

ダム貯水池における河床形態の遷移過程に関する実験的研究

東京理科大学大学院

福井 充

東京理科大学大学院

学生員 志村 秀喜

東京理科大学

越智 龍太

東京理科大学理工学部土木工学科 正会員 大西 外明

1. 研究の背景と目的

貯水池は、社会に多大な恩恵をもたらすが、その一方で堆砂が進行するとそれらの経年進行につれて、場合によっては貯水池とダムの機能を失わせ、さらにまた背水位の上昇と洪水調節機能の消失により、上流部と下流部に多くの悪影響を及ぼし第三者に多大な被害を与える原因にもなる。このような貯水池における堆砂機構については、様々な条件が複雑に絡み合っているため、厳密な水理学的取り扱いが非常に困難である。そして貯水池上流端のように流況が急変する領域における堆砂機構については、まだ十分に解明されていないと考えられる。そこで本研究では貯水池上流端に形成されるデルタの発達過程に着目して、河床の抵抗特性を求め、それをふまえて砂の移動の様子から貯水池の堆砂について検討することを目的とする。

2. 流砂について

砂礫の運動は流体力と抵抗力の相対的な関係によって決まる。流体力は乱流場では時間的に変動し、抵抗力も粒子の大きさ・形状・存在位置により変化する。したがって粒子の運動は本来確率的であり、移動と停止の断続的な運動を繰り返しながら、底面上を転動したり、小跳躍を行いながら移動するもの、小跳躍の過程において上昇流により浮上し、かなりの距離をほとんど流速と同じ速度で移動し再び河床に落下するものなどいろいろな形式がある。また、粒径が非常に細かいウオッシュロードのように、移動を開始してから最終的に停止するまで流水の乱れに保持されたまま、河床砂とほとんど交換すること無しに流下する成分もある。本研究では河床材料が比較的大きく、河床材料と交換しながら移動する掃流砂の卓越した流れを実験水槽で再現した。

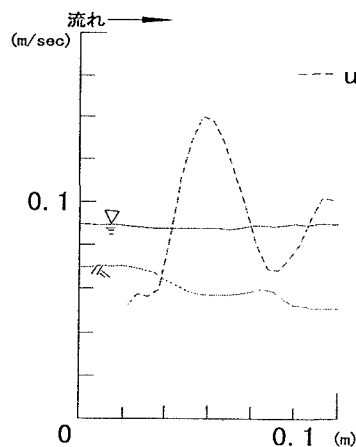


図1：河床と摩擦速度の関係

3. 実験内容

移動床水路では河床材料特性と水理条件によって河床の形態が変化する。河床の形態には、砂漣、砂碛、平坦、反砂碛の4形態が考えられる。そこで、本研究では上流部より掃流された河床材料が、最終的に貯水池流入部で比較的大きなスケールの大きい段丘（デルタ）として堆積するまでの過程を実験的に考察した。移動床の実験では、勾配のついた実験水槽の底に砂を敷き詰めて、上流側から連続的に通水して砂の移動の様子を観測した。その際、流量、勾配、堰の高さ及び、粒径別に30ケースおこなった。

キーワード 摩擦速度

連絡先 〒278-0022 千葉県野田市山崎2641

(0471)24-1501 内線 4055

またより詳しく河床形状と抵抗の関係を調べるために別途に砂碛の模型を作成し固定床で砂碛周辺の流況を調べる実験を行った。その際、流速計を用いて砂碛の模型の周辺の各点においての流速を測定して、その流速を利用して乱れを求めた。

4. 河床抵抗と流水抵抗

河床抵抗を表す物理的指標として、摩擦速度を用いた。従来は、河床変動をマクロな視点で捉えて、摩擦速度はエネルギー勾配(i)と水深(h)から求められていた。しかし河床は時間とともに刻々と変化し、水面形も一定ではない。そこで、本研究では1分おきの河床の様子をビデオで撮影し、河床及び水面の変動に合わせて不等流の運動方程式(1)で砂碛周辺の局所的な摩擦速度の分布をもとめた。

$$\frac{dh}{dx} = i - \frac{d}{dx} \left(\frac{U^2}{2g} \right) - \frac{u_*^2}{gR} \quad (1)$$

$$i = i_0 - \frac{\partial z}{\partial x}$$

その結果を図1に示すが、そこに認められる局所的な摩擦速度の分布の特徴は、砂碛頂部から下流方向に向かって上昇し、河床波先端部で最大値となることである。これは、砂碛の頂部から先端部にかけて水深が大きくなるために平均流速が減少し運動エネルギーが損失されたためである。そのため、摩擦速度の最大値と砂碛の形状との相関は非常に高いと考えられる。また、この損失エネルギーにより水と河床の間にせん断抵抗が生じ砂が巻き上げられる。またデルタの形成に大きく関係する河床の遷移において、波高が大きくなった後に再び減少するのは摩擦速度だけでは説明がつかない。そこで、別途に砂碛の模型を作成し固定床で砂碛周辺の流況を調べる実験を行った。図2と図3は、砂碛周辺の流速分布と乱れの観測結果である。これらにより明らかのように、砂碛頂部で流線が剥離し流速成分が大きく乱れて強い渦度の集中が見られた。この流速成分の乱れによる渦が大きな流水抵抗となり発達した砂碛の波高を減じさせる原因になったと考えられる。

5. 結論

砂碛がデルタへと発達する過程において、波高の発達、減少、砂碛の一体化というサイクルを実験水路で再現することができた。また、河床の微小区間の変化に合わせて計算した摩擦速度と砂碛の波高水深比との関係から、砂澱と砂碛の発生領域区分図を作成した。

参考文献： 吉川 秀夫：流砂の水理学
日野 幹雄：流体力学
水理公式集、土木学会

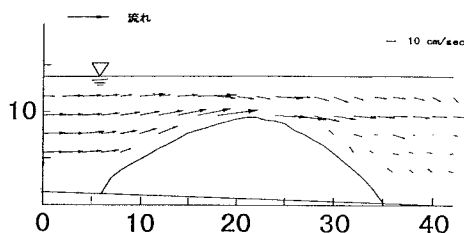


図2：堆砂付近の流況

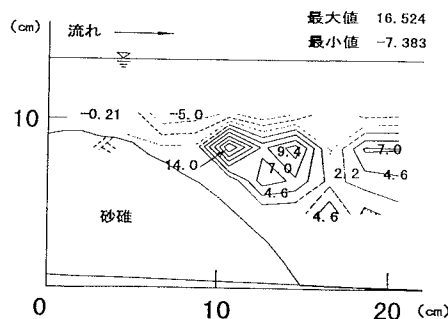


図3：砂堆付近の乱れの様子