

II - 7

移流項の差分スキームによる数値解析結果の違いについて

東北電力（株）研究開発センター 正会員○ 熊谷 洋
東北電力（株） 正会員 小野雅毅
（株）東北開発コンサルタント 正会員 三瓶隆雄

1. まえがき

数値シミュレーションは、1) 最適設計へのアプローチ、2) 経済性の向上、3) 実験で再現できない条件の解析などの利点があり、土木の水理設計分野においても将来的に活用が拡大されていくものと考えられる。しかし、現在までに実際の水理構造物の流れ場に対して数値解析が使用された事例は数例⁽¹⁾に過ぎず、水理構造物の設計で特に問題になる渦や剥離の問題に対してどの程度まで数値解析が適用可能かどうかは全くの未知数である。

今回、A水力発電所取水口および取水庭の水理模型実験を対象に移流項の差分スキームを1次風上差分と3次精度風上差分の2種類を用いて数値シミュレーションを実施し、数値シミュレーション結果と水理模型実験結果との比較検討を行ったのでここに報告する。

2. 対象水路

今回対象とした流れ場は、A地点取水口および取水庭である。図1にA地点取水口および取水庭の概略図を示す。

3. 解析条件

1) 計算手法

今回、複雑な水路形状を正確に再現するため、非構造格子を使用した。計算は定常解析として行い、各物理量の相対変動がある一定値を下回ったときに計算終了とする。解析は、SCRYU Ver1.6 ((株) ソフトウェアクレイドル社) を用いて行った。今回用いた計算手法の特徴を以下に示す。

- a. 基礎方程式 : 連続の式
レイノルズ方程式
- b. 格子系 : 非構造格子
- c. 離散化法 : 有限体積法 (FVM)
- d. 差分スキーム : 移流項 / 1次風上差分
3次精度風上差分
- e. 乱流モデル : 3次元 $k-\varepsilon$ モデル
- f. 乱流モデル定数 : Launder-Spalding が提唱する値を使用
- g. 解析格子要素数 : 33,420 要素 (図2)

2) 境界条件

境界条件は表1の通りである。

4. 解析結果

3次元数値シミュレーションと現地実測結果を比較検討した結果次のような結果を得た。

- a. 実験結果とシミュレーション結果は水面近傍壁面を除いてほぼ一致した。(図3)
- b. 3次精度風上差分を用いた結果、取水口内の渦を再現でき、渦は実験とほぼ同位置で発生した。

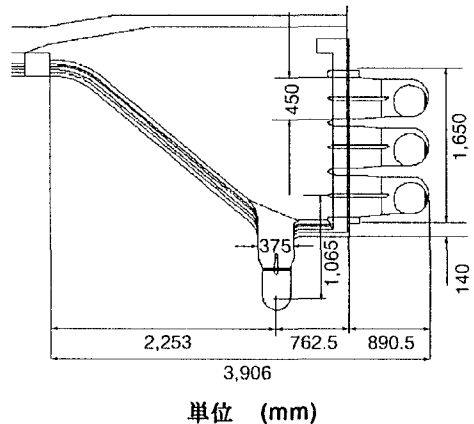


図1 A地点取水口および取水庭概略図

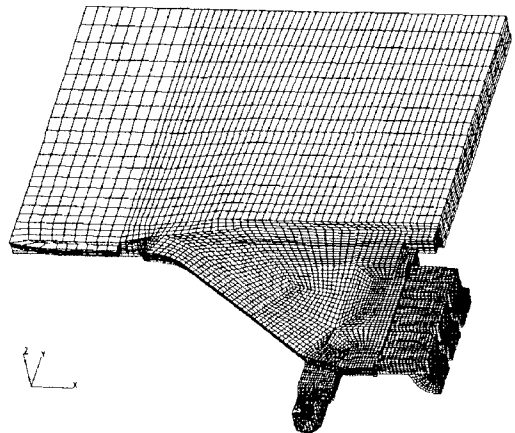


図2 A地点取水口および取水庭解析格子

表1 境界条件

	A地点取水口および取水庭
水面	フリースリップ
壁面	管路対数則
流入口	$U=0.041935\text{m/s}$
流出口	既設取水口出口： $U=0.20298\text{m/s}$ 新設取水口出口：自由流出

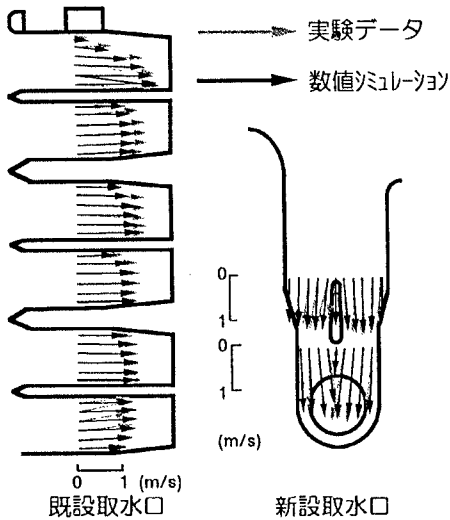
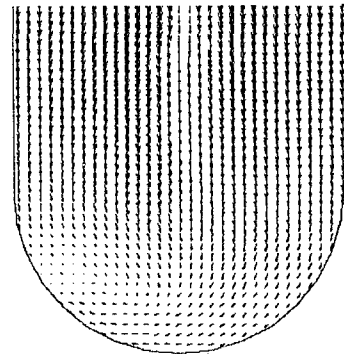
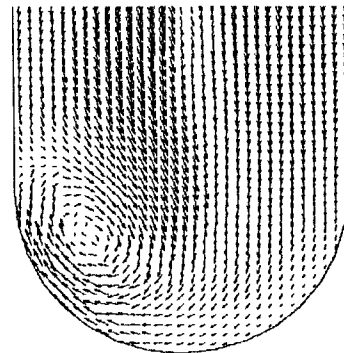


図3 流速ベクトルの比較（A地点）
移流項は一次風上差分を使用



一次風上差分



3次精度風上差分

図4 流速ベクトルの比較
（新設取水口内部）

- c. 1次精度風上差分では、新設取水口内部に定常的に発生する渦をうまく表現できない。
- c. 渦やはく離の問題をターゲットとする場合、3次精度風上差分の使用が望ましい。（図4）

5. おわりに

今回行った実際の水理構造物を相手にした数値シミュレーションは、流入・流出条件および壁面の取扱いが難しいため高精度に流れ場を予測することが困難であるが、現地計測結果および水理模型実験データを用いることなどにより実際の水理構造物流況をかなりの精度で再現することができた。

また、3次精度風上差分を用いることにより取水口で発生する渦やはく離を表現することができ、流況の目視観察結果より渦の発生場所や渦の規模も定性的に良好な一致をみた。

今回の解析から数値シミュレーションは、水理構造物最適形状考察までの試行錯誤過程で生ずる手間と労力を大幅に低減できることが確認できた。したがって、数値シミュレーションで構造物の形状を確定した後、水理模型実験を確認試験として行うことにより水理構造物設計業務の大幅な効率化、高精度化および水理構造物の水理設計の妥当性のチェック等が図れるものと思われる。

参考文献

- 1) 例えば、熊谷洋，今井正寿，中井至知；3次元数値シミュレーションによる沈砂池水路形状・検討，水工学論文集 第39巻 1995年2月，p367～372