

ダム貯水池における混濁流を用いた排砂実験

Sediment flushing experiments from reservoirs with the use of turbidity currents

北海道大学工学部環境社会工学科 ○学生員 三橋日向 (Hinata Mitsuhashi)

北海道大学工学研究院 フェロー会員 泉典洋 (Norihito izumi)

1. はじめに

ダムは我々人類が文明的な生活を送るために欠かせないものである。大ダムの包括組織である国際大ダム会議(ICOLD)によると、20世紀の終わりまでに世界中で四万以上の大ダムが建設された¹⁾。補足だが ICOLD は大ダムを基礎部分から頂点まで 15m以上あるいは貯水量 100 万 m^3 以上と定義している¹⁾。またアメリカには大ダムには分類されない中小ダムが 96000 基ほど存在し¹⁾、同じ割合で世界に中小ダムがあるとすると、世界にはざっと 80 万基存在することになる¹⁾。一般社団法人日本大ダム会議によると日本には全部で 1121 のダムがあり、このすべてが大ダムに分類される。このように、現在では世界中のありとあらゆる場所にダムが存在している。

古くは古代エジプトで人類史上初のダムが作られていたのだが人類の土木技術が発展していくにつれてダムの建設技術も上がり、より大きく耐久性も高いものを作ることができるようになってきた。貯水量が世界最大のダムはアフリカのザンビアとジンバブエの国境にあるカリバダムで、日本で最も堤高が高いダムは富山県の黒部ダムである。ダムの型式には土や砂、岩石などを積み上げたアースダム(フィルダム)とコンクリートで作られたコンクリートダムがある。インドのダムの 95%はアースダムであり、地震が多い日本のダムの 61%はコンクリートで作られた重力式ダムである。またダムの用途も様々である。洪水調節や渇水時に備えたため池の役割だけでなく、灌漑、工業用水の確保、発電、レクリエーション目的でも利用されている。冒頭にも書いたように、ダムは人間が都市で生きていくうえで最も重要なインフラのうちの一つであり、これを適切に維持管理していかなければ我々の生活に大きな支障が出てしまう。

ダムの維持管理には主に放流設備・取水設備関やダムコンをはじめとする操作・制御設備などの管理設備、堤体の補修、そして堆砂対策や水質対策などの貯水池対策がある。ダムを運用していく上で大きな問題の一つは堆砂である。当然のことながら、ダム貯水池には、水だけでなく上流から流れてきた土砂もたまってしまう。土砂がたまりすぎると第一にダムの貯水量が減少する。中国ではすべての巨大ダムの 66%もの貯水量が土砂によって失われてしまった。貯水量が失われるということは、本来のダムの機能が失われてしまうことになる。洪水調節機能が失われてしまうだけでなく、発電用のダムでは十分に発電することができなくなってしまう。巨大な構

造物であるダムが機能不全に陥ると広範囲に影響が生じることとは想像に難くない。また貯水池に堆積した土砂は、本来ダムの下流に流れていくはずだったものである。ダムの存在そのものが下流を含めた周辺の自然環境を少なからず変えてしまう。海岸線の侵食や河床低下がその一例である。

これまで、ダム貯水池の堆砂対策として浚渫が行われてきた。しかし浚渫にはコストが大きいというデメリットがある。排砂ゲートを設置して水と一緒に排砂を行っているダムもあるが、一般に排砂面まで水位を下げる必要があるため、貯めた水が無駄に排水しなければならないという欠点がある。本研究で取り上げる混濁流を用いたダム貯水池の排砂手法は、水位を下げることなく排砂することを可能とする手法である。

混濁流とは、底面付近で土砂を含むことによって密度を増加させ斜面を流下する密度流である。自然界では主に海底で発生するものが観測されている。本研究では、混濁流をダム貯水池の底で人為的に引き起こし、流れと共に貯まっている土砂を排出させることが可能かどうか実験を行って検証することを目的とする。混濁流を用いれば、水位を下げずに土砂を排出することが可能となる。

2. 実験装置

実験で用いた水槽は、図1に示すような深さ 80 cm、幅 50 cm、長さ 120 cm のアクリル製水槽である。水槽の片方の端には、図2に示すように底面の側壁近傍にバルブが付いている。砂の代わりに密度が $1,600 \text{ kg/m}^3$ の直径 0.2 mm の塩化ビニル樹脂の粒子を用いた。これは、実験装置が実物より小さいため、そのスケール効果によって巻き上がりにくくなるのを防ぐために用いている。

3. 実験方法

図3に示すように、水槽の中に塩化ビニル粒子と水を入れる。粒子を水槽の底に堆積させる際には、実際のダム貯水池の底のように若干の傾斜をつけるように堆積させた。

粒子を入れた後に水を水槽の七割程度貯める。塩化ビニル粒子は、そのままでは水との親和性が低いいため水面に泡のように浮いてしまう。そこで、水和性を高めるため界面活性剤(食器洗い洗剤)を適量入れて粒子をすべて沈殿させる。

水槽の端に取り付けられているバルブのcockを開けて排水を行うと、バルブ近くに発生する流れによってバルブ周辺の粒子が巻き上げられる。巻き上げられた粒子が水と一緒に排水される。その際、流れが継続すると粒子の巻き上げも継続的に発生し、混濁流となることが期待される。その様子を観察し、混濁流の発生状況をビデオカメラで記録する。

この時、水位が下がると混濁流ではなく水流の影響によって排砂が行われるため、水位をある程度保つために排砂と同時に給水を行う。またその際、ホースで給水する水の勢いで粒子が巻き上がらないよう水位を十分高く保つとともに、バルブとは逆側の端に図4に示すような湾曲したプラスチックの板を設置し、それに添わせて給水を行なう。

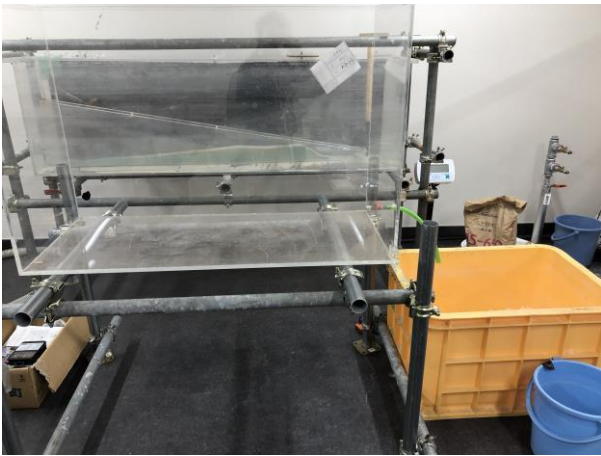


図1 実験で用いた水槽

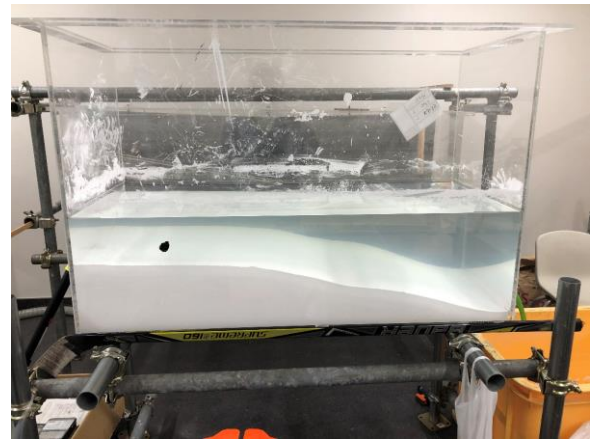


図3 水と粒子を入れた状態の水槽



図4 給水の際に水の勢いを弱めるための板



図2 水槽下流面に設置されたバルブ

3. 結果と考察

これまでの実験ケースでは、バルブを開けたところ、混濁流のようなものは発生せず、水だけがバルブから流れた。バルブ周辺に集まる水によって粒子が巻き上げられ混濁流が発生することが期待されたが、これまでの実験条件では粒子を巻き上げるのに十分な流れが発生せず、混濁流が発生しなかったものと考えられる。

4. おわりに

本実験では直方体のアクリル水槽を使用し、水槽底部の側壁近傍に位置したバルブを用いて排水を行った。側壁の影響は小さいものとし、流れの左右対称性を期待してバルブを側壁近傍に配置した。しかし、粒子を巻き上げるだけの流れが生じなかった原因の一つに側壁の影響があるのかも知れない。側壁の影響によってバルブ周辺の流れに対する抵抗が大きく、流速が抑えられた可能性がある。あるいは単にバルブの径が小さすぎた可能性も考えられる。今後は、バルブの位置や径を変化させ、混濁流が発生し得る最適な条件を明らかにする。

5. 参考文献

- 1) Zhao-yin WING and Chunhong HU: Strategies for managing reservoir sedimentation, International Journal Of Sediment Research 24, pp.369-384, 2009.