

II-211 水力発電所取水口周辺部流況の数値解析と実験結果の比較

東北電力（株）研究開発センター 正会員 熊谷 洋
東北電力（株） 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

水理構造物を設計する場合、水路内の流況を把握することは重要であり、模型水路を用いて数多くの水理模型実験が行われている。しかし、水理模型実験は模型製作、改造、計測など多大な労力を必要とする。また、水理模型実験の実験工数、費用、計測にかかる手間など勘案すると模型実験から得られる情報には限りがある。

現在、コンピュータの飛躍的な進歩によりEWS（Engineering Work Station）レベルで相当実用的な数値シミュレーションを行うことが可能になってきている。数値シミュレーションは、1）最適設計のアプローチ、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る。

コンピュータ性能の著しい進歩により3次元数値シミュレーション技術を用いて、水路内流況を定性的かつ定量的に把握することが可能^{1), 2), 3)} になってきている。

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数値シミュレーションを実施し、取水口および取水庭部流況に関して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. 対象水路および実験方法

今回対象とした流れ場は、A地点取水口および取水庭部である。図1にA地点取水口および取水庭の概略図を示す。水理模型の縮尺は1/40である。取水湖および取水庭部は透明アクリル製であり、取水口および取水庭部の流速ベクトルは電磁流速計により測定した。計測断面は水面から37.5mmごと4断面とし、各測定ポイントごとの測定時間60秒間の平均値を流速データとした。

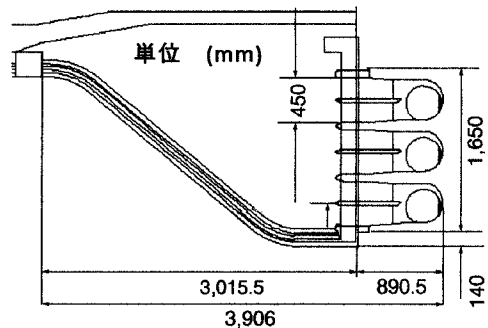


図1 A地点取水口および取水庭概略図

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。

- 基礎方程式 : 連続の式、レイノルズ方程式
- 格子系 : 非構造格子
- 離散化法 : 有限体積法（FVM）
- 差分スキーム : 移流項 / 3次精度風上差分
- 乱流モデル : 標準 $k-\epsilon$ モデル
- 乱流モデル定数 ; Launder-Spalding が提唱する値を使用
- 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。なお、流出部の境界条件を自由流出にして計算を行った結果、計算結

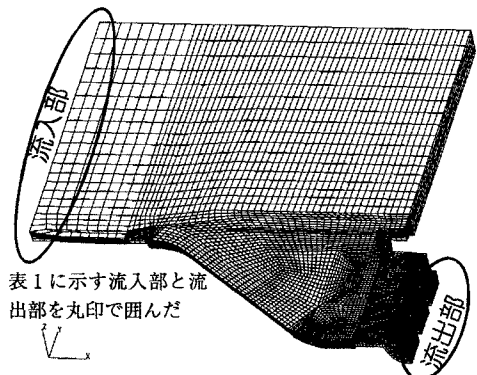


図2 A地点取水口および取水庭解析格子

果が発散して解析不可能であった。

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。

1) 図3より底部付近の流速ベクトルは取水庭部および取水口内部において定量的にはほぼ一致した。

2) 図4より水面付近の流速ベクトルは、取水庭部においては底部付近と同様数値シミュレーション結果と定量的に一致するが、取水口内部においては壁面近傍の流速ベクトルが実験結果とやや異なる結果を示した。

5. おわりに

今回の数値シミュレーションでは、流出部の境界条件の影響で自由水面近傍かつ壁面近傍における数値シミュレーション結果と実験結果の定量的な違いを生じさせた可能性がある。

一方、水理模型実験において今回取得した計測データは、電磁流量計で測定しているため、測定地点によっては計測誤差が相当あるものと思われる。

今回の数値シミュレーションでは水理模型は透明アクリル製で壁面の粗度が小さく、管路対数則の適用は妥当であるため、自由水面近傍かつ壁面近傍における数値シミュレーション結果と実験結果の定量的な違いに関して考察する場合、使用した境界条件と計測誤差を考慮に入れる必要がある。

今後、流出部の境界条件を実際の流れ場に近い自由流出で行い、解析格子形状を今回の解析と比べ、より壁面に解析格子を集中させて数値シミュレーションを行い、実験結果と比較する予定である。

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	$U=0.041935\text{m/s}$ 一様流入
流出口	取水口出口： $U=0.20298\text{m/s}$ 一様流出

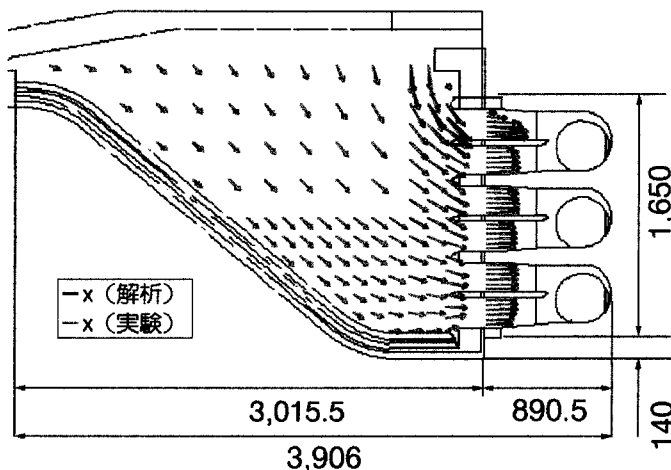


図2 底部より37.5mm断面の流速ベクトル

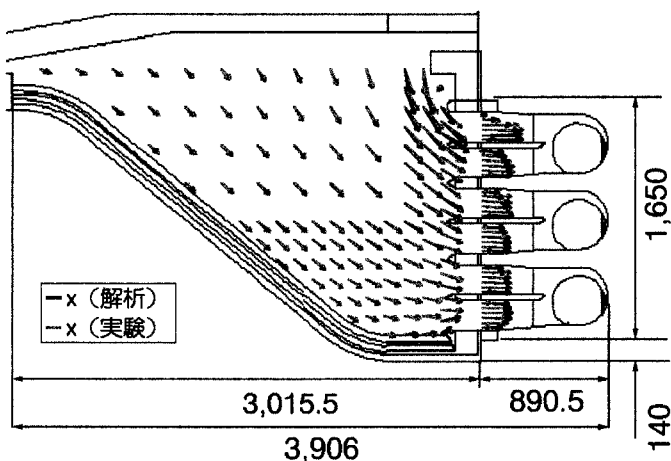


図3 水面より37.5mm断面の流速ベクトル

参考文献

- 1) 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
- 2) 熊谷洋, 佐々木牧夫, 三瓶隆雄; 取水口内流況の数値解析と実験結果の比較, 水工学論文集第40巻 1996年2月, p675~680
- 3) 都築進, 藤井直樹; 取水口内流動の数値シミュレーション, 電力土木, No.260, 1991年11月号, p89~p95