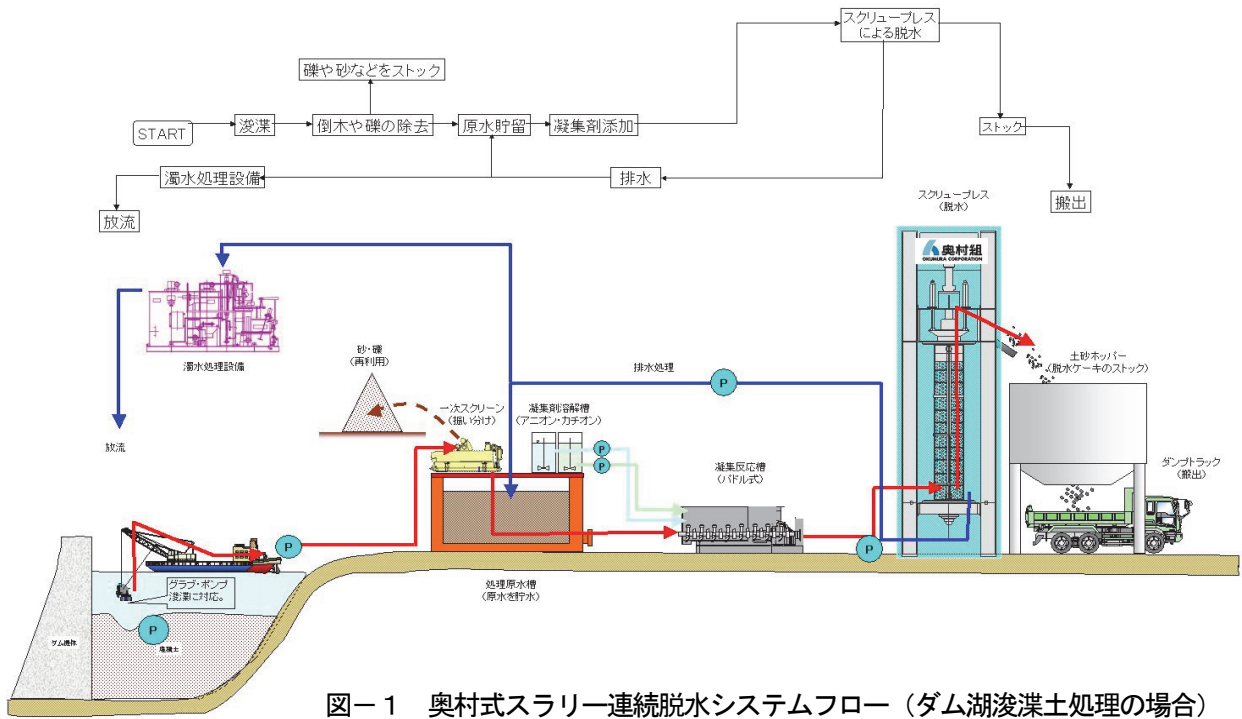


図-1 奥村式スラリー連続脱水システムフロー (ダム湖浚渫土処理の場合)

- (d) 土砂ホッパーより、搬出先にダンプトラックにて搬出・運搬する。
- (e) 縦型スクリーンプレスより排出される濾水は、濁水処理設備にて処理を行い、ダム湖へ放流する。

2.2 スクリュープレスの構造・仕様

a. スクリュープレスの構造

スクリーンプレスは、内部のテーパー状のスクリーン軸が回転することでスラリーが移送され、外筒スクリーンとスクリーン軸との間の容積が徐々に小さくなり、スラリーが圧縮・脱水される。

スクリーンプレスの構造図を、図-2に示す。

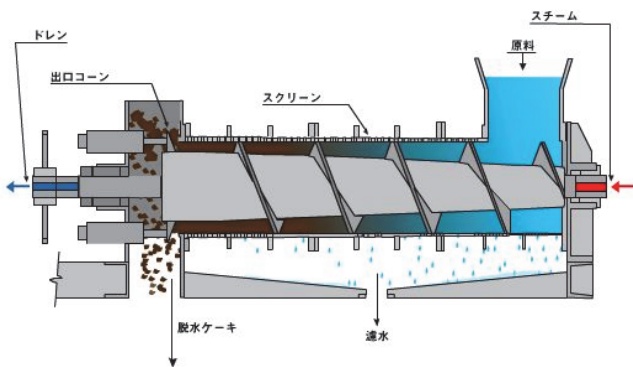


図-2 スクリュープレス構造図

b. スクリュープレスの特徴

スクリーンプレスの特徴を以下に示す。

- (a) 連続処理なので、前後設備も連続となり、難しい制御操作が不要である
- (b) 構造がシンプルで、運転は低速回転であり、なおかつ駆動部が少ないため、消耗品がほとんど無く、メンテナンス費用が安価である
- (c) 低速回転運転なので、騒音や振動の問題が少なく据付架台も構造が簡単である
- (d) 低速回転運転なので、動力が小さく、ランニングコストが低減できる
- (e) シンプルな構造なので、調節、点検箇所が少なく、維持管理も容易である
- (f) 簡単に密閉構造に出来るので臭気対策やガス回収が容易にできる

3. スクリュープレス実験機の設計・製作

3.1 スクリュープレス実験機の設計条件

スクリーンプレス実験機 (以下実験機と記述) の設計条件として、現場への適用や同業他社の動向等などを考慮して、以下のような条件とした。

- ・ 標準型 (水平)、縦型の両方で脱水可能な構造

- ・ 狭小ヤードで施工可能な構造
- ・ 脱水と土砂搬送を兼用できるような構造
- ・ 既存技術と差別化できる仕様や構造

### 3.2 実験機の仕様

実験機は、通常の標準型（水平）と重力での処理効率の向上を目的とした特殊型（縦型原泥下投入・縦型原泥上投入）を、実験に合わせて変更できる構造・仕様とした。

スクリーアの形状は、標準型（水平）での設計実績しかないため、特殊型（縦型原泥下投入・縦型原泥上投入）での形状は、重力での脱水メカニズムなどを考慮して、以下の通りとした。

実験機および付属機器の仕様を、表-1に示す。また、実験機のスクリーア形状を、図-3および写真-1に示す。

表-1 実験機および付属機器の仕様

機器名	仕様・性能	数量
特殊型スクリープレス	HX-200×1.5ML	1台
	サイクロ減速機:1.5KW	
	カバー付、SUS304	
パドル型凝集反応槽	可変減速機:0.75KW	1台
標準型(水平)スクリーア	Φ200,圧縮比:5.01、ピッチ:9	1本
特殊型(縦下投入)スクリーア	Φ200,圧縮比:2.71、ピッチ:15	1本
特殊型(縦上投入)スクリーア	Φ200,圧縮比:4.15、ピッチ:11	1本
原泥ポンプ	チューブポンプETK-42:1.5KW	1台
	吐出量:690リットル/h	
	吐出圧:0.9Mpa	
凝集剤溶解槽	攪拌機0.2KW×2	1基
凝集剤注入ポンプ	CR-5DN	2台
	吐出量:420~4200cc/min	
	吐出圧:0.5Mpa	

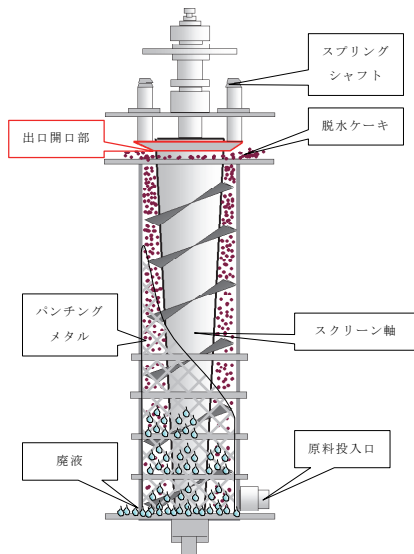


図-3 スクリュープレス図  
(縦型原泥下投入)

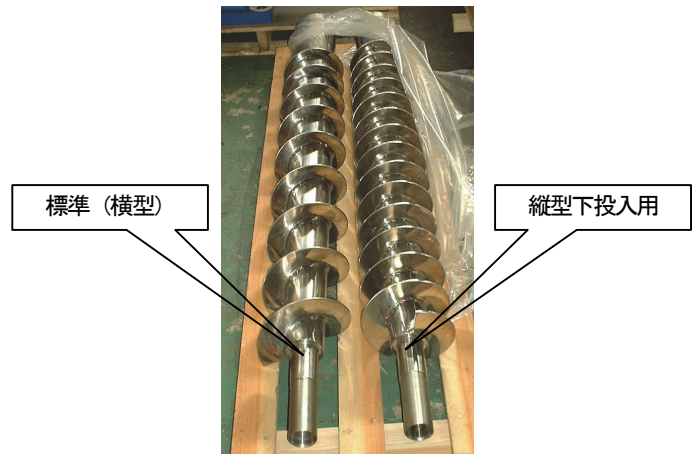


写真-1 スクリューの形状

## 4. 脱水性能確認を目的とした要素実験

### 4.1 脱水実験①スクリーア回転数と脱水性能

#### a. 実験方法

愛知県牧尾ダムの堆積土を当社技術研究所に搬入し脱水実験に用いた。供試土の物性値を表-2に示す。

供試土に加水し振動ふるい等によって石や枝を取り除いた。供試土に加水し夾雑物を取り除いたものをここでは原泥と呼ぶ。この原泥の単位体積重量はおよそ12kN/m<sup>3</sup>であるが、この原泥を沈降させた後、上澄水を除去することにより単位体積重量15kN/m<sup>3</sup>の原泥を別途作製した。これら2種類の原泥を脱水実験に用いた。また、砂分含有量の大きいスラリーが凝集フロックを生成されると強靱で脱水性が良いと推定されるので、原泥に1.2mm以下の山砂を加えた試験ケースも設けた。

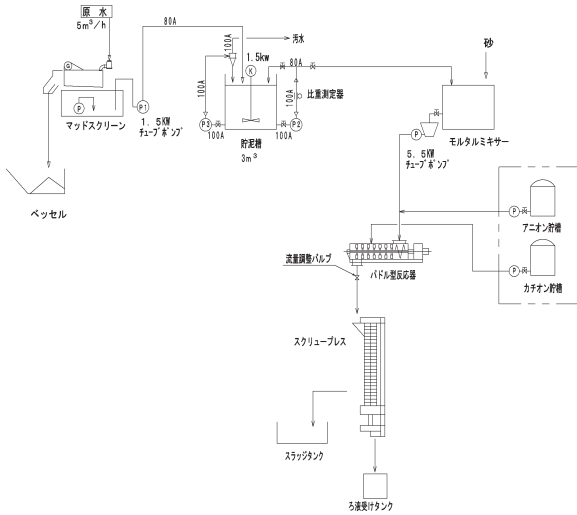
原泥(または原泥+山砂)をグラウトミキサーで攪拌しながらモノポンプで凝集反応槽へ送り、凝集反応槽で高分子凝集剤を添加、攪拌混合しフロックを生成させてスクリープレス機に投入した。実験のフロー図を図-4に示す。

スクリープレス機を水平に設置したときは投入口は水平に、縦型に設置したときには投入口を下(出口開口部が上)、またはスクリープレス機を逆さにして投入口を上(出口開口部が下)とした。ここではそれぞれ、水平投入、縦型下投入、縦型上投入と呼ぶ。

水平投入、縦型下投入および縦型上投入で圧縮比の異なる3種類のスクリーアを用いて回転数を3段階(1.0 rpm、2.0 rpm、2.6 rpm)に設定して脱水実験を実施した。試験条件を表-3に示す。

表一 2 供試土(脱水実験①)の物性値

採泥場所	土粒子の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水比 (%)	含水率 (%)	粒 度 (%)					最大粒径 (mm)	均等係数
				石分	礫分	砂分	シルト分	粘土分		
牧尾ダム	2.607	49.9	33.3	0.0	0.0	32.2	58.4	9.4	2.0	11.6



図一 4 脱水実験フロー図

表一 3 脱水実験①の試験条件

原泥の単位体積重量	12 kN/m <sup>3</sup> 、15 kN/m <sup>3</sup>
原泥の含水率	70~90%、45~55%
砂分の追加	なし、山砂 (<1.2mm)
スクリュープレスの形状	水平、縦型
投入口	水平、縦型の下、縦型の上
投入方式	ホッパー
スクリュープ圧縮比	2.71、4.15、5.01
回転数 (rpm)	1.0、2.0、2.6

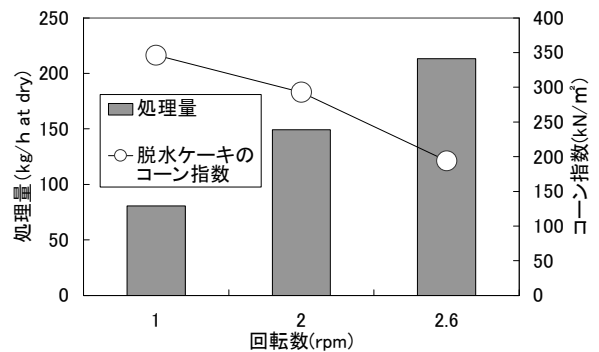
高分子凝集剤はあらかじめジャーテストによって選定し、アニオン系はダイヤフロック AP825C、カチオン系 KP204B が最適と判断して使用した。

b. 実験結果

代表例として、原泥（単位体積重量 15 kN/m<sup>3</sup>、含水率 45%）に山砂を加えたスラリーを水平投入し、スクリュープ圧縮比 2.71 で脱水した試験ケースの結果を図一 5 に示す。

回転数の増加にともない時間当たりの処理量は増加するが、脱水ケーキのコーン指数は減少することが分かった。回転数が増加するという事は、投入されたスラリーの移動速度が大きくなるということである。

したがって、スラリーを一定量連続投入した場合には出口の開口部に到達するスラリーの量、すなわち処理量は回転数が増加するほど多くなる。またスラリーの移動速度が速いということは、スラリーが圧縮・脱水される時間が短いということである。そのため回転数が増加すると脱水ケーキのコーン指数は小さくなる。



図一 5 単位時間当たりの処理量と脱水ケーキのコーン指数

水平投入では多くの試験ケースで図一 5 のような傾向が認められた。しかし、縦型上投入ではどの回転数においても脱水ケーキのコーン指数は小さく脱水性能は著しく低いと判断した。

一方、縦型下投入は、水平投入に比べ処理量は劣るものの、脱水ケーキのコーン指数は水平投入と同等であった。縦型下投入の処理量が少なかったのは、水平投入に比べて時間当たりに投入されたスラリー量が少なかったためであると推定された。したがって、縦型下投入に適した投入方法を見いだす必要あると考えられた。この一連の実験によって回転数と処理量の関係は把握できたので、回転数は2段階に設定して投入方法を新たに提案した実験を実施した。

4.2 脱水実験②縦型下投入の脱水性能

a. 実験方法

奈良県池原ダムの堆積土を当社技術研究所に搬入し脱水実験に用いた。供試土の物性値を表一 4 に示す。実験方法は脱水実験①とほとんど同じであった。



表-4 供試土(脱水実験②)の物性値

採泥場所	土粒子の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水比 (%)	含水率 (%)	粒 度 (%)					最大粒径 (mm)	均等係数
				石分	礫分	砂分	シルト分	粘土分		
池原ダム	2.62	45.1	31.3	0.0	1.6	12.6	66.7	19.1	9.5	23.1

ただし、供試土が異なったため単位体積重量は 12kN/m<sup>3</sup> と 14kN/m<sup>3</sup> であった。また 1.2mm 以下の山砂の代替としてけい砂 5号を用いた。投入方法は従来のホッパー式のほかにエアーサクシオンポンプ(ダイヤフラム式)による加圧式を採用した。回転数は 1.5rpm と 3.0rpm の2段階に設定し、水平投入および縦型下投入で脱水実験を実施した。試験条件を表-5に示す。

高分子凝集剤はジャーテストによってアニオン系はダイヤフロック AP519C、カチオン系 KP208BH が最適と判断して使用した。

表-5 脱水実験②の試験条件

原泥の単位体積重量	12 kN/m <sup>3</sup> 、14 kN/m <sup>3</sup>
原泥の含水率	45~55%、70~90%
砂分の追加	なし、けい砂 5号
スクリープレスの形状	水平、縦型
投入口	水平、縦型下投入
投入方式	ホッパー、加圧
スクリー圧縮比	2.71、4.15、5.01
回転数 (rpm)	1.5、3.0

b. 実験結果

代表例として、原泥(単位体積重量 12kN/m<sup>3</sup>、含水率 70~88%)にけい砂 5号を加えたスラリーを加圧式で縦型下投入した、圧縮比 2.71 および 4.15 のスクリーを使用して脱水した試験結果を図-6に示す。スクリー圧縮比 2.71 および 4.15 の両者とも回転数の増加にともない時間当たりの処理量は増加する。一方、脱水ケーキのコーン指数は減少した。しかし、前者は後者に比べコーン指数の減少の程度は小さかった。

回転数 3rpm においてスクリー圧縮比 4.15 ではコーン指数が 180kN/m<sup>2</sup>を示したが、スクリー圧縮比 2.71 では 520kN/m<sup>2</sup>と良好な値を示した。時間当たりの処理量は、両者とも 180kg/h 前後であったことからスクリー圧縮比 2.71 のほうが圧縮比 4.15 よりも脱水性能が優れていた。したがって、加圧式の縦型投入では圧縮比 2.71 のスクリーを用いることが適切であることが分かった。また、投入方式をホッパー式から加圧式に変更したことによって、スラリーの時間当たりの処理量を水平投入に近づけることができた。

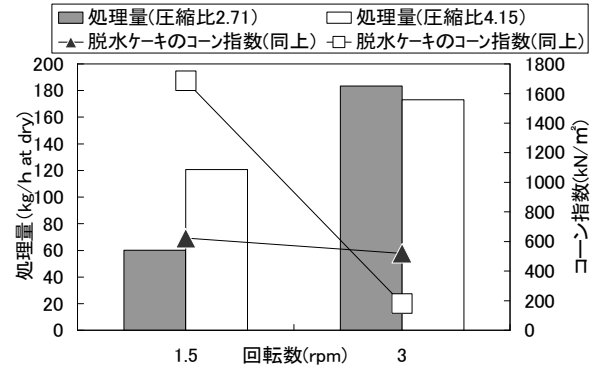


図-6 縦型下投入での処理量とコーン指数との関係

5. 脱水品質管理手法の確立

脱水実験②において水平投入した各試験ケースでのスクリーの回転数と時間当たりのスラリー処理量との関係を図-7に、脱水ケーキのコーン指数との関係を図-8に示す。

図-7および図-8に示すように、スクリーの回転数が高ければ、処理量は増えるが、コーン指数が低下する。逆に回転数が下がると処理量が減るが、コーン指数は高くなる。効率よく所定のコーン指数を得るためには、回転数の制御が課題である。

脱水実験②を実施していたときに出口開口量を測定した結果、出口開口量とコーン指数との間に図-9のような相関性があることが判明した。したがって出口開口量を測定し、回転数を制御すれば所定のコーン指数を任意に得ることができると考えられた。

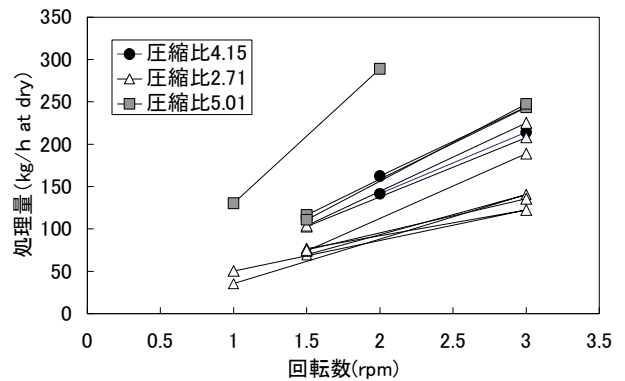


図-7 スクリュー回転数とスラリー処理量の関係

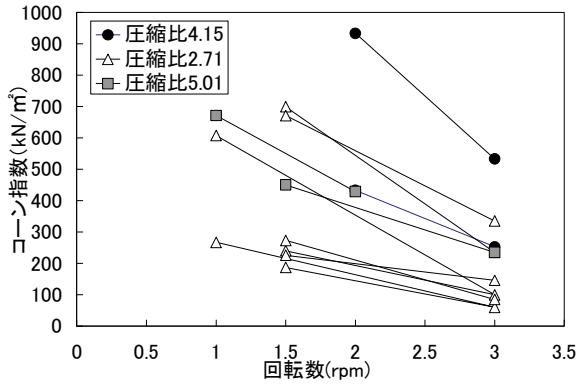


図-8 スクリュー回転数と脱水ケーキのコーン指数の関係

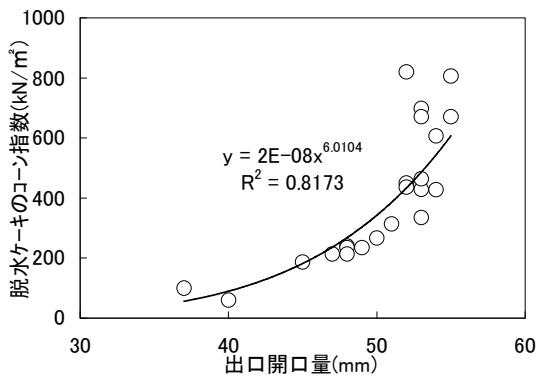


図-9 出口開口量と脱水ケーキのコーン指数との関係

ここで、建設発生土は、表-6に示すようにコーン指数により区分されている。そこで、ある区分の発生土を得るためには所定のコーン指数が必要になる。

図-10のようにシャフトの変位量を測定して、図-11のようなシステムで回転数をインバーター制御するシステムを採用した。よって、要求品質を確保しながらスムーズな回転数の制御が可能となり、脱水システムの効率化、省力化により低コスト施工が可能になる。

表-6 建設発生土の種類とコーン指数の関係

区分	コーン指数 q <sub>c</sub> : kN/m <sup>2</sup>
第1種建設発生土	—
第2種建設発生土	800以上
第3種建設発生土	400以上
第4種建設発生土	200以上
泥土	200未満

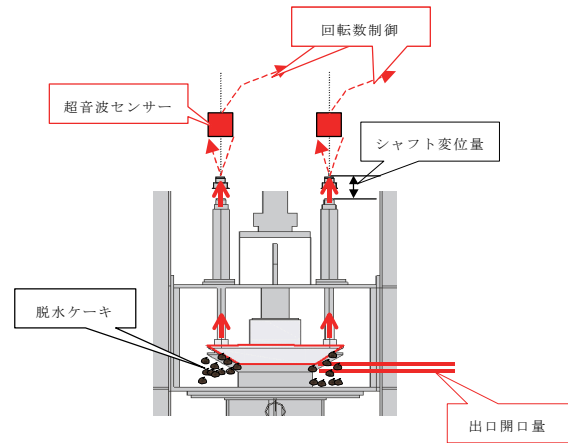


図-10 センサー設置図

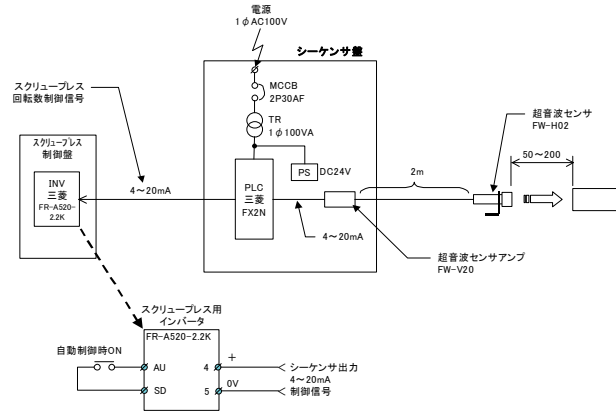


図-11 コーン戻り量計測と回転数の制御方法

## 6. あとがき

実施工段階までには、実機の新規設計や実験により得たデータの実機での変化や、スケールアップすることによる新たな問題が出現することも考えられる等、解決すべき課題が残されているが、実プロジェクトで対応していきたいと考えている。

今後は本システムの実現場への適用を実施していくとともに、積極的な技術提案を行い、実現場での適用に向けて鋭意努力していきたい。また、本システムの適用範囲を拡大するために、泥土圧シールド工法で排出される掘削土砂の減容化や泥水シールド工法の泥水処理設備への応用など、他工種での実験を今年度中に実施していく予定である。

### 【参考文献】

- 1) 柏井条介、「堆砂対策によるダム貯水池の持続的利用」、月刊土木技術資料、Vol. 47、NO. 1、pp46～51、2005. 1