

ダム湖内における放水時の流動解析

鹿島建設(株) 正会員 ○新保 裕美
 鹿島建設(株) フェロー 田中 昌宏

1. 背景および目的

ダムの施設改造工事は、ダムに貯水した状態で工事が行われるため(図1),ゲートから放流する際は、工事船舶等を流されない場所に避難させる必要がある。そこで、その避難計画のため、ダム湖内工事区域を対象に放水時の流れの数値シミュレーションを行い、ダム湖内の流速分布を求めた。本稿では、その内容について報告する。

2. 解析方法

放水時のダム湖内流速分布の数値シミュレーションは、DELFT3D-FLOW モデル(オランダ Deltares)を用いて行った。このモデルは、静水圧近似を仮定した準三次元モデルであり、川、湖沼、海等の自然水域における様々な外力による流れを解析可能である。しかし、鉛直方向を静水圧近似しているため、ゲート近傍の鉛直加速度が卓越する領域の計算精度が下がる。そこで、クレストゲート近傍の流速については、ポテンシャル理論で計算し、流速分布を確認した。

DELFT3D-FLOW モデルでは、方程式の離散化には差分法を使用している。使用している基礎方程式は、連続式、運動方程式、静水圧分布式である。鉛直方向は σ 座標を用いており、各場所での水深を5分割している。このため、浅水域においても高精度で解析可能である。表-1に、DELFT3D-FLOW モデルによる解析の諸元を示す。

3. 解析結果

図-1に、工事水域の状況を示す。図-2に、クレストゲートから計画高水流量を放流した場合についてDELFT3D-FLOW モデルで解析した、ダム湖の工事水域の上層(1層/5層)の流速分布を示す。図-3には、同じ放水量でポテンシャル理論により計算した、工事水域中心線の上層(水面を含む層)の流速分布を示す。これらの方法で計算した流速分布を比較した。その結果、ゲートから23~24m離れた場所

表-1 Delft3D-flow による解析の諸元

項目	条件
放水流量(計画高水流量)	3890m ³ /s
水平計算グリッド	約3m×3m(直交曲線座標)
鉛直計算グリッド	5層(σ 座標)
解析領域	水平範囲:工事海域上流部〜クレストゲート直下の下流部 鉛直範囲:温度躍層のある、標高110mより高い位置の地形
境界条件(上流側)	流量の与え方:最上流のグリッドに均等に全層から流量を与えた。 (定常状態の湖内水位:161m)
境界条件(下流側)	水位
クレストゲートの設定	堰を設定。
拡散係数	1m ² /s
底面摩擦係数	Chezy: 65m ^{1/2} /s
乱流モデル	k- ϵ
Δt	0.001分



図-1 工事水域

での流速は、前者が0.96m/s、後者は1.38m/sであった。ゲートから32~33m離れた場所においては、前者は0.79m/s、後者は0.96m/sであった。ゲートから52~53m離れた場所においては、前者は0.57m/s、後者は0.50m/sであった。

キーワード ダム工事, 放水, 流速分布, 数値シミュレーション

連絡先

〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6726

図-4 に、ポテンシャル理論で求めた、クレストゲート中心線の鉛直方向のフローネットを示す。この図に、先述した、Delft3D-flow モデルとポテンシャル理論で求めた流速グラフを併記する。鉛直断面のフローネットを見ると、クレストゲートに近づくに従って、加速しながら鉛直流速成分が大きくなる状況が分かる。一方、ダム堤体から 50m 程度離れたところ、フローネットは、鉛直均等な正方形になり、鉛直流速成分はゼロになることがわかる。流速もこの辺りで逆転し、Delft3D-flow で解析した流速の方が若干速くなっている。これらより、ゲート近傍の上層では DELFT3D-FLOW モデルでは流速を過少評価すること、フローネットの形状が概ね均等になる領域(本計算では約 50m)においては、ポテンシャル理論で計算した流速より多少速くなることを確認した。ゲートから離れた場所で DELFT3D-FLOW モデルの解析結果の方が速くなっているのは、主に、沿岸部での地形を忠実に再現していることから流れの断面積が小さくなっていることに起因するものと考えられる。

以上より、船舶の避難場所となるゲートから(本水域では 50m 以上)離れた場所では、Delft3D-Flow モデルが適性に流速を評価できるものと考えられる。

図-3 の Delft3D-Flow モデルで解析した流速分布を改めてみると、クレストゲート近傍の流速分布は、流速 1m/秒以上で速くなっているが、ゲートから離れるに伴い、急激に遅くなっている。工事区域内全体においても、ゲートから離れた岸よりの場所、特に右岸・左岸の閉鎖的な水域においては、流速が 0.1 m/秒以下になっている。このような流速が遅い場所には、放流時でも作業船を停泊させておくことが可能であると考えられる。

4. まとめ

Delft3D-Flow モデルおよびポテンシャル理論で計算した流速分布を比較した結果、本工事区域においては、ゲートから約 50 m 以上離れた場所では Delft3D-Flow モデルを用いて解析することで、ダム湖内の流速を適性に評価できるものと考えられる。放流時のダム湖内の流れの数値シミュレーションを行うことで、現場での船舶の避難計画を行うことが可能となる。

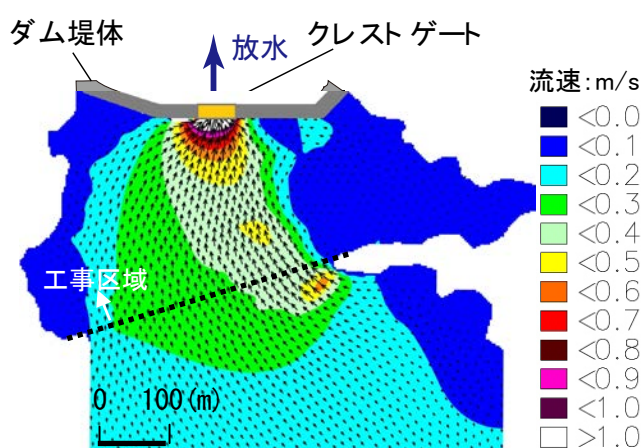


図-2 Delft3D-Flow を用いた計算の上層流速分布

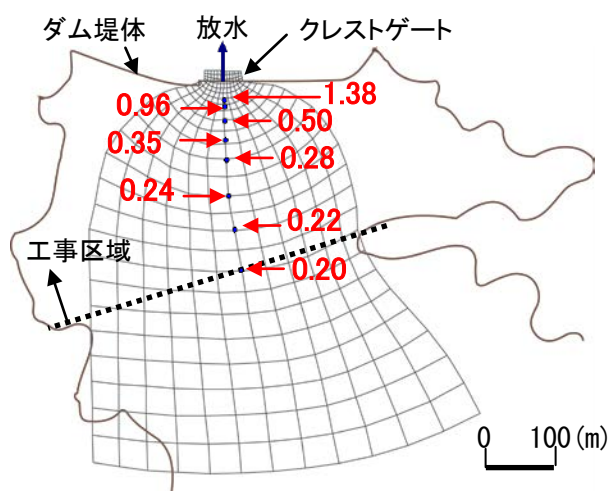


図-3 ポテンシャル理論を用いた計算の上層流速平面分布 (図中の数字は流速値 : m/s)

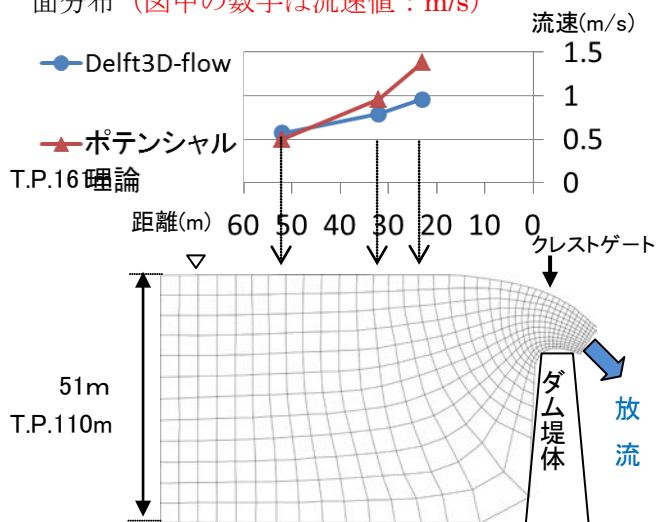


図-4 ポテンシャル理論を用いた鉛直フローネットと上層の流速の比較

参考文献

- 1) 田中昌宏, 新保裕美: ダム堆砂放流時の下流河川環境の数値シミュレーション, 鹿島技研年報, 第53号, pp.139-144, (2005)