

微細粒子土砂の粒度分布に関する比較検討

独立行政法人土木研究所 海野 仁・箱石 憲昭

1. 概要

従来、貯水池の濁水シミュレーションにおける土粒子の沈降速度については、採水した濁水をレーザー回折・散乱法により粒度分布を分析し、これによって得られた粒径からストークス式を用いて算出する手法が用いられてきた。しかしながら、レーザー回折・散乱法（以下、「レーザー回折法」と略す。）による粒度分布は、沈降実験をもとにした粒度分布と異なる場合があり、適切な粒度分布の調査方法、条件設定方法の確立が求められている。

本報告は、ダム貯水池の底泥を取り上げ、沈降筒法、遠心沈降法、レーザー回折法を用いて粒度分布の比較検討をした結果を報告するものである。

2. 実験方法

沈降筒法、遠心沈降法、レーザー回折法を対象に、粒度分布の比較検討をおこなった（表-1）。

表-1 粒度分布の分析手法

測定方法	沈降筒法	遠心沈降法	レーザー回折法
測定計測器	沈降筒 φ200mm×L2m (約63%) φ390mm×L2m (約240%)	SKC-2000	SALD-3000S
測定条件	室温一定(20℃)	測定範囲: 0.3 μm~50 μm	測定範囲: 0.05 μm~3000 μm
測定項目	沈降筒水位、SS、蒸発残留物、水温	粒度分布	粒度分布
測定手順	初期水深を2.0mとし、底面から0.5mの位置に採水用コックを設置し、測定回数毎に1リットルの採水を行う。	採水した試料100mlを測定装置に投入し、測定を行う。	試料濃度に応じた量(50~100ml程度)を測定装置に投入し測定を行う。
測定回数	13回 (充水直後、5分後、15分後、1時間後、3時間後、6時間後、12時間後、24時間後、3日後、7日後、14日後、21日後、42日後)	1回	1回
粒度分布算出方法	粒子の沈降速度を沈降筒水位と採水経過時間より算出する。沈降速度からストークス式により粒径を換算し、濁水の濃度変化から通過率を算出する。	遠心力により強制的に粒子を沈降させ、沈降時間と遠心力付加時間毎に光の通過量を計測し、濃度変化を測定する。濃度の変化より通過率を算出し、その後、沈降速度を用いてストークス式より粒径を換算する。	土粒子にレーザー光を照射し、土粒子からの回折光の光強度を計測する。計測した光強度にMie散乱理論を適用し、粒子径区分毎の粒子量を求める。
汎用性	測定方法の詳細が統一されていない。	測定計器自体が少ない。	一般的によく用いられる。

実験に先立ち、川治ダム堤体近傍から底泥を採取し、濁質濃度がおおよそ 500 [mg/L] となるよう模擬濁水を調製した。ここで、沈降筒法は、実験により沈降速度を計測し、ストークス式により粒度分布を換算するものである。遠心沈降法は、遠心分離機を使って沈降試験の時間を短縮した手法である。レーザー回折法は、測定装置により直接粒度分布を求めるものである。

分析にあたっては、土粒子の分散を促進させることを目的に、一部の実験ケースで超音波分散処理を実施した。濁水土粒子の分散処理の方法を表-2 に、実験ケースの一覧を表-3 に示す。

表-2 模擬濁水の分散処理

測定方法	分散方法	
	分散なし	分散あり
透過式 遠心沈降法	分散材:無添加 分散方法:手攪拌	分散材:無添加 分散方法:超音波振動10分間(60w)
レーザー 回折・散乱法	分散材:無添加 分散方法:手攪拌	分散材:無添加 分散方法:超音波振動10分間(60w)

表-3 実験ケース

ケース	濁水	分析方法	分散処理	結果
1	川治ダム 模擬濁水	沈降筒法 φ200mm	なし	図-1 図-2 図-3
2	川治ダム 模擬濁水	沈降筒法 φ390mm	なし	図-1
3	川治ダム 模擬濁水	透過式 遠心沈降法	あり	図-3
4	川治ダム 模擬濁水	透過式 遠心沈降法	なし	図-3
5	川治ダム 模擬濁水	レーザー回折・ 散乱法	あり	図-3
6	川治ダム 模擬濁水	レーザー回折・ 散乱法	なし	図-3

3. 実験結果

3.1 沈降筒法

まず、φ200mm と φ390mm の沈降筒について、結果を比較する（図-1）。φ390mm の通過百分率は、細粒部である 0.8~2 μ の範囲で、φ200mm に比べ大きくなる結果となったが、全体的にはほぼ同一の分布を示す結果となった。恒温室の温度管理を徹底することにより、φ200mm の沈降筒においても、信頼性のあるデータが十分得られるものと思われる。

次に、 $\phi 200$ 沈降筒について、SS から求めた粒度分布と蒸発残留物から求めた粒度分布を比較した(図-2)。 1μ 以下の細粒分の占める割合は、濁質濃度を SS で評価した場合で 13%、蒸発残留物で評価した場合で 19% となり、蒸発残留物で評価すると、SS で評価した場合の約 1.5 倍となった。ストークス径 1μ 以下の粒子の沈降速度は、 8.1cm/day 以下と極めて遅く、大規模出水後の濁水長期化の原因ともなっていることから、濁水中に占める割合を正確に把握することは重要ではある。しかしながら、水域の環境基準は SS で規定され、また、濁質のシミュレーションにおいても、予測する対象は蒸発残留物ではなく SS であることを考えると、沈降筒法で採用する濁質濃度のパラメータは、SS とするのが妥当と考える。

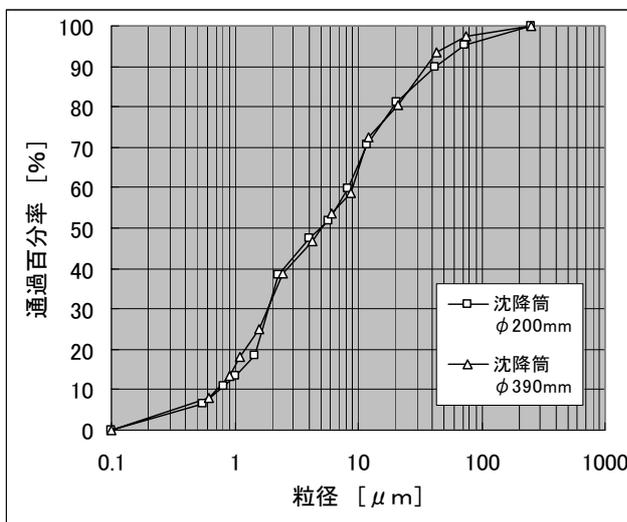


図-1 沈降筒法による粒度分布

3.2 遠心沈降法／レーザー回折法

沈降筒法 ($\phi 200\text{mm}$)、遠心沈降法 (分散あり／分散なし)、レーザー回折法 (分散あり／分散なし) の 5 手法により求めた粒度分布を図-3 に示す。上記 5 手法による分析結果には、かなりの差を生じた。沈降筒法に一番近い結果を与えるのは、遠心沈降法 (分散あり) のケースであることから、川治ダムの底泥を試料に模擬濁水を製造し、遠心沈降法を用いて粒度分析する場合には、前処理として超音波分散が必要と考えられる。

5 手法のうち、最も粗粒化した粒度分布を示したのは、レーザー回折法 (分散なし) である。レーザー回折法は濁水の粒度分析において最も普及した手法ではあるものの、レーザー回折法の結果を用いて沈降速度を設定すると、実際よりも過大となると考えられる。

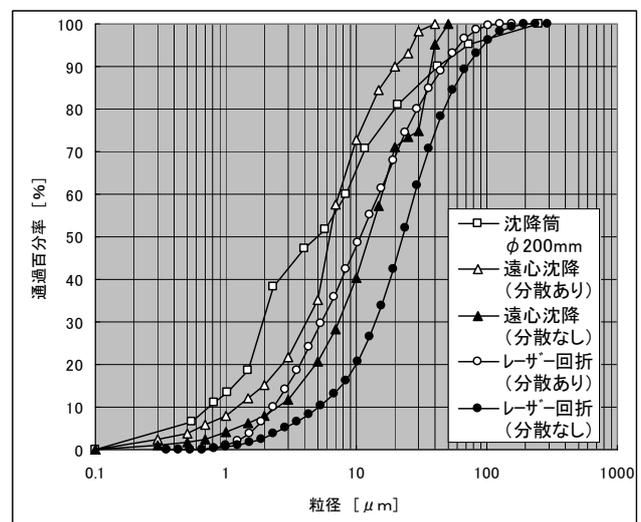


図-3 分析手法と粒度分布

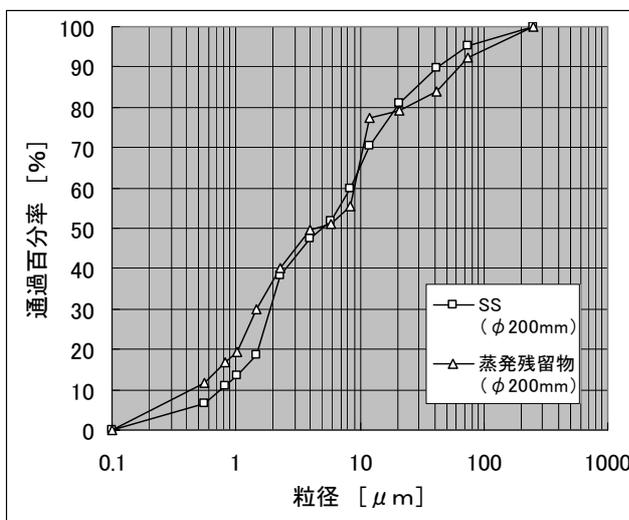


図-2 パラメータと粒度分布

4. まとめ

微細粒子土砂の粒度分布の分析手法について、以下の通りまとめる。

- ・沈降筒法は沈降現象を把握するには最も適した方法と考えられる。恒温室内の気温を適切に管理することにより、 $\phi 200\text{mm}$ 、 $H=2.0\text{m}$ の沈降筒を用いて、信頼性のあるデータが得られる。
- ・沈降筒法の代替法としては、遠心沈降法が有用である。川治ダムの底泥を採取し模擬濁水を試料として分析する場合には、分散処理が必要である。
- ・レーザー回折法の結果を用いて沈降速度を設定すると、実際よりも過大となると考えられる。