

II-142

LESによるトレンチ内流れの三次元解析

岐阜大学 学生員○森田卓光

岐阜大学 正 員 藤田一郎

岐阜大学 正 員 河村三郎

1. はじめに

開水路に凹部(トレンチ)を開削すると、その箇所は三次元性の強い流れ場となる。これまで実験的、数値的に研究¹⁾が行われているが、この箇所の流れの時間変動特性および三次元的な乱流構造に関しては不明な点が多い。本研究では、比較的単純なトレンチ流れ場にLarge Eddy Simulation(LES)を適用し、流れの特性を検討する。

2. 計算方法

計算には、以下に示す基礎方程式²⁾を使用する。

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial(u_j u_i - \tau_{ji})}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \Omega_i \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$\tau_{ji} = (\nu + \nu_t) \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (3) \quad \nu_t = (C_s \Delta)^2 \left[\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right]^{1/2} \quad (4)$$

$$\Delta = (\Delta x_1 \Delta x_2 \Delta x_3)^{1/3} \quad (5) \quad \Omega_i = (g_x, g_y, g_z) \quad (6)$$

ここに、 x_i :座標軸($x_1=x$:流下方向、 $x_2=y$:鉛直方向、 $x_3=z$:横断方向)、 u_i :座標軸 x_i 方向($i=1,2,3$)の流速成分、 τ_{ji} :せん断力成分、 Ω_i :外力成分、 ν :動粘性係数、 Δ :格子サイズ、 C_s :モデル定数(0.1)。SGSモデルには、式(4)、(5)のSmagorinskyモデルを採用する。

移流項の計算には三次精度のQUICKESTスキームを適用し、圧力緩和にはSMAC法を用いる。計算領域はスタッガード格子に分割し、壁面近傍で密な間隔となるようにする。壁面近傍では壁法則を与え、流出境界では自由流出条件を与える。トレンチ部区間の格子数は $65 \times 18 \times 22$ 、時間ステップは無次元時間で $\Delta t = 0.001$ とした。

3. 計算結果

$Re = 3280$ 、 $Fr = 0.52$ における計算例を以下に示す。幾何形状は図-1に示す。流入部には指数型の流速分布を与え、その最大流速の10%程度の乱れ成分を全格子点に一樣乱数として加えたものを初期値とした。また、流入部より十分に発達した乱流を各時間ステップ毎に与えるため、図-1に示すようなDriver部を設け計算を進めた。図-2に水路中央の縦断面内流速ベクトルを示す。トレンチ中央付近に発生した2つの渦が合体し1つの大きな渦となり移動していく様子が良好に得られている。図-3に瞬間的な横断面内流速ベクトルを示す。側壁に沿って時計回り・反時計回りの強い渦が現れていることがわかる。図-4には、主流とトレンチ部の境界面($y/H=1.0$)の瞬間的な水平断面内流速ベクトルを示すが、ほぼ等間隔に並んだ渦構造の存在を示唆している。図-5に、図-1のハッチング部分の三次元領域内の渦度成分 ω_z の空間分布を示す。主流とトレンチ部の境界面付近($y/H=1.0$)に強い渦が発生し、発達段階では帯状に渦が分布しているが、下流

側では領域全体に広がっている様子がわかる。

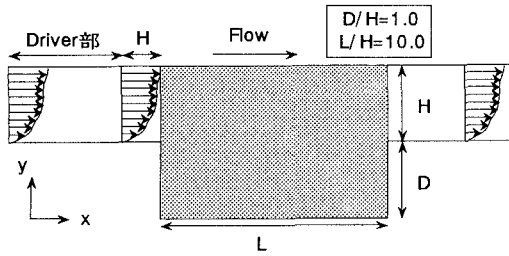


図-1 トレンチ流れ場の定義図

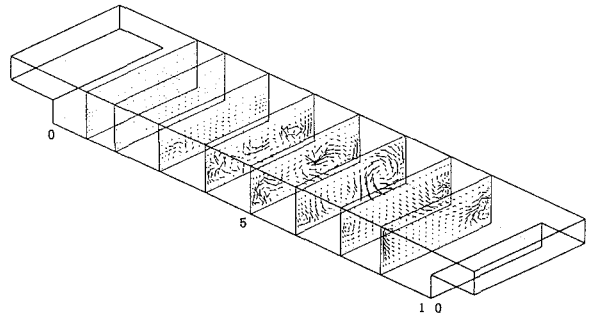
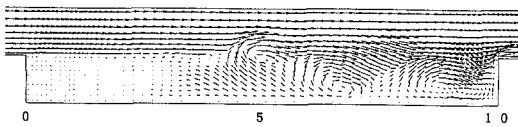
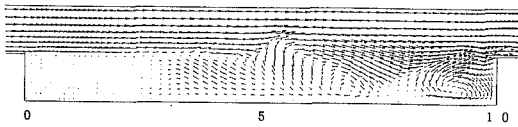


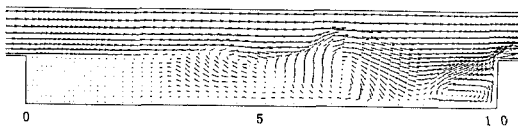
図-3 横断面内流速ベクトル



$T = 42.0$



$T = 44.0$



$T = 46.0$

図-2 縦断面内流速ベクトル

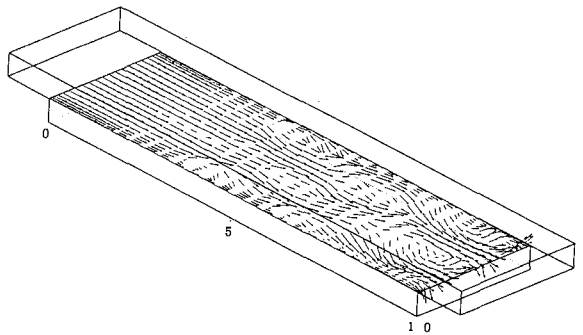


図-4 水平断面内流速ベクトル

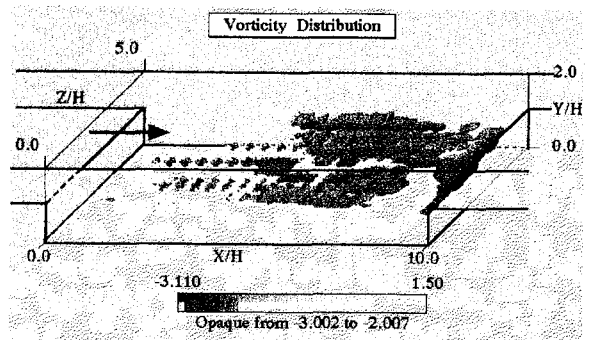


図-5 渦度分布 (ω_z)

4. おわりに

LESによって三次元的なトレンチ部の流況を計算し、トレンチ部の三次元的渦構造をシミュレーションすることができた。今後は、格子サイズによる影響、自由水面効果、乱れの境界条件などについて検討を行い、精度向上をはかる予定である。

参考文献

- 1) 藤田・道上・楢谷：トレンチ内の流れと浮遊砂濃度分布の数値シミュレーション，水工学論文集，第35巻，pp.377-382, (1991)
- 2) 森西洋平：LESモデルによる乱流解析手法，（第28回）水工学に関する夏期研修会講義集，Aコース，pp.A-2-1～A-2-29, (1992)