

水面変化を考慮した2次元乱流の数値解析

名古屋工業大学 学生員○神谷 昌文

名古屋工業大学 清水 久満

名古屋工業大学 正員 富永 晃宏

1. はじめに

段落ちを通過する大きな水面変化を伴う開水路乱流をk-εモデルを用いて数値計算を行い、実験値との比較を行った。本計算では自由表面の流下方向変化が大きい流れ場の解析手法として、重力を考慮し、SIMPLE法で計算される自由表面の圧力が0になるように水深を補正する方法を用いた。

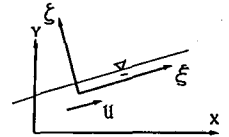
2. 数値計算

2-1 基礎方程式： 二次元の開水路乱流場の基礎方程式として、連続の式、レイノルズ方程式、乱れエネルギーkの輸送方程式、エネルギー散逸率εの輸送方程式を用いた。k, ε方程式に関する各定数は、標準型の値を用いた。スタッガード格子上でコントロールボリューム法で離散化し、SIMPLE法を用い計算した。

2-2 水面形の補正法： 自由表面のコントロールボリュームの圧力をPsとするとき、水深補正値は $\Delta h = P_s / \rho g$ となる。これより水面形状を更新し、水面下の格子を識別してそこで計算を行った。

2-3 境界条件： 壁面に関しては壁関数を適用し、開水路流の水面軸上では流れが対称となることから、次の対称条件が課せられる。

$$\left. \frac{\partial u}{\partial \xi} \right|_{y=h} = 0, \quad \left. \frac{\partial k}{\partial \xi} \right|_{y=h} = 0, \quad \left. \frac{\partial \varepsilon}{\partial \xi} \right|_{y=h} = 0$$



3. 実験

実験水路は幅30cm、長さ7.5mの長方形断面水路で、その中に高さ2cmの塩ビ製の板を設置し、段落ちを形成した。流速計はピトー管とホトフィルムを用い、サンプリング周波数100Hzで計測時間は1点につき41秒として、計測点は水路の中央にとった。実験条件は単位幅流量 $q=0.017\text{m}^2/\text{s}$ 、水路勾配 $s=0.001$ で、段落ち部の下流3.5mで堰を設けることにより下流側フルード数を $Fr \approx 1.86$ (case1), 0.5(case2), 0.4(case3)の3通りに変化した。

4. 実験結果と計算結果

case3では、初期水深として下流端水深を全断面に与え、水深を変化させて計算させた結果、図1のような水面形となった。断落ち部で若干ずれるものの水面形を全般的によく再現している。水面変化が大きいcase1, case2では、初期水深として実験より推測される値を各断面に与えた。

図2～4は各ケースの流況を流速ベクトルで表したものである。

case1では、後流域が断落ち高さの2倍程度であるのに対し、case3では、断落ち高さの8倍程度までになり、後流域が拡大することが計算でも検証できた。

図5～7は、平均流速で無次元化した計算による流速と、実験による流速を比較したものである。case1では、全般的によく一致するが、case2では、実験では段落ち下流で定常跳が発生しているが、計算では水面での逆流域を表現できていない。case3では、実験値と計算値の水深の若干のずれがあるため、流速値はやや異なるが傾向はほぼ一致している。

5. 結論

水深変動の比較的小さいケースでは、水深を含めた流れ構造の解析がこの方法でも十分可能である。水深変動の大きいケースでも、初期水深を与えれば、解析が可能であるが、水面で逆流域を伴うケースに関して

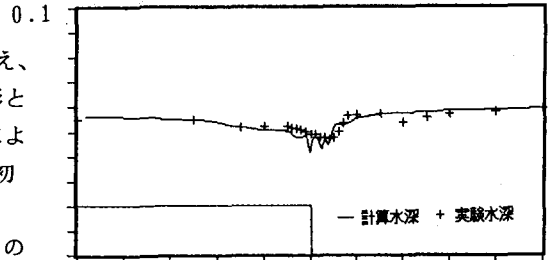


図1 水深比較 -CASE3- (m)

は、更なる計算法の発展をはかる必要があると考えられる。また、乱れに関しても、計算値と実験値の比較を、今後進めて行きたい。

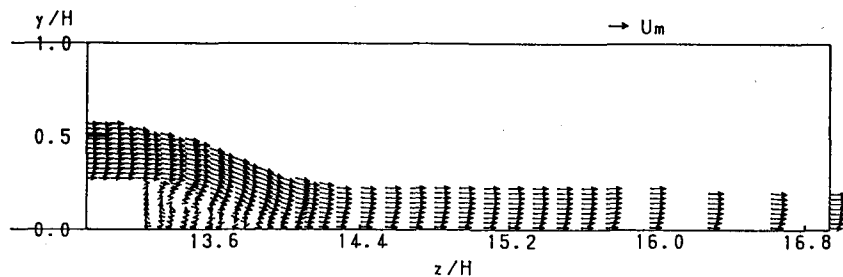


図-2 流速ベクトル -CASE1-

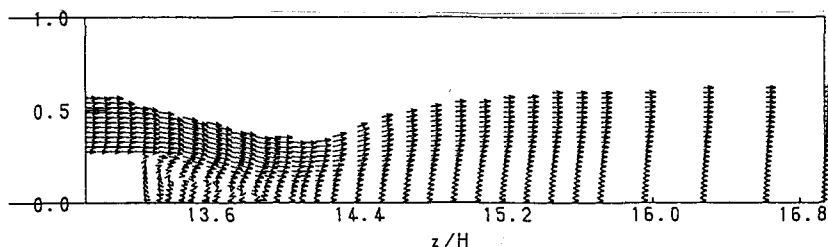


図-3 流速ベクトル -CASE2-

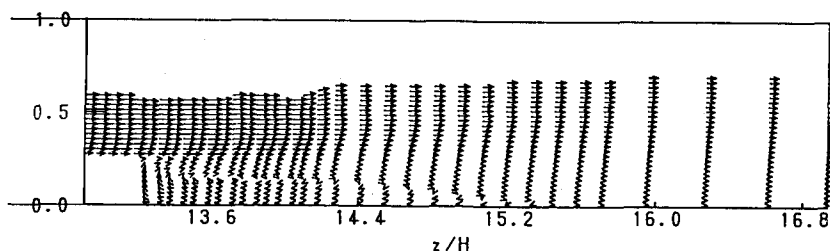


図-4 流速ベクトル -CASE3-

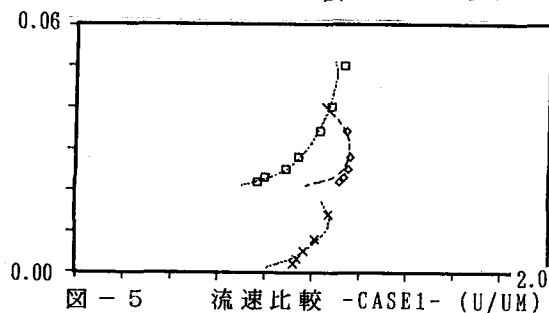


図-5 流速比較 -CASE1- (U/UM)

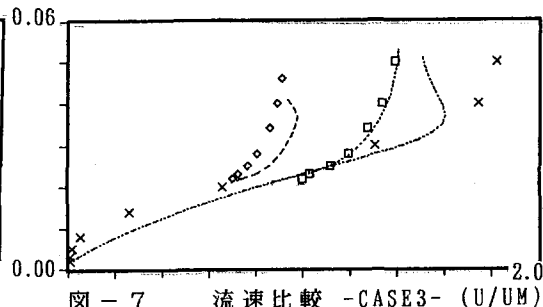


図-7 流速比較 -CASE3- (U/UM)

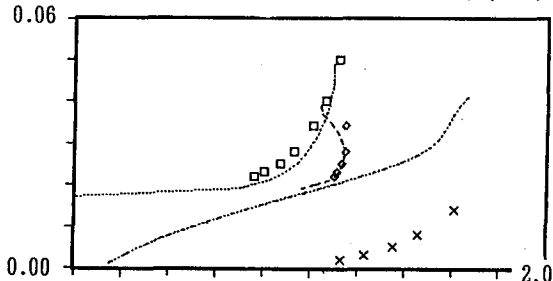


図-6 流速比較 -CASE2- (U/UM)

□ 実験 $x=0.5$ — 計算 $x=0.5$ ◇ 実験 $x=1.0$
-- 計算 $x=1.0$ × 実験 $x=1.16$ --- 計算 $x=1.16$

参考文献

- 1) 瀬津、中川：京都大学防災研究所年報 第29号 B-2 別冊、1986
- 2) 鈴木、道上、桧谷、Ibrahim：第29回水理講演会論文集、1985