

土砂流入が卓越する河川における水力発電所えん堤周辺構造物の最適設計 三次元流体流砂解析を用いた設計の高度化

Optimal Design of Structures Around the Embankments of a Hydroelectric Power Plant in a River with Large Sediment Inflow
Advanced design using 3D fluid sediment analysis

(電力技術研究所 土木G)

(Civil Engineering Group, Electric Power Research and Development Center)

土砂流入が卓越する河川では、えん堤取水口付近に土砂が堆積しないようにする構造物の設計とすることが重要である。このため、取水口前面にある排砂門の門扉の大きさや、敷の形状、排砂門への水流を整える溺堤等の設計を最適に行うには、従来より高度な三次元解析が必要である。そこで、モデル地点を対象に新たな三次元流体流砂解析手法を用いて検証を行った。

In rivers with large sediment inflow, it is important to design a structure that prevents sediment from accumulating near the embankment intake. Therefore, even more advanced 3D analysis is required in order to optimally design the size of the gate of the scouring sluice in front of the intake, the shape of the floor, and the embankment that regulates the water flow to the scouring sluice. In response, we verified the model sites using a new 3D fluid sediment analysis method.

1 研究の背景と目的

生産土砂量の多い河川に位置する水力発電所では、出水後に取放水設備が土砂により埋没し発電支障をきたす事例がある(第1図参照)。土砂埋没時の復旧のためには、河川に小型の重機などを入れて土砂を除去しなければならないため、その間長期の発電停止を余儀なくされているのが現状である。そこで土砂流入が卓越する河川を対象に、えん堤取水口周辺の堆砂特性を把握し、これまで困難であった堆砂を考慮した設備の最適水理設計に資することを目的とした解析コードの選定および検証を行った(第2図参照)。

2 三次元流体流砂解析による水理設計手法

取水えん堤や周辺構造物の水理設計を行う上で、えん堤付近全体や詳細部分の堆砂・排砂の予測は必要となる。どのような解析コード(一次元解析、二次元解析、三次元解析)を用いるかということは、様々な規模の設備を有する電力設備の水理設計では重要である。

そこで、評価したい項目を限定することで、空間規模や時間規模、評価項目から適正な解析コードを使い分ける整理をした。第1表に評価項目と適正な解析コードの選定表を示す。

一般的に、空間規模(解析対象の大きさ)や鉛直方向・横断方向の形状などが複雑になるに従い、高次元の解析手法が有効となる。

第1表 評価項目と適正な解析コードの選定表

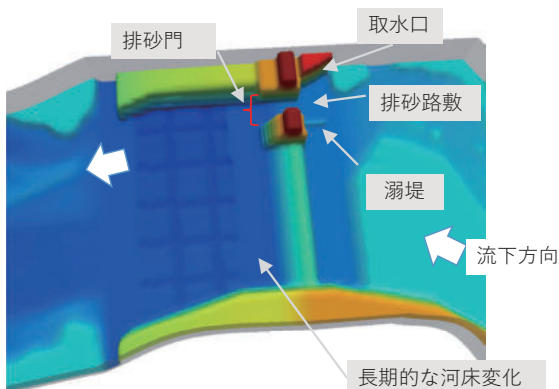
評価項目	空間規模	鉛直・横断方向の形状変化	解析コード		
			一次元	二次元	三次元
長期的な河床変化	大	単純	○	○	×
排砂門の大きさ設計	↑↓	↑↓	×	○	×
排砂路敷形状の設計			×	△	○
溺堤形状の設計	小	複雑	×	×	○

○評価可能、△定量的評価困難、×不適



取水口

第1図 既設発電所えん堤付近の出水時の状況



第2図 えん堤周辺の電力設備のイメージ

一般的な河床変動解析手法としては一次元もしくは二次元が用いられており、二次元解析では計算することができない河川内に設置された構造物周辺の局所的な流れが生じる部分について、水の流れのみを解く三次元流体解析は計算ソフトが市販されるなど普及している。

一方、流れの中にある砂の沈降、堆積、巻き上がりなどの水と砂の挙動解析は現在研究開発途上である三次元流体流砂解析を用いることで可能となってきた。また、電力中央研究所の解析手法を用いて国内のダム放流ゲート周辺の砂の洗掘を検討した事例では、模型実験と解析結果はほぼ一致しており、その有用性が確認されている。

3 排砂に効果的な構造物の検討

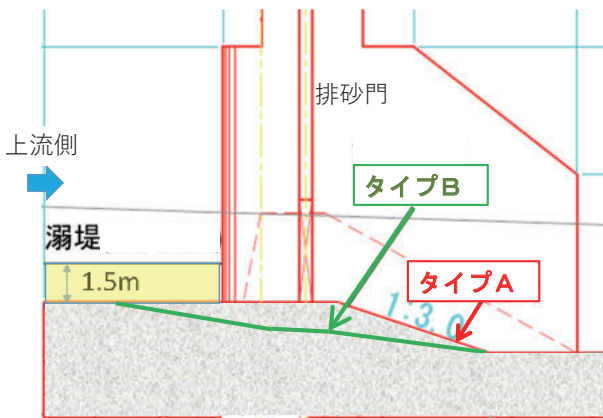
(1) 検討ケースの設定

個別の河川構造物の排砂効果について評価を行うにあたり、排砂を促進させる構造物として溺堤と排砂路敷といった局所形状の解析が必要であることに着目し、水理設計手法は、第1表で整理したとおり構造物に空間規模および時間規模において適当と選定された三次元の流体流砂解析を適用することとした。

排砂路敷形状の案と溺堤の設置有無をパラメータに第2表に比較検討ケースを示す。排砂路敷形状の案と溺堤の設置位置は第3図に示す。

第2表 排砂効果検討ケース一覧

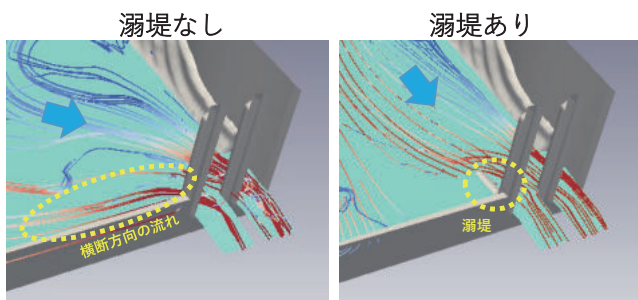
	溺堤	排砂路敷形状
ケース1	なし	タイプA
ケース2	有り	タイプA
ケース3	なし	タイプB
ケース4	有り	タイプB



第3図 えん堤付近の河川構造物形状案の断面図

(2) 溺堤の設置による排砂効果の評価

溺堤の設置有無による流況の解析結果を第4図に示す。

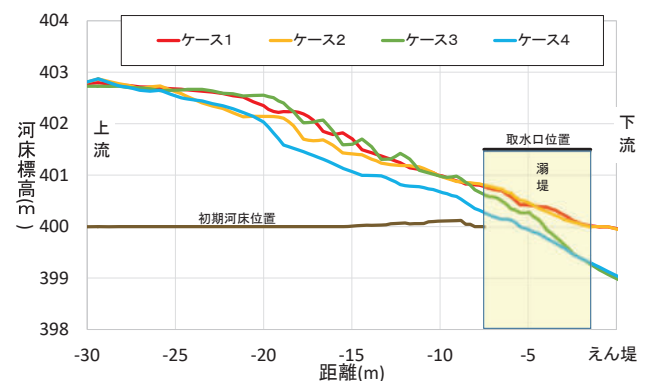


第4図 溺堤の有無による流れの比較

解析では土砂量が非常に多い河川の中流部に高さ8m程度の取水えん堤が構築されたときの流れおよび河床地形を再現し、出水末期（出水ピーク後の水位低下時）の排砂状況を表している。

えん堤上流側に堆積した土砂は、出水末期に排出が進み下流に移動する。水位が低下した際、排砂路の右岸側に溺堤を設置（第4図右図）すると横断方向の流れをブロックすることにより流下方向の流れを促進させることができるので、取水口付近での排砂が期待できることが分かった。

しかし、各検討ケースに対する出水後のえん堤取水口付近での排砂効果を示す河床標高の解析結果（第5図）によると、排砂路敷形状が一般的な形状であるタイプAに溺堤を設置（ケース2）した場合、溺堤が無い（ケース1）場合に比べ取水口上流で若干堆砂河床高の低下があるものの取水口地点ではあまり低下が見られなかった。



第5図 えん堤取水口付近での河床標高の解析結果

(3) 溺堤と排砂路敷形状の組合せによる排砂効果の評価

排砂路敷形状を排砂門上流から勾配を付けた形状であるタイプBで溺堤が無い場合（ケース3）は、ケース1に比べ取水口地点で若干堆砂河床高の低下があるものの取水口上流ではあまり低下が見られなかった。

一方、排砂路敷形状を排砂門上流から勾配を付けた形状であるタイプBで溺堤を設置した場合（ケース4）では、他ケースに比べ取水口上流から取水口地点にかけて全域で堆砂河床高の低下が見られた。

これにより、排砂路敷形状の検討と溺堤を組み合わせることで、えん堤周辺の堆積土砂をより排出させる効果があることがわかった。

4 まとめ

土砂流入が卓越する河川での水理設計手法として、評価したい項目（対象河川構造物）に対し適正な河床変動解析コードを選定できるよう整理した。

また、えん堤周辺構造物に対して三次元流体流砂解析を行った結果、排砂効果の高い溺堤と排砂路敷形状の組合せを見出した。これにより、発電停止期間を減らし発電所の利用率の向上が期待できる。



執筆者／山田浩司