

神戸大学工学部

神戸大学大学院工学研究科

神戸大学大学院工学研究科

学生員

正会員

学生員

○岡西 健史

藤田 一郎

古谷 勇樹

1. はじめに

開水路の粗面乱流場では底面粗度の影響が水面に及ぶ．例えば，河川乱流場ではボイル渦やコルク渦といった大規模な渦構造だけでなく，小スケールの渦と水面の相互作用により水面波紋が発生する．この水面波紋の移流速度と表面速度と表面速度の等価性を用いた非接触計測法¹⁾が開発されているが，水面変動と粗面との相互作用については十分な検討は行われていない．そこで，本研究では基礎的な検討として粗に配置した半球粗度上の流れで相対水深が比較的小さい場を対象として可視化実験および LES 解析を行った．LES 解析では直交座標系で行い，半球の粗度形状は境界埋め込み法²⁾，水面変動は密度関数法³⁾により表現した．

2. 水路実験

解析モデルの有用性を示すための比較対象として半球粗度による実験値で行い，実験に使用した水路の概要を図-1に載せる．半球粗度は千鳥状に配置しており粗度高さは 1.5 c m で，水路長さは 6 m，水路幅は 30 c m である．カメラは 512×384(pix)，300(fps)のものを使用し，水路上流側から下流方向を見下ろす形で 15 秒間撮影を行う．撮影領域には水路下流側から上流方向に見かってライトを水面に向かって照射している．水理条件は勾配 1/500，1/250，3/500，1/100 の 4 パターン，流量は 150，250，300，450，600(l/min)の 5 パターン，水深は等流水深とそこから堰上げ 0.5cm，堰下げ 0.5cm の 3 パターンで計約 180 ケース行った．その結果 5 つの水面形のパターンが確認され，その様子を表-1 に載せる．

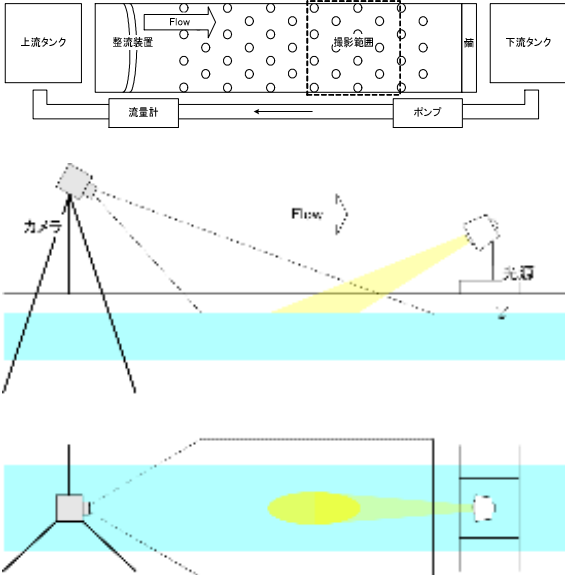


図-1 実験水路

表-1 水面パターン

ADVECTION	CROSS	PARALLEL	RIPPLE	FLAT
時間的に非定常的な波紋の移流が卓越している	粗度配置に依存し斜め格子上の水面形	粗度配置に依存し横断方向にライン状の水面形	粗度配置に依存せず，細かな斜め格子状の水面形	定常で変化のない水面形

3. LES 解析

数値計算を行ったのは表-1 で示した 5 つの水面形が顕著に表れていたケースの水理条件で表-2 に示す。

表-2 水理条件

水面形	勾配	流量(ℓ/min)	Re 数	平均水深(cm)	Fr 数	平均流速(m/s)
ADVECTION	1/250	600	33333	7.7	0.498	0.434
CROSS	1/100	450	25000	4.85	0.747	0.518
PARALLEL	1/100	150	8333	2.8	0.568	0.301
RIPPLE	1/500	600	33333	10.3	0.322	0.325
FLAT	1/500	150	8333	4.3	0.298	0.195

図-2 は計算対象となる河床形状，即ち主流方向長さに約 30 cm，横断方向長さに 18cm の流れ場であり，主流方向と横断方向は周期条件とした．計算格子数は主流方向，横断方向，鉛直方向の順に(85,100,100)である．計算時間は U_m を平均流速， H を平均水深としたとき無次元時間間隔 $T=t \cdot U_m/H$ で 150 行った．数値解析により表された水面形を図-3 に示す．表-1 に示した水面の各パターンが良好に再現されていることがわかる．

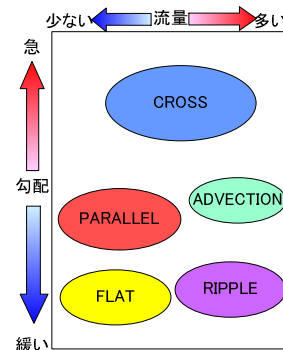


図-2 水面形の傾向

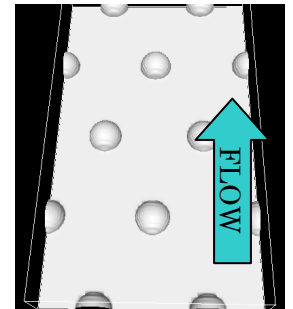


図-3 河床形状

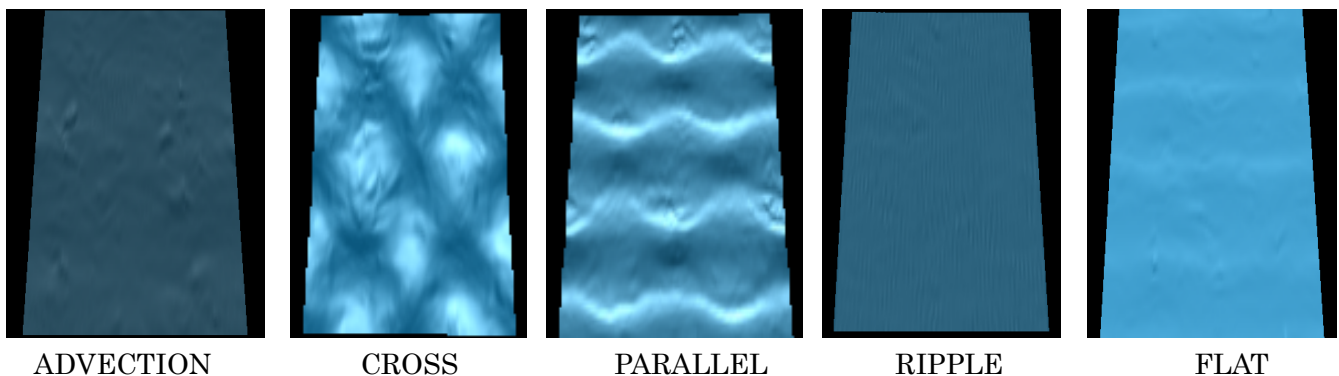


図-4 解析結果

4. おわりに

RIPPLE に関しては実験画像のように細かい斜め格子状の水面形は描かれなかった．その原因としては実験水路の側壁による影響があると考えられる．それ以外の水面形に関しては概ね良好な結果であるといえる．今後の予定としては移動床の計算を行えるようにすることと，主流方向・横断方向に関して non-slip の境界条件で計算が行えるようにすることである．

5. 参考文献

- 1) 藤田一郎, 椿良太: 時空間画像を利用した河川表面波紋の移流速度計測, 河川技術論文集, Vol.9 pp.55-60, 2003.
- 2) Fadln, E., A., Verzicco, R., Orland, P. and Mohd-Yusof, J.: Combined Immersed-Boundary Finite-Difference Methods for Three-Dimensional Complex Flow Simulation, Journal of Computational Physics, pp.35-60, 2000.
- 3) Hirt, C.W. and Cook, J.L: Calculating three-dimensional flows around structures and over rough terrain, Journal of Computational Physics, Vol.10 pp.655-660, 2007.