

# 開水路における水面形状算定手法の整備

河川の水位変動を手軽にシミュレーション

## Maintenance of Water Surface Profile Calculation Method for Open Channel

A Simple Simulation of River Water Level Fluctuations

(電力技術研究所 土木建築G 水理T)

河川等の開水路における水面形状を算定するには、水理模型実験や数値解析でのシミュレーションが必要である。当社には、水面形状を手軽に算定するような解析手法は整備されておらず、必要の都度、水理模型実験により水面形状を算定していた。本研究では、数値解析に不慣れな人でも手軽に取り組みやすいように入出力画面を備えた解析ツールを作成したので紹介する。

### 1 背景・目的

河川構造物の設計において、河川の水位を把握することは重要である。しかし、洪水時に代表されるように、河川の流れは時間的にも場所的にも変動し、構造物の影響も受けて複雑な流れとなるため、河川の水位変動を求めることは容易ではない。当社には河川等の開水路における水位変動(水面形状)を手軽に算定するような解析手法は整備されておらず、算定の必要が生じた場合には、コンサルタント会社に解析を依頼するか、当社実験設備を用いた水理模型実験により算定している。しかし、コンサルタント会社への解析依頼や水理模型実験では、多くの時間と費用を要する。

本研究は、河川等の開水路における水面形状を、手軽に算定できる解析手法を整備することを目的としている。

解析手法を整備することにより、各職場において担当者が手軽に取り組みやすくなれば、算定に要する時間と費用の短縮が期待できる。また、多くの時間と費用をかけてまでは取り組まれてこなかった事象の予備検討や、水理模型実験を行う際の事前検討等への適用も期待される。

### 2 研究の概要

#### (1) 解析モデル

解析手法を整備するにあたり、対象とする事象や状況を明確にしておく必要がある。本研究では、以下の事項を前提に検討を進めた。

- ・水深に比較して水路幅の大きな流れを主な対象とする。
- ・流れに伴う河床の変動は考慮しない。
- ・数値解析に不慣れな人でも手軽に計算に取り組みやすい。
- ・MINASANパソコンレベルで計算が可能である。

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

To calculate the water surface profile for open channels such as rivers we need a simulation via hydraulic model experiment and numeric analysis. Our company was not equipped with an analysis method that could easily calculate the water surface profile. Thus, we calculated the water surface profile by means of hydraulic model experiment when it was necessary. In this research paper we would like to introduce an analysis tool with GUI so that it can be easily utilized by those who are not familiar with numeric analysis.

解析手法は、解析対象とする流れを平面二次元にモデル化し、直交格子を用いてメッシュ分割した上で、差分法により解析する。

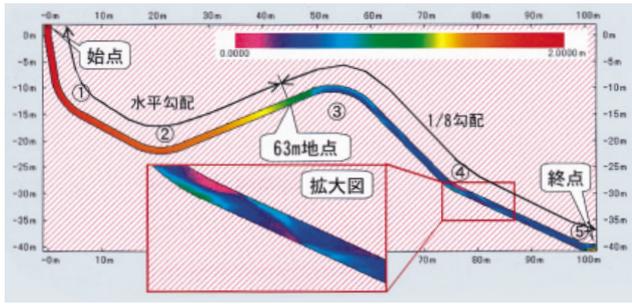
平面二次元モデルは、(構造物周辺での鉛直方向の流れの再現は不可能であるが)計算時間が短くモデル化も容易なため、手軽に水面形状を算定することができる。

直交格子を用いたメッシュ分割では、河道等の形状を模擬する際に階段状となり、模擬精度が劣る。そこで、部分的にメッシュ分割を細かくする機能や、階段状の境界部分の格子内での流体と固体の占める比率を定義するFAVOR(Fractional Area/Volume Obstacle Representation)法の機能を取り入れ、模擬精度の向上を図っている。

河川等の他、水路や配管等の流れも、ほとんどが乱流と呼ばれる流れであり、常に不規則な変動を伴っている。流れの数値解析では、乱流をモデル化して取り扱う必要があり、種々のモデルが提案されている。本研究では、平均流と渦動粘性係数から乱流量を表す乱流粘性モデルを用いている。ここで、渦動粘性係数は、場所や流況によって定められる値であり、種々のモデルが提案されているが、本研究では最も簡単な方法として、代表的な値(一定値)を入力値として与えることとした。ただし、流れの数値解析に不慣れな人には、どのような値を渦動粘性係数として与えればよいのかがよくわからない。そこで、計算時の格子幅と流速等から簡易的に渦動粘性係数を算定する機能を取り入れた。これにより、渦動粘性係数値の与え方として、解析に不慣れな人は自動算定、解析に慣れた人は数値の直接入力、といった具合に選択できるようにした。

本解析モデルを用いて蛇行水路での水面形状を計算した事例を以下に示す。幅1.3m、全長130mのコンクリート製水路であり、始点から63m地点までは水平勾配、以後1/8勾配となっている。境界条件として、上流側で流量 $3.5\text{m}^3/\text{s}$ を与え、下流側は自由流出としている。また、メッシュ分割は0.1m刻み、渦動粘性係数は前述の

簡易算定としている。計算結果として、水路内の水深の平面コンタ図を第1図に示す。



第1図 蛇行水路での水面形状

第1図より、水平勾配の曲線部( )では流速が遅いため水路横断方向の水深差はほとんど見られないが、1/8勾配の曲線部( )では流速が速くなり水路横断方向の水深差(外側：高、内側：低)が顕著に見られる。また、曲線部での水深差の影響が直線部( ~、 ~ )に波及し、直線部の右岸側と左岸側とで水深の高低が交互に生じている状況が見られる。

(2) 入出力画面

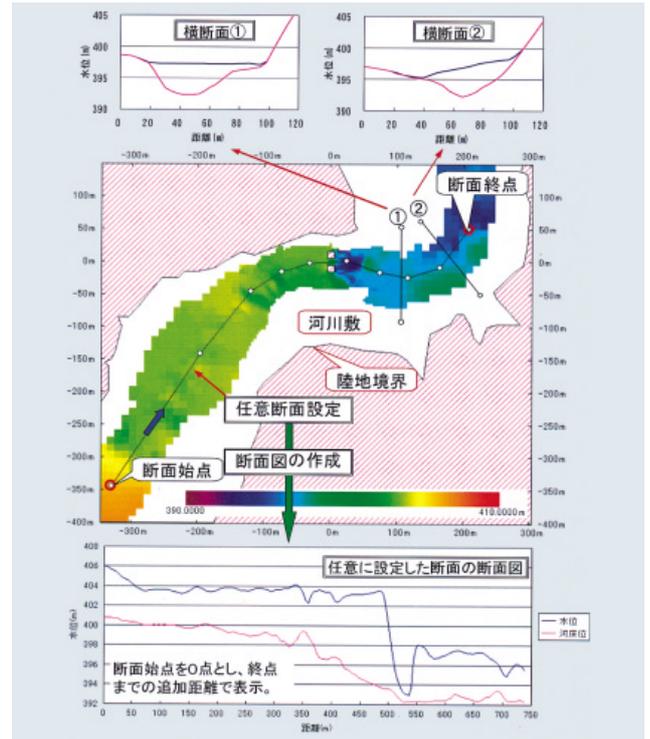
数値解析を行うには、計算範囲の設定、メッシュ分割、境界条件の設定、パラメータの設定等の作業(入力データの作成)が必要であるが、解析プログラムに合わせた入力データの作成は手間が掛かる。また、解析結果として出力される数値だけでは、水面形状のイメージがつかみにくい。

そこで、画面上で解析形状を確認しながら入力データを作成したり、解析結果をコンタ図で表示したりするツールを作成し、手軽に計算に取り組めるようにした。入力画面の例を第2図に、出力画面の例を第3図に示す。



第2図 入力画面の例

第2図は、陸地と河川との境界を設定する画面である。マウスクリックにより座標を設定できる他、設定した座標値の確認・修正、表形式での座標値の入力、エクセル等で作成したファイルのインポートが可能である。



第3図 出力画面の例

第3図は、解析結果である水位のコンタ図を表示する画面およびコンタ図の画面上で任意に設定した断面の断面図を表示する画面である。任意の時刻での水位コンタ図を描ける他、画面上で任意に設定した断面の断面図や、任意に指定した点での時系列図を描くことができる。また、表示画面を画像としてファイル出力する他、表示画面の数値データをエクセル等にファイル出力することができる。

### 3 まとめ

今回、河川等の開水路における水面形状を算定するための解析ツールを作成した。数値解析は、水理現象をいかにモデル化するかというところから始まるが、今回は、MINASANパソコンレベルで、誰もが手軽に取り組めるように、できるだけ簡単なモデルを用いるとともに、入出力画面を整備した。解析精度については、別途実施した水理模型実験との比較・検証を行っている。段落ち部のように局所的に大きな水位差が生じるような箇所では、実験結果と解析結果の整合性に課題は残るが、連続性は保たれており、計算が発散して途中で止まるようなことはない。なお、段落ち部から離れた箇所や、湾曲部・合流部等では、水面形状が精度良く算定できることを確認している。

最後に、水面形状を算定する際には本手法で全て行うというわけではなく、状況に応じて、水理模型実験や他の数値解析手法を使い分けることが重要である。



執筆者 / 加藤誠司  
Katou.Seiji3@chuden.co.jp