

山岳河川の取水堰堤を対象とした移動床実験による排砂効果の評価

一様砂を用いた水理模型実験の実施

Evaluation of Sand-flash Effect of Intake Gates on Rivers in Mountainous Areas by the Movable Bed Model

Hydraulic model test using uniform-grain sand

(電力技術研究所 水理G)

中小水力発電所の堰堤では、堆砂による河床上昇や下流部の洗掘などが懸念されるため、排砂門を設置してこれに対処している。ここでは、排砂門の効果を定量的に把握するため、移動床水理模型実験を実施しその効果を検討した。

(Hydraulic Engineering Group, Electric Power Research & Development Center)

Dams for medium and small-sized hydro-power plants are provided with sand-flash gates to prevent the rising of the upstream bed and the scour of the downstream bed due to sedimentation. We have evaluated such sand-flash gates quantitatively by the movable bed model, in order to confirm the actual effects.

1 背景と目的

山岳河川に存在する中小水力発電所の堰堤は、急峻な地形と多量の降雨の影響により堆砂が進み、ほぼ満砂に近い状態でその運用が行われているものも少なくない。この運用は堰堤上流部の水位上昇や堰堤下流部の洗掘などの諸問題を発生させるため、堰堤排砂門により定期的、恒常的な排砂を行い対処している。本実験では、水力発電所の低堰堤を対象とし、固定床、移動床（流れにより河床が変動する）の模型実験を通じて排砂門の効果の検討を行った。

型縮尺は1/30で作成し、河床部分は不飽和ポリエステル樹脂で一様砂を固め、固定床を形成した。なお、現地の平均河床勾配は約1/80.0と急勾配であり、既設の堰堤より上流400m程度を模型として再現した。第1表に固定床実験時の通水諸量を示す。

第1表 固定床実験時の通水諸量

Q (流量)	R (径深)	le (勾配)	u* (摩擦速度)	* (掃流力)	F (底面粗度)
36.6m³/s	0.6325	0.0136	0.2900	0.2064	0.1797
172.5m³/s	1.6109	0.0095	0.3869	0.3673	0.2389

2 固定床模型実験

現地河床の摩擦粗度、流砂量を適切に評価することは非常に困難である。ここでは、移動床実験の前段階として、固定床実験を実施し通水諸量を得、現地移動床の諸量を把握することとした。

まず、現地河床砂礫について現場粒度調査を実施し、平均粒径 $d_m = 25.2\text{mm}$ を得た。これを、フルード則に従い、模型で用いる粒径（珪砂4号） $d_m = 0.88\text{mm}$ を決定した。次にこの模型砂を用いて現況河川の模型を作成した。第1図に模型の概要を示す。模



第1図 模型概要図

3 流砂量の検討移動床模型実験

固定床実験により、第1表の通水諸量を得たため、これを基に移動床実験を実施した。

まず、洪水時の上流からの流砂量を把握するために、給砂濃度の検討を行った。

一般に、現場を再現した移動床実験を行う場合、適切な給砂量を与えなければ、評価したい地点の河床部分の変動状況を再現することは不可能となる。実験では、1年の生起確立洪水流量によって現河床形態が形成されると仮定し、その時に平衡流砂量式が成立すると想定した。平衡流砂量式は以下の芦田・道上式を用いた。

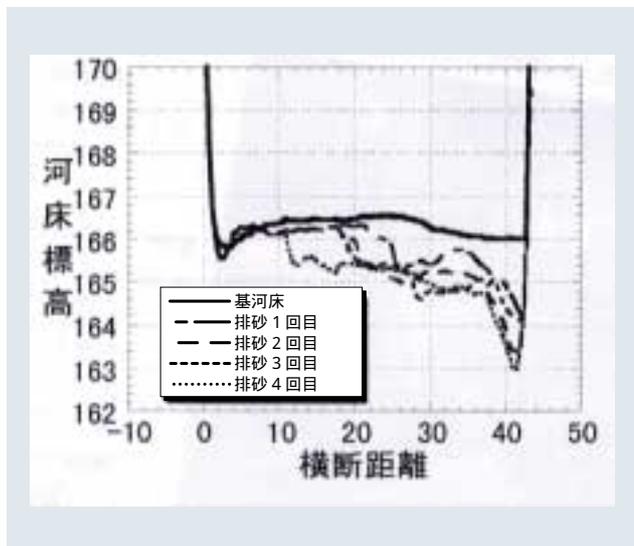
流砂量式

$$\frac{q_B}{\sqrt{(1/\rho)gd^3}} = A \cdot \left(1 - \frac{u_{*c}}{u_*}\right) \left(1 - \frac{u_{*c}}{u_*}\right)^{3/2} \quad (1)$$

ここにA：定数、 q_B ：無次元掃流力、 u_* ：摩擦速度、 u_{*c} ：無次元限界掃流力、 q_B ：単位幅あたりの掃流砂量、 u_{*c} ：限界摩擦速度、 g ：重力加速度、 d ：粒径、 ρ ：砂、水の密度である。ここでは、無次元掃流力 (q_B) は固定床実験における通水諸量を用いており、通過土砂量 (q_B) は、堰堤を越える土砂量を捕獲することによって評価した。同一流量で、給砂濃度を3種類変え、堰堤排砂量、実験後の河床変動状況などから考察した結果、(1)式において、 $A = 18.75$ とした場合が、この模型実験における最適な流砂量式と判断した。

4 排砂門の大きさの検討

排砂効果を評価するため、排砂門の大きさがどの



第3図 排砂門 (H = 3m、W = 8m) 設置後の河床横断形状

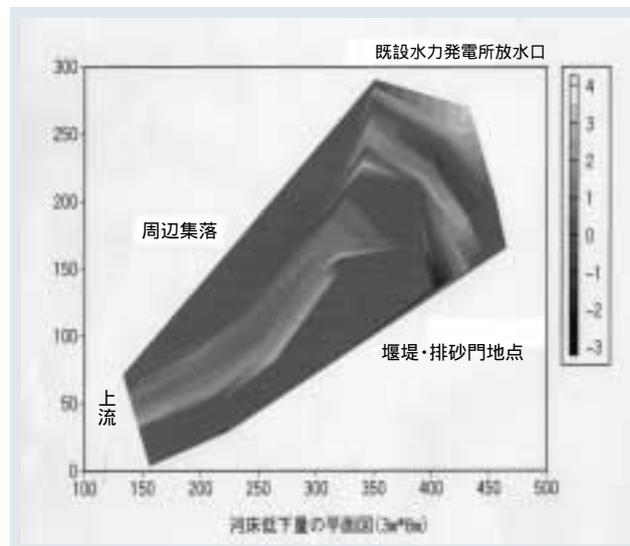
程度上流側河床に影響するか、また堰堤上流側に堆砂した土砂をどの程度下流に排出できるか、排砂門の形状を5種類検討した。このうち第3図に排砂門の高さ3m幅8mを想定したときの河床横断形状を示す。これは、堰堤付近の湾曲部より少し上流の地点である。この結果から、現況の排砂門よりも大きい幅8m、高さ3mを設置すれば、出水とともに、第3図の様に河床低下していくことが予想される。

一方、第4図に河床低下の平面分布図を示す。この結果から、堰堤上流部の河床は、限られた範囲で局所的に低下していくことがわかる。それは、上流河道の湾曲部の外側であり、その影響は非常に大きいと考えられる。

一般に、排砂門の幅、高さを大きくすれば、河床の全体的な低下量は多くなる。しかし、このケーススタディに見られるように、河床形態は河道の線形の影響を受け流路が側岸に固定されるため、排砂門の大きさによらず河床低下する範囲は、上流側では右岸側、堰堤直上流では左岸側に限定されることがわかった。

5 まとめ

本実験では、中小の水力発電所堰堤を取り上げ、固定床・移動床の実験を行い、排砂門の効果の検討を行ってきた。その結果、排砂門が大きくなれば、それに比例して排出土砂量が増すが、その排出土砂の範囲は上流の河道形態によって大きく影響することがわかった。今後は、蛇行、湾曲によって生ずる局所的な河床低下を汎用的に考察することが課題である。



第4図 河床低下の平面分布形状