

II-167

取水堰堤を対象とした移動床実験による排砂効果の検討

中部電力(株) 正会員 後藤孝臣
同 正会員 依田 眞

1. はじめに

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。そのため、いろいろな方法で排砂手法が実施されているのが現状である。本研究では、取水堰堤をもつ水力発電所を事例とし、ゴム堰(図1にその写真を示す)が設置された時の上流部の河道形態について、模型実験と河床変動計算を行い、排砂効果を検討した。

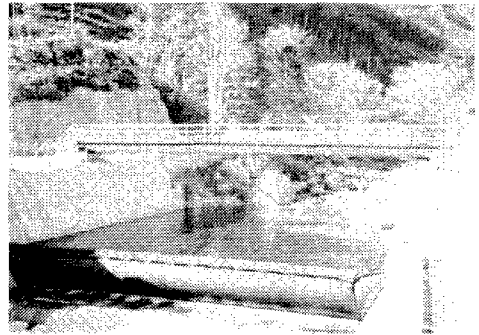


図1 ゴム堰の概要

2. 模型概要

現河床を模型で再現する場合、模型に於ける適切な粗度の評価が必要となってくる。今回、対象とする河川にて、河床材料の調査を実施した結果、平均粒径 $d_m=25.2\text{mm}$ を得た。これを参考として、1/30 幾何縮尺を適用した場合の模型の河床材料、ケイ砂4号(約 $d_m=0.88\text{mm}$ 一様砂)を用いて現地に類似した地形模型を作成した。模型概要図を図2に示す。模型は現地の堰堤上流部を400m程度、再現した。

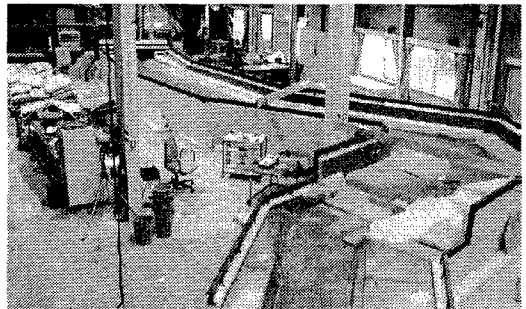


図2 模型概要図

3. 固定床模型実験

移動床を実施するにあたり、模型水路の適切な粗度と底面せん断力の評価が欠かせない。これは給砂量を決定する上で必要となる。一方、河床変動解析を実施する際にも、現地の粗度、レジーム則係数などを評価する必要がある。移動床模型実験を実施するにあたり、まず模型の河床をニスで固め、固定床模型を作成し、水位などを計測することにより各諸量を得た(表1に結果を示す)。

4. 移動床模型実験

表1 固定床実験時の通水諸量

Q (流量)	R (径深)	Ie (勾配)	u_* (摩擦速度)	τ_* (掃流力)	F (底面粗度)
36.6m ³ /s	0.6325	0.0136	0.2900	0.2064	0.1797
172.5m ³ /s	1.6109	0.0095	0.3669	0.3673	0.2389

4.1 流砂量の検討

先の固定床実験により、表1の無次元量を得たため、次に移動床実験を行った。まず、現地の洪水の状況を再現するために、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を再現することは不可能となる。この現地では、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。

この実験においては、同一流量で、表2に示す給砂濃度、3種類用いて、堰堤排砂量、実験後の河床勾配などから考察した。本来、固定床の実験において底面せん断力を計測し、評価した断面で流砂を計測するこ

キーワード：移動床実験、河床変動解析、排砂

〒459-8522 名古屋市緑区大高町字北関山 20-1 中部電力(株)電力技術研究所 Tel 052-624-9202

とが望ましいが、実河川模型では困難であるため、堰堤を通過した土砂を採取することで、流砂量を評価した。その結果、芦田・道上式より10%増給砂することが妥当であると判断した。

4.2 排砂門の大きさの検討

次にゴム堰の大きさによって、洗掘状況がどの程度上流側河床に影響するか、また堰堤に堆砂した土砂をどの程度下流に排出できるか、堰堤模型に切り欠きを入れ検討を行った。図3は、ゴム堰の高さ3m幅8mを想定したときの河床横断形状である。これは、堰堤付近より少し上流の地点になる。この結果から、堰堤上流側付近の河床形態は、上流の穏やかな地形の湾曲部の影響を受け流路が右岸側に固定されるため、ゴム堰の大きさを変更しても河床低下する範囲は限定されている。

5. 河床変動解析による排砂効果の検討

以上、模型実験によりゴム堰の大きさや現地の流況等を把握してきた。次に、これらから得られたデータを基に1次元河床変動計算を実施しその効果を再確認した。なお、ここで用いる基礎式は以下の通りである。流れの連続式と運動方程式

$$\frac{\partial}{\partial x}(Bhu) = 0, \quad \frac{u}{g} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{u^2}{gR} = 0, \quad \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{(1-\lambda)} \frac{1}{B} \frac{\partial}{\partial x}(q_b \cdot B) = 0 \quad \dots\dots(1)$$

ここに h : 水深, u : 平均流速, z : 河床高, B : 河川幅, λ : 空隙率である。

また、固定床実験で得られた摩擦損失係数 f を与え、また移動床実験により得られた河床幅（水面幅）を適用した。図4にゴム堰の大きさの違いによる河床低下量を示す。また図5に排出土砂量の違いを示す。河床の変化の傾向は実験と類似しているが、混合粒径を用いた解析では排出土砂量や河床低下量が小さくなる傾向にある。模型実験では一様砂のみで実験を行っているため、洗掘範囲、河床低下量を過大評価している恐れもあり適切な考察が必要である。

6. まとめ

本研究では、中部電力(株)が管轄する中小の水力発電所堰堤を取り上げ、ゴム堰設置による排砂効果の検討を行ってきた。一連の手順を踏むことにより、概略ではあるが、ゴム堰設置による排砂効果を定量的に評価することができた。

表2 給砂量検討の実験ケース

ケース名	河川流量 (l/sec)	給砂濃度(%)	給砂量 (kg/10min)
Case1	7.4	0.0323	3.77
Case2	7.4	0.0968	11.3
Case3	7.4	0.1616	18.9

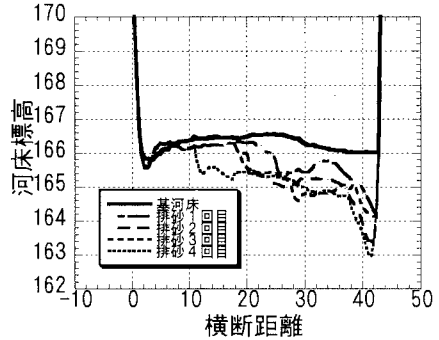


図3 ゴム堰(H=3m,W=8m)設置後の河床横断形状

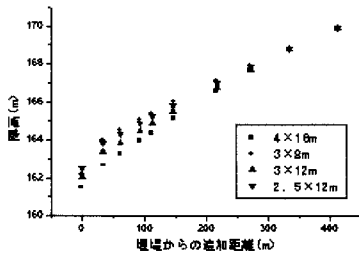


図4 ゴム堰の違いによる河床低下量

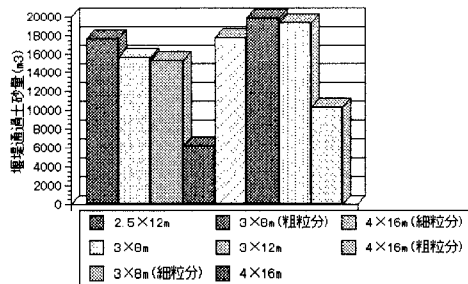


図5 粒径の違いによる排出土砂量の差