

CS-54

LESによる開水路CAVITY流れの数値シミュレーション

岐阜大学大学院 学生員○森田卓光

岐阜大学工学部 正 員 藤田一郎

神戸大学工学部 正 員 神田 徹

1. はじめに

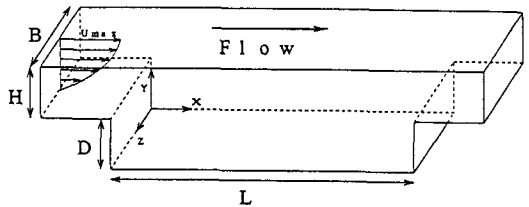
開水路にトレンチ（CAVITY）を開削すると断面形状が急変し、CAVITY内では剥離せん断層が発達し逆流域や数多くの剥離渦などが生成されて、水理学的に興味深い流れ場となる。また、この剥離せん断層で生成される剥離渦は、伸縮・分裂・合体などを繰り返しながら移流していくと考えられる。しかしながらこれまで行われてきている多方程式モデルを適用した研究¹⁾では、流れの非定常特性は不明である。そこで本研究では、Large Eddy Simulation(LES)を単純な形状のトレンチ部に適用し、流れの非定常特性に対する検討を行った。

2. 計算方法

LESの基礎方程式²⁾には、SGSのスモグリンスキーマモデルを用いた。基礎式系を解くためにはスタッガード格子を用い、移流項に三次精度のQUICKESTスキーム、圧力緩和にHSMAC法を適用し、時間ステップを無次元時間 $\Delta t = 0.001$ で時間進行を行う。壁面境界条件としては、Spalding則を仮定した人工的壁面境界条件、流出境界では自由流出条件を与えた。また、水面は実験に合わせて、rigid lid として取り扱う。

3. 計算結果と考察

図-1に示す幾何形状で、 $Re(=h \cdot U_{max} / \nu; U_{max}$:流入表面流速、 h :流入部水深)=3280、 $Fr=0.52$ の計算結果を以下に



CASE	H (流入水深)	D/H (CAVITY深さ)	L/H (CAVITY長さ)	B/H (水路幅)
CASE 1	1	1	10	5
CASE 2	1	2	10	5

図-1 CAVITYの形状

示す。図-2には、CASE1の水路中央部縦断面内の連続的な瞬間渦度分布 ($\omega = \partial v / \partial x - \partial u / \partial y$)を示すが (Tは無次元時間、実時間では0.1秒毎の図)、 $Y/H=1$ 付近の剥離せん断層部分が、 $X/H=5$ 付近まで伸びている様子がわかる。そして、剥離せん断層で成長した剥離渦が離脱すると、剥離せん断層が短くなりその後徐々に剥離渦が成長してまた剥離せん断層が長くなっている様子が計算されている。また、逆流域の底面付近には、反時計回りの渦が分布している。渦の分裂に関しては、 $T=126 \sim 128$ にかけて $X/H=4$ あたりの時計回りの渦が、剥離せん断層から分裂し逆流域に引き込まれたりするものや、 $T=124$ における $X/H=5$ 付近の剥離せん断層にある時計回りの渦が、時間経過とともに離脱し、主流の流れに乗って流下していく様子が表現されている。一方、 $T=124 \sim 126$ にかけて $X/H=6$ 付近の2つの反時計回りの渦が合体する状況もあり大規模な渦の挙動を表現できていると思われる。図-3は、図-2の $T=125$ の断面と隣接する両側の断面内の同様な渦度分布を示したものである。図-2の $X/H=6$ 付近にある渦が両側の断面ともに現れている。これは、再付着点付近に達した剥離渦が、周囲の流体を連行しながら成長し大規模な流体塊となり移流している状況をとらえたものである。図-4は、長時間経過に伴う流れ場の大規模な変動特性を把握するために、剥離せん断層付近にCAVITY底面と平行に検査線を設け、横軸に無次元時間、縦軸にCAVITY流入部からの距離をとった時空間上に検査線上の渦度分布をプロットしたものであり、十分流れが発達した後の $T=100 \sim 200$ (実時間で10秒間)の流況を表している。黒や白の筋が剥離渦の存在する箇所である。大規模変動のみに着目するとCASE1の場合、剥離渦は1Hz程度、CASE2の場合では0.5Hz程度の発生周

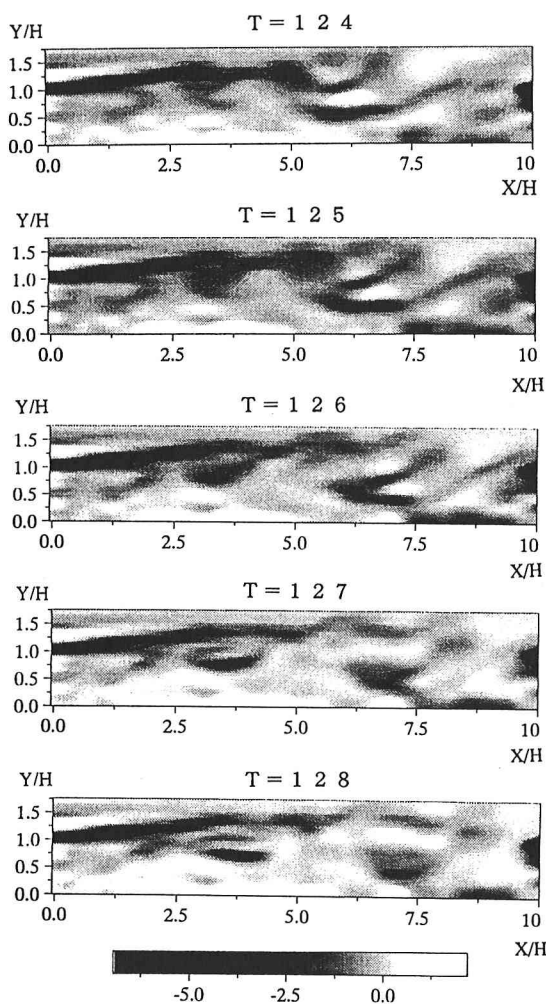


図-2 渦度分布（水路中央部）

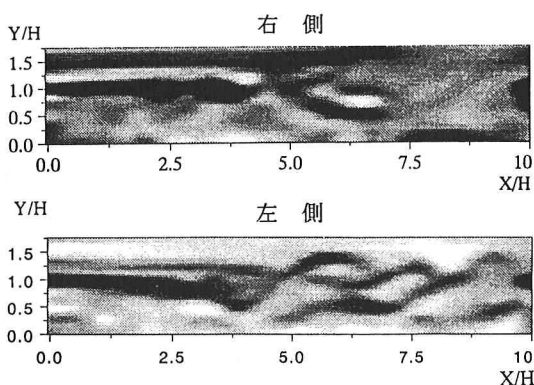


図-3 渦度分布（ $T = 125$, 隣接面）

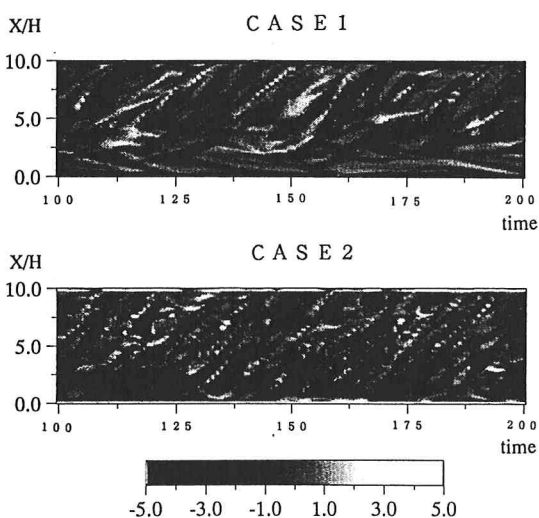


図-4 渦度の時間変化

波数を示している。即ち、CASE1の方が低周波側の変動を有していると考えられるが、CASE1は再付着する流れ、CASE2は再付着しない流れであるため、このような違いが生じたものと思われる。今後は、スペクトルなどの比較によって詳細な検討を行う必要があると思われる。

4. おわりに

LESにより、剥離渦を含むCAVITY内の複雑な流れを表現することができ、流れの非定常特性もある程度把握することができた。今後は、剥離渦の三次元的な構造や、流れ場とCAVITY深さとの関係などを検討していく予定である。

【参考文献】

- 1) Alfrink, B. J. and Rij, L. C.: Two-equation turbulence model for flow in trench, Journal of Professional Issues in Engineering, Vol.109, No.3, pp.941-958, 1983.
- 2) 藤田・河村・森田: LESによるトレンチ内流れの三次次元解析、第48回年次学術講演会、1993.