

東北大学大学院 工学研究科 正会員 ○熊谷 洋
東北大学大学院 工学研究科 正会員 田中 仁

1. はじめに

発電所水路内に設置される導流壁や曲がりにより発生する局所流（2次流，はく離，偏流，循環流）流況に関する数値水理解析結果は，発生部位近傍で実験結果と比較的良好に一致するが，発生部位から流下にするにつれ実験結果との差異が生じる傾向にある。具体的には，①はく離の数値水理計算結果が実験と比較して過大に評価される，②曲がりにより生ずる2次流や偏流の消散過程が適切に計算出来ない，の2点である。

①，②より数理水理解析は，水理模型実験の補完的な役割を果たすに留まり実験の代替になるまでには至っていない。数値水理解析が水理模型実験の代替となるには，2次流，はく離，渦，偏流および循環流が定性的かつ定量的に予想可能となる必要があり，①，②の問題をクリアする必要がある。そこで，本研究では曲がりを有する円管乱流解析を行い，実験結果と比較検討したものである。

2. 基本形状による検証

上記の問題を解決するため，基本形状による検証を実施する。実験データは，電力中央研究所で計測された曲がり管路内流速分布データ¹⁾を使用する。管径10cm，曲がり半径30cm，交角30度である。詳細形状を図-1に示す。材料は，流入口～曲がり終了部まで塩化ビニール製，曲がり下流部はアクリル製である。使用水量は30.41/s，流速はピトー管により計測され，計測断面は $l/d=0, 5.2, 15.7, 25.9, 36.1, 46.3, 56.5, 68.7$ である。ここで， l をバンド終点部からの長さ， d を円管管径とする。

次に基本形状による数値水理解析結果の検証方法は次のとおりである。

(1) 曲がりにより生じる2次流・偏流生成および消散

に関して数値水理解析結果と実験結果の流速分布の比較を実施する。この段階で $y+$ ，格子トポロジー，メッシュの縦横比の影響についての評価を行う。

(2) 計測断面において，無次元流速，乱流エネルギー k ，消散率 ε の運動量移動メカニズムの評価を行う。

今回は，(1)の格子トポロジーと2次流・偏流生成および消散に関して考察する。

3. 数値水理解析

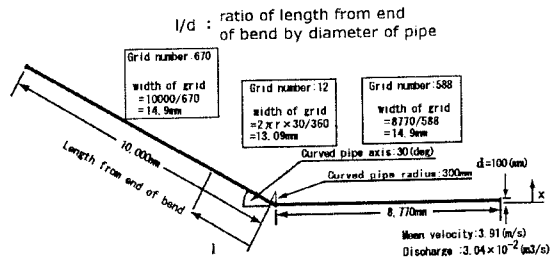


図-1 曲がり管形状詳細平面図

表-1 計算手法

Basic Equations	Continuity equation
Discretization method	Reynolds equation
Differential scheme	FVM(Unstructured grid)
Turbulence model	MUSLE
Used computer	(3rd. order accuracy)
Calculation	k-ε model
	Pentium3-450MHz-PC
	Steady calculation

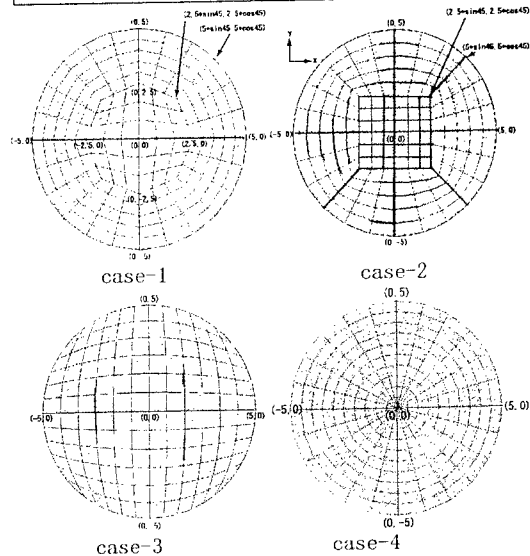


図-2 検討ケース

数値水理解析は、検討ケースを格子トポロジーの違いを考慮した 4 ケースとした。図-2 に検討ケースを示す。数値水理計算手法は表-1 に示す通りである。以下に計算条件および境界条件を示す。

- (1) 要素数：case-1, case-2 99,060, case-3 91,440, case-4 152,400
- (2) 円管内平均無次元距離 y^+ ：case-1 406, case-2 470, case-3 411, case-4 412
- (3) 流入および流出条件：流入/一様流速，乱流エネルギー $k=10^{-4}$ ，消散率 $\varepsilon=10^{-4}$ ，流出/圧力規定
- (4) 壁面境界条件：対数則

4. 計算結果

case-1 から case-4 まで計算結果を図-3 に示す。ここで $\bar{u}$ は円管内平均流速， d は円管管径， x は円管内径における壁面からの距離である。図-3 より以下のことが分かった。

- (1) case-1 は， $1/d=68.7$ における偏流の消散過程を最も適切に表現している。case-2, 3 は， $1/d=5.2$ の場合偏流の発生状況を再現しているが， $1/d=68.7$ の場合，偏流の解消が再現されない。
- (2) case-4 は， $1/d=5.2$ の場合，偏流の状況を最も良好に再現しているが， $1/d=68.7$ の場合 case-2, 3 同様偏流の解消が再現されていない。
- (3) 乱流エネルギー k の分布は，壁面近傍の値が大きく，管中心の値が小さくなっており，概ね妥当な分布だと考えられるが，case-4 の $1/d=5.2$ は管中心の値が大きくなっており，妥当な傾向になっていない。

5. おわりに

本研究では，曲がり管円管流れを対象として数値計算結果の格子トポロジー依存性を検討した。各ケースにおいて偏流消散過程の計算結果について顕著な相違が見られることから，曲がり後の断面内での運動量拡散過程が格子形状に大きく依存しているものと考えられる。直管においては変形ひずみ速度評価の誤差が支配的であるとの報告²⁾があり，これを含め基礎式中の各項の算定精度と格子形状の関係を詳細に検討する予定である。

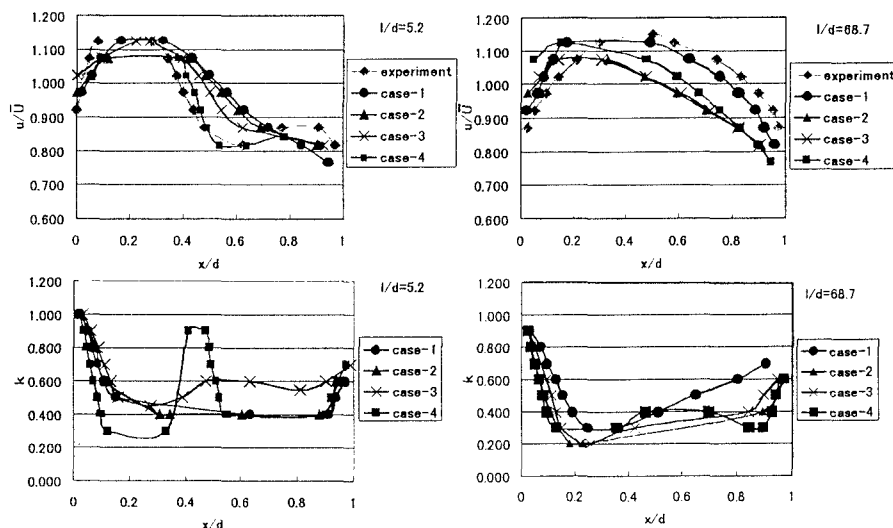


図-3 流速および乱流エネルギー分布

参考文献

- 1) (財) 電力中央研究所：平成 10 年電力土木技術研究会テキスト「水力発電所（土木関連）に係わる評価技術コース」，1998. 5，pp. 241-242.
- 2) 富樫盛典，円筒座標を併用した一般座標系格子の LES による円管・楕円管および旋回乱流の数値解析に関する研究，東京大学博士論文，1994. 12，pp. 32-51