

II-39

乱流モデルによるTidal Jetの数値計算

東北大学大学院 学生員 ○林雄一郎

東北大学工学部 正 員 田中 仁

1. 研究目的

一般に噴流のように自由に周囲に広がるせん断流は、噴出源近傍で外乱に対して極めて不安定で、比較的小さなレイノルズ数で乱流遷移する。またtidal inletから海域に流出するtidal jetにおいてはさらに自由表面、底面摩擦、水深変化の影響で、より複雑な挙動を示す。本研究では、このような流れ場において乱流計算を行い、その有効性を示すと共に急拡部を通過する流れの特性を解明することを目的とする。

2. 支配方程式系および計算条件

2.1 計算領域

図1のような245(cm)×245(cm)の計算領域を仮定し、正方格子間隔 $\Delta x = 5.0$ (cm)、時間格子 $\Delta t = 0.01$ (sec)のもとに計算を行った。Case1では噴出源前方の底面勾配 $I = 0$ 、開口部水深 $h_0 = 3.0$ (cm)、開口部流速 $v_0 = 24.0$ (cm/sec)として、Case2では $I = 0.015$ 、 $h_0 = 4.5$ (cm)、 $v_0 = 9.0$ (cm/sec)に設定し、Özsoy¹⁾の行った実験データと比較をした。

2.2 支配方程式

Model1は拡散項を考慮しない浅水流計算であり、Model2では水平拡散係数としてFischer³⁾が提案した $\nu_t = 0.6DU_t$ (D :全水深、 U_t :摩擦速度)を用いた。Model3では標準型 $k-\epsilon$ 方程式系モデルを水深平均し、さらに浅水流近似を適用した支配方程式を用いている。乱流モデル係数については通常の $k-\epsilon$ モデルで使われている数値を採用した。各モデルともLeap-frog法により陽的に差分化した。

2.3 初期条件および境界条件

流れ場の初期状態として静水を設定し、また計算の都合上、次のように k と ϵ の初期条件を定めた²⁾。

$$\epsilon = gUI, \quad \frac{\nu_t}{U_t D} = 0.0765 \quad (1)$$

k と ϵ は、この初期値から出発し、反復計算の過程で得られる収束解として最終的に求められる。境界では上流端から一定流量を与え、下流端では自由透過としている。

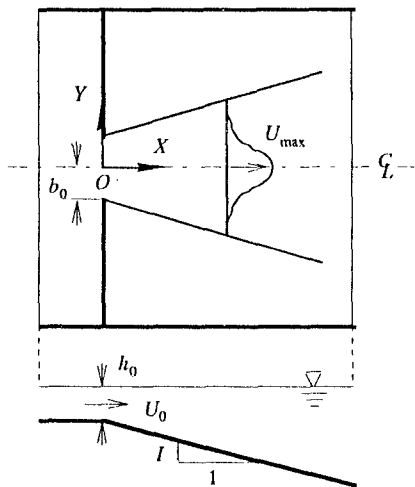


図1 計算領域

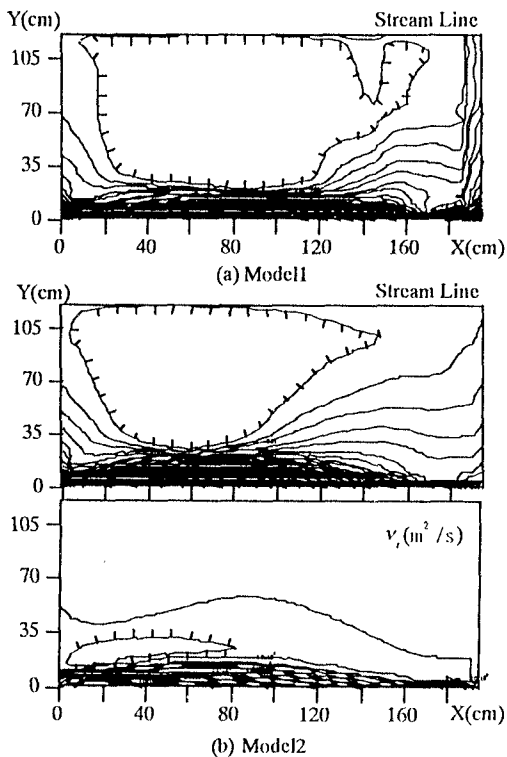


図2 流線および v_t の空間分布 その1 (Case1)

3. 計算結果

図2(a), (b), (c)にCase1の各計算結果を示す。Model1ではjet近傍で大きな速度勾配が生まれても運動量は横断方向に輸送されない。Model2でも自由せん断が卓越している開口部近傍で直進性が強い流況となり、せん断に伴う v_t の評価も現象を表しているとはいえない。一方Model3では開口部側壁から双頭の山を持つ v_t の分布が見て取れる。噴流は噴出源近傍で乱流エネルギーの生成、逸散、移流等が相互に結びついた現象であるため、図1の計算結果からも乱流量を取り入れた計算が有効であるといえよう。次にCase2の条件で各モデルの計算精度について、中心軸流速、半値幅の広がり、横断方向流速分布を実験および理論式¹⁾と比較することによって行った。まず図3の中心軸流速分布であるが、Model1では過大評価となるが、他のモデルではcoreが発達している領域でも U/U_0 の精度で再現できている。図4に示す半値幅の広がりもModel3では主流が卓越する領域で理論と一致する。なお用いた理論は底面勾配および底面摩擦効果は考慮してあるが、水位変動は省略している。図5の横断方向の流速分布は、直進性の強い噴流のため主流中に十分な数の計算点が取れないが、理論曲線と比較してまずまずの予測精度を持っていると言える。

4. 考察

通常の乱流普遍定数を補正することなく平面2次元 $k-\varepsilon$ モデルにより噴流の数値計算を行い、噴出源近傍でも十分な精度の結果が得られた。

今後、乱流計算を他の運動量水平拡散が卓越する現象に適用し、水理実験データとの比較を行い、計算モデルを改良していきたい。

参考文献

- 1) Özsoy, E. (1977): Flow and Mass Transport in the Vicinity of Tidal Inlets, Technical Report UFL/COEL, TR-036, 206p.
- 2) Fischer, H.B. (1973): Longitudinal dispersion and turbulent mixing in open channel flow, Annual Review of Fluid Mech. Vol. 5, pp.59-78.
- 3) Rastogi, K. and Rodi, W. (1978): Predictions of Heat and Mass Transfer in Open Channels, The Journal of the Hydraulics Division, Vol. 104, No. HY3, pp.397-420.

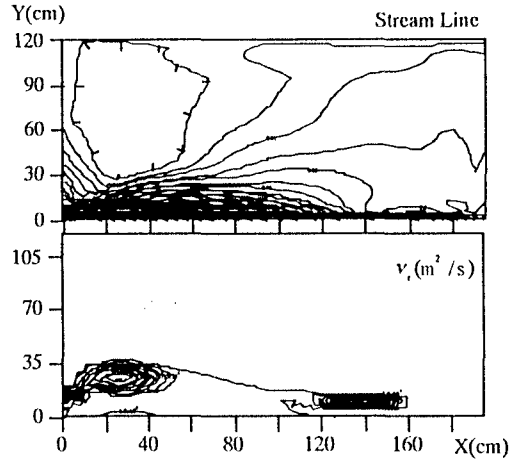


図2 流線および v_t の空間分布 その2 (Case1)

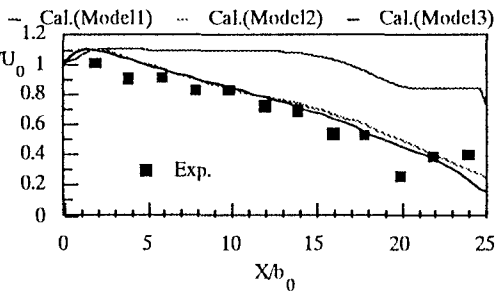


図3 中心軸流速分布

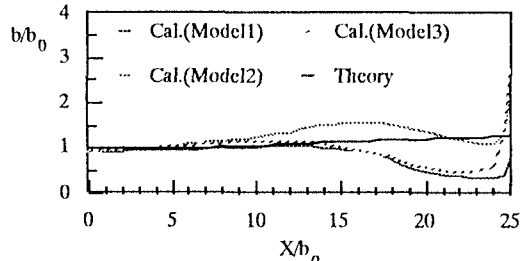


図4 半値幅の広がり

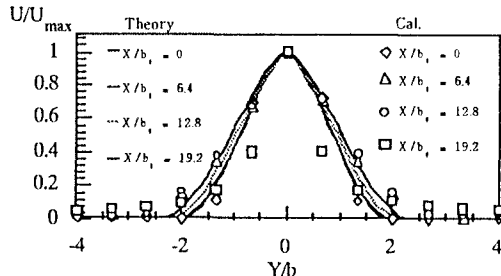


図5 横断方向流速分布 (Model3)