

II-86

取水口まわりの三次元渦流の計算

神戸大学大学院自然科学研究科 学生員 ○焦 徳思
 神戸大学大学院自然科学研究科 正会員 中山 昭彦

1. はじめに

水力発電所や貯水池など水理構造物の取水口を設計にあたり、取水口まわりの流れの流況を正確に把握することは重要である。取水口は、経済的な理由や沈殿物の吸い込み防止のため、水面近くに設置されるのが普通で、空気吸引を伴う強い渦が形成されることがある。また、取水管が底面に近づく流入条件により床渦が発生したり、側壁に近づく壁渦が生じたりすることもある。いったん渦が発生すれば、流速や圧力が局部的に急変する。また流れも非定常になり、脈動の発生、浮遊砂の吸引、局部的洗掘、堆積、巻き込みなどさまざまな問題が引き起こされるため、取水効率に大きな影響を与えかねない^{1,2}。したがってその発生は極力抑制すべきである。本研究ではこういった渦流はどのような条件で発生するかについて $k-\omega$ 乱流モデルを用いた数値予測を検討する。また数値計算法を検証するための実験結果も示す。

2. 実験概要

実験に用いられた取水口水槽及び取水口の模型は図-1に示す。

図の左側が取水される貯水槽、中心部が導入水槽で、その取水槽の右側に流量を測るための三角ノッチが設置されている。上流貯水部は一定の流量で給水され、流量、水位は三角ぜきで制御される。取水槽のほぼ中心部の側壁に取水口が取り付けられている。計測では熱膜流速計を用いている。

3. 数値計算法

数値計算では直方体取水槽の上流側の一面から水を流入し、円形断面取水管により取水される流れ場を3次元ナビエ・ストークスの式を解くことにより計算する。計算法は食い違い格子を用いるMAC法に基づくもので、静止状態の初期条件から非定常流の時間発達を計算し、定常状態が得られたときの結果を最終結果とする。差分スキームは、粘性項は2次精度中心差分でCrank-Nicholson法を適応した陰の差分で、SOR反復法で解く。移流項には3次風上差分を用い、Adams-Bashforth法を採用する。尚、境界条件では水面は固定壁としてすべり条件、周囲壁及び床は粘着条件、取水管面はすべり条件をそれぞれ与える。

4. 実験による数値計算法の検証

まず数値計算法を実験と比較することにより検証した。用いた計算格子は直交等間隔格子で流れ方向、横方向、鉛直方向の格子数はそれぞれ80、46、38である。流入条件は実験で測定された速度分布を設定している。水深に基づいて算出したレイノルズ数は2000である。

実験と定量的に比較するため、水平断面 $Z/H=0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9$ での速度分布を図-2に示す。図に示す U_{av} は取水槽流入面の断面平均流速である。数値計算結果と実験結果はよく一致しており、実験値は数値計算によりほぼ再現できていると考えられる。

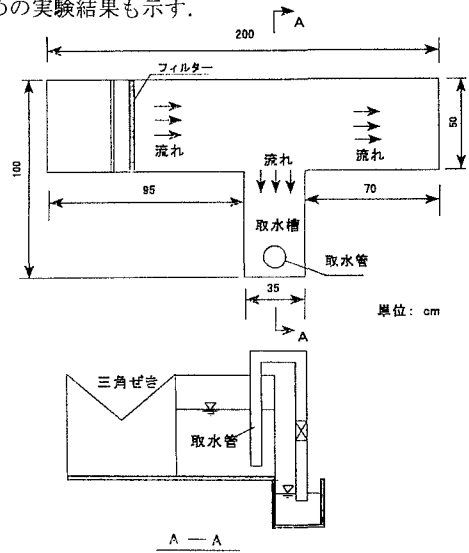


図-1 実験水槽と取水口模型

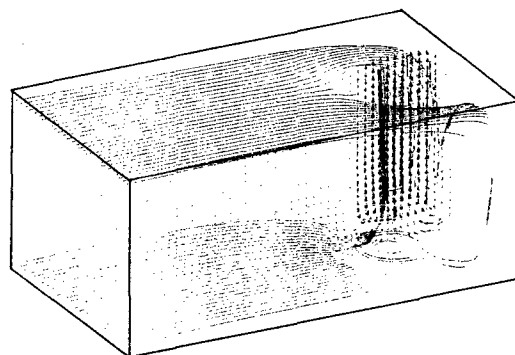
渦 取水口 三次元

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学工学部建設学科内

5. 計算ケース

次に流入条件を変えた時、上述の計算法を用い取水口まわりの流れの状況がどのように変化するかを数値予測を行う。この場合、長さ、幅、高さ方向の格子数をそれぞれ 80, 46, 38 とする。計算は流入速度分布、取水管の相対位置の異なる 2 ケースについて行われた。各ケースの計算条件は次に示す。

ケース 1 では流入面速度分布が一様で、取水管が対称、ケース 2 では流入面に横流れがあり、鉛直面内に速度勾配がある場合。いずれのケースも取水槽水深と流入面平均流速を基にしたレイノルズ数は一定で 20000 である。結果を図-3 に示す。流入面内及び取水管軸を含む y 軸に平行な面内の流速ベクトルの分布、底面及び下流端壁での圧力分布を等圧線で、それに流入面の底面及び水面に最も近い計算格子上的点から発する流線が示されている。



(a) ケース 1

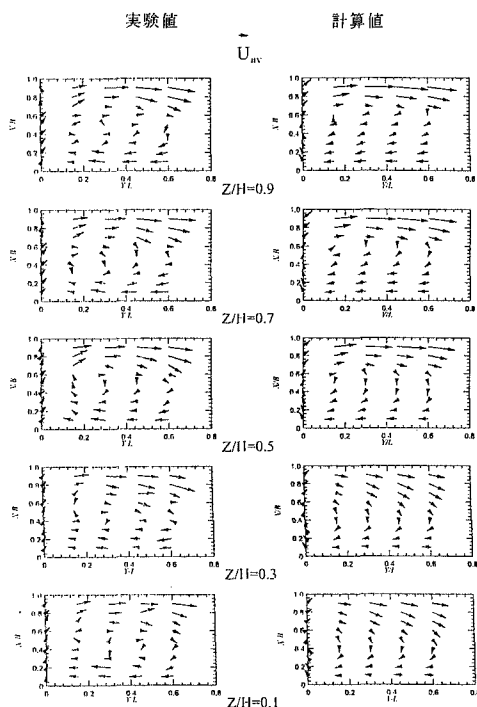
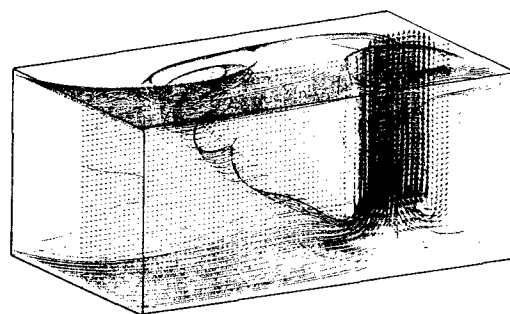


図-2 数値計算値と実験値の比較



(b) ケース 2

図-3 計算結果

図-3 に示されるように、ケース 1 の場合、流線のよじれや圧力の低下が見られておらず、流れがスムーズに取水管に流入することが分かる。ケース 2 では、数値計算では強度的に弱いながら実験と同じような水面から発し取水口に達する水面渦が再現されていることが確認された。

6. おわりに

比較的簡単な形状での取水口まわりに発生する三次元渦流の数値予測を試みた。単純な条件の下で渦を含む流れの数値予測が可能であることが確かめられた。本方法は一般実用的取水口まわりの流れの計算にも適用できると期待される。

参考文献

- 1) 中山昭彦, 焦徳思, 市成準一: 取水管回りの渦を伴う 3 次元流の要因とその予測計算法, 水工学論文集, 第 43 巻, pp. 485-490, 1999. 2.
- 2) 中山昭彦: 取り入れ口渦の発生条件, 土木学会論文集 N o. 447/II-19, pp. 9-15, 1992.