

II-308

水理構造物流況予測におけるシミュレーション結果の信頼性

東北電力株式会社 正会員 熊谷 洋
東北電力株式会社 熊田広幸

1. はじめに

水理構造物設計へ流体シミュレーションの適用が設計部門業務への適用が拡大していくものと考えられるが、今後シミュレーションの設計業務に適用する場合、シミュレーション結果の定性的かつ定量的信頼性の把握を既往の実験結果などから実施する必要がある。

今回の研究においては、過去に実施した発電所取水路の水理実験結果と流速分布および流量配分に関するシミュレーション結果とを比較し、シミュレーション結果が有する信頼性に関して検討を実施した。

2. 実験データおよび検討形状

実験データは、発電所取水路系水理模型実験データを使用した。図-1に水理実験模型を示す。流量配分データは、流量測定点にプロペラ流速計を設置して流速を測定し、流速測定点の分担通水面積を乗じて算出した。ポンプ室の各水路の流量配分は、ベンド下流部の漸拡部に設置される導流壁により決定される。そのため、ベンド下流部の漸拡部のはく離領域の確認を行うために、染料および流況確認糸を用いて目視観察を行った。

検討形状は4パターンとした。図-2に検討ケースを示す。検討ケースは、1)原案(case-1)、2)導流壁を原案より10m延長(case-2)、3)導流壁を原案より15m延長(case-3)、4)導流壁を原案より20m延長(case-4、最終設計案)である。

3. 計算手法

数値計算は、日本製の汎用流体解析ソフト「SCRYU Ver1.8」((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、境界条件、使用計算機および計算時間を表-1に示す。

シミュレーション結果の検証に関しては、格子パターンによる解依存性が一ノ瀬¹⁾により指摘されていることから、シミュレーション結

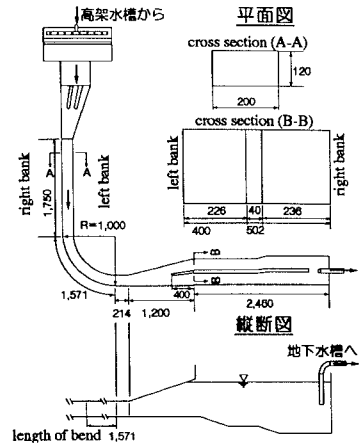


図-1 水理実験模型（発電所取水路）

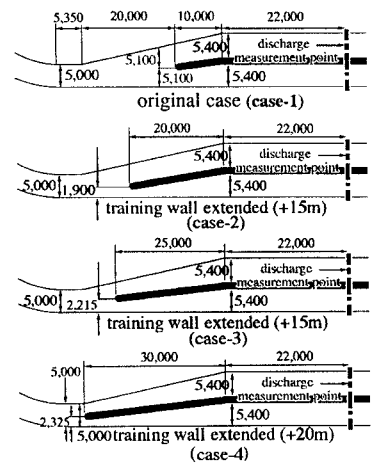
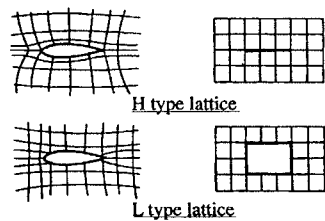
図-2 検討ケース
(数値モデルおよび実験モデル)

図-3 格子パターン

表-1 基本方程式および境界条件

基本方程式	Basic Equations	Continuity equation Reynolds equation
	Discretization method	FVM (Unstructural lattice)
	Differential scheme	MUSLE(3rd. order accuracy)
	Turbulence model	k-e model(standard)
	Used computer	DEC Alpha Server4000
	Calculation	Steady calculation
境界条件	Element number	82,000 (case - 1, 2, 3, 4)
	Water surface	Free Slip
	Wall	Log Law
	Inlet and Outlet	Constantly Velocity

キーワード 3次元数値シミュレーション、乱流モデル、水路構造物、流速分布

連絡先 住所：仙台市青葉区中山7丁目2番1号 Tel：022-278-0356 Fax：022-278-2176

E-mail：kumagai@rdc.tohoku-epco.co.jp

果の信頼性の検証も兼ねて、格子パターンの違いによる解依存性の確認を実施した。格子パターンは、H型、L型の2種類²⁾である。格子パターンの違いを図-3に示す。

4. 比較検証結果

1) 粗面对数則の妥当性

粗面对数則の流速分布と粗度を考慮したシミュレーション結果(粗度係数 $n=0.014$)と滑面对数則で計算した結果を図-4に示す。粗面对数則と比較した結果、粗度を考慮したシミュレーション結果は壁面付近がやや粗面对数則式より小さいが、全体的に良好に一致する。したがって、粗面を考慮したシミュレーション結果は良好な流速分布を示していることがわかる。

2) 流量配分比較

流量配分に関する実験結果とシミュレーション結果の比較を図-5に示す。図-5から、流量がほぼ2等分されているケース(case-2,3,4)に関しては、格子パターンを変化による流量配分の差は見いだされなかった。流量配分計算は、case-1を除いては、10%以内の誤差で計算されている。case-1の場合、格子パターンによる流量配分の差が16%あり、実験結果と比較した場合、24%から40%の差異が見られる。4ケースに関しての流量配分の実験結果とシミュレーション結果を比較した結果、総合的に見るとL型格子の方がH型格子より良い結果になっている。

3) はく離領域

上記の4ケースにおける水理模型実験における流速分布はL型格子とH型格子を用いたシミュレーション結果と比較を実施した。4ケース全てにおいて、L型格子の方がH型より良好な結果が得られた。図-6,7にcase-1における実験結果とシミュレーションで求められたはく離の様子を示す。

5. おわりに

今回、3次元数値シミュレーションを発電所取水路系の水理模型を対象にして行った結果、次のような結果を得た。

- 1) 粗面を考慮したシミュレーション結果は、粗面对数則式と良好に一致した。
- 2) L型、H型2種類の格子パターンを使いシミュレーションを行った結果、Training Wallの挿入位置が浅い場合、流量配分は格子パターンによる差が大きく、実験との差も大きい。
- 3) Training Wallの挿入位置が深い場合、流量配分は格子パターンによる差異は小さく、実験との差異も小さい。
- 4) 流量配分および流速分布のシミュレーション結果は、L型格子を使用した方が、H型格子を使用した場合より良好である。

参考文献

- 1) hi Ichinos, Ito : Accuracy of Drag Prediction on Bluff Bodies Using CFD, The 6th User Conference of Software Cradle, 1996
- 2) Nanakashi, Fujii: Grid Generation and Computer Graphics, p16-18, University of Tokyo Press, 1995

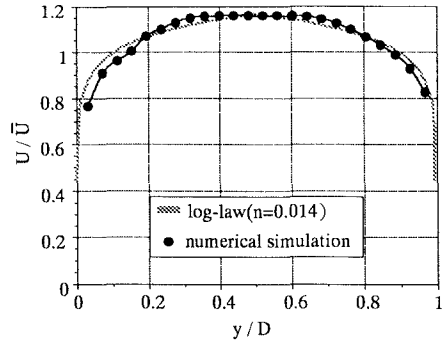


図-4 対数則流速分布の比較

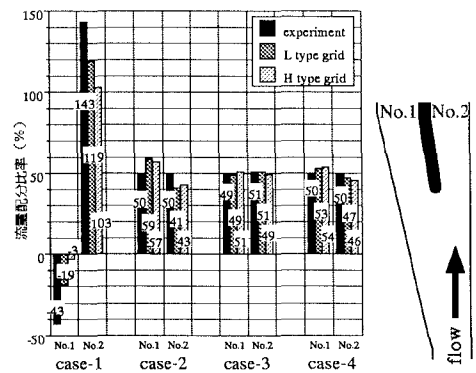
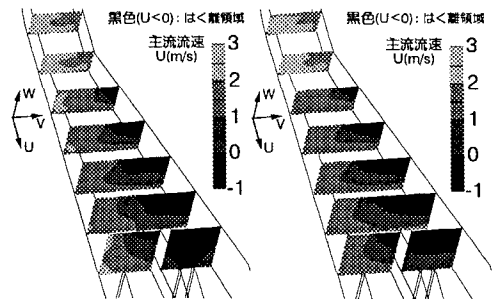


図-5 流量配分



(L - type lattice) (H - type lattice)

図-6 シミュレーション結果(case-1)

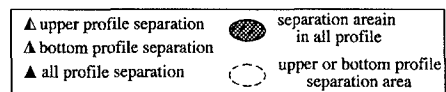


図-7 実験結果(case-1)