

1. はじめに

岩城ら¹⁾によると、平坦初期河床上に定常的に上流からの給水と給砂を行っても浮州が発生し、自然低水路が形成される。本研究では、平坦河床上に給水と給砂を定常的に与えた条件での交互砂州と自然低水路との関係を発生領域と発達過程に着目し、水路実験と数値解析により検討する。

2. 実験方法と数値解析法

実験方法と数値解析法は、岩城ら¹⁾と同様である。そこで、概略のみを以下に述べる。

実験では、幅 40cm の水路に、直径 1.1mm のほぼ一様砂を厚さ

10cm で平坦に敷き詰め、上流から定常的に給水と給砂を行った。河床形状と水表面流速を 2 時間ごとに測定した。また、流況を把握するため、1 時間ごとに水路上空から写真撮影を行った。

数値解析では、流れは二次元平面流れによる支配方程式を用いる。河床近傍の流速は、Engelund²⁾と同様に流線の曲率より予測する。局所河床勾配が流砂ベクトルに与える影響を考慮するため、流砂量式は芦田らの式³⁾を用いた。また、水深が河床材料の平均粒径よりも小さくなると、浮州が発生したと判定し、水位が河床位と河床材料の平均粒径の和よりも大きくなると、浮州の消滅と判定する。

実験と数値解析に用いた水理条件を表 1 に示す。ここで、Case 4 と Case 5 は、藤田⁴⁾による単列交互砂州の実験条件であり、数値解析のみを行った。これらの条件は、無次元掃流力がほぼ等しくなるように選定している。また、村本・藤田⁵⁾によると Case 1 と Case 2 は、複列砂州の発生領域であり、Case 3～Case 5 は、単列交互砂州の発生領域である。

3. 結果と考察

本研究で得られた河床形態を、村本・藤田⁵⁾による中規模河床形態の領域区分図上に表示したものが図 1 である。ここに、浮州が生じていると自然低水路が形成されていると判断している。また、Case 1 と Case 2 において形成された自然低水路は、数本の流路を形成しているが、給水流量の 90% 以上が主流路を流れている。一方、単列交互砂州と判断した河床形態は、浮州が無く、さらに波高が平

	単位幅流量	水路勾配	無次元掃流力	川幅・水深比
Case 1	0.00108 m ² /s	1/50	0.047	107
Case 2	0.00190 m ² /s	1/100	0.041	62
Case 3	0.00353 m ² /s	1/141	0.046	38
Case 4	0.00545 m ² /s	1/200	0.052	33 (水路幅=0.55m)
Case 5	0.00600 m ² /s	1/200	0.051	15 (水路幅=0.25m)

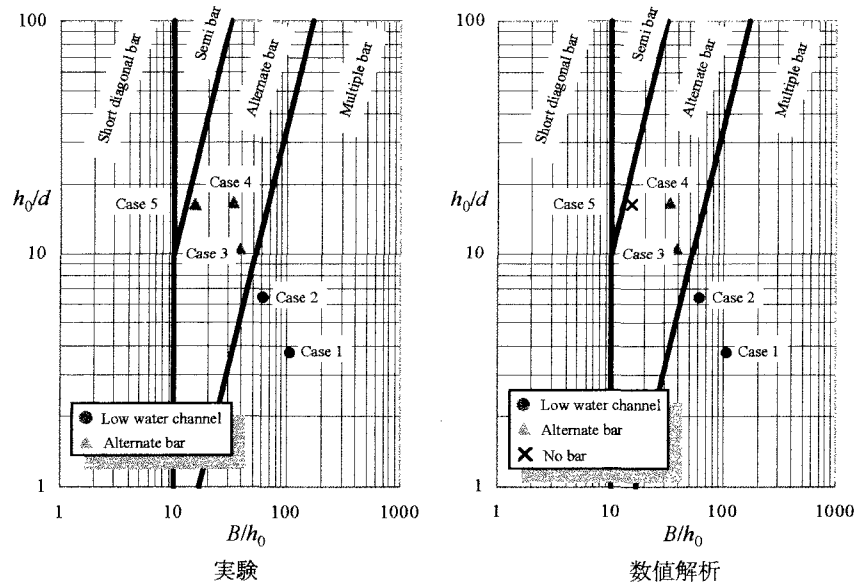


図 1 村本・藤田⁵⁾による中規模河床形態の領域区分図上における本研究で得られた河床形態 (h_0 : 等流水深, d : 河床材料の平均粒径, B : 川幅)

均粒径以上のものである。

図 1 より、自然低水路は複列砂州の発生領域で発生しやすいようである。また、単列砂州の発生領域では、自然低水路は発生しておらず、単列・複列の領域区分線と単列砂州・自然低水路の領域区分線が一致するような感じを持つ。ここで、自然低水路が発生した Case 1 と Case 2 であるが、両ケースとも通水初期には複列砂州が発生し、波高の発達とともに複列が単列に変化する。波高の発達速度は時間とともに遅くなるが、平衡値には到達せず、つい

には浮州を形成する。このように、本研究で用いた条件では、通水初期に発生した複列砂州が平衡状態には到達しない。黒木ら⁹⁾は、解析的手法により交互砂州の平衡波高を得ている。これによると、複列砂州の発生する領域では、無次元掃流力が小さいと平衡波高・水深比が大きくなっている。反対に、無次元掃流力が大きいと平衡波高・水深比が小さい砂州が得られ、平衡値に到達する複列砂州が得られ、自然低水路が発生しない可能性がある。この点は、今後検討していく。また、数値解析において、Case 5 では単列交互砂州が発生していない。これは、ごく僅かに蛇行した流れが形成されているが、波高が河床材料の平均粒径以下のため、砂州非発生と判定している。

図 2 は、フーリエ解析により求められた 1 波長内の河床形状に含まれる各モードの振幅を示している。実験、数値解析ともに、2 時間後では、浮州は形成されていない。ここで、注目すべき点は、村本・藤田が蒲鉾型河床形状と呼んでいるモード (0,2) の振幅が、単列交互砂州を特徴づけるモード (1,1) と同程度もしくは、それ以上の大きさということである。長谷川ら⁷⁾によると、単列交互砂州発生領域内の単列交互砂州では、モード (0,2) の振幅はモード (1,1) に比して小さい。また、最初に浮州と形成されるのは水路中央部であり、モード (0,2) の振幅が大きいことが浮州の形成、つまり自然低水路の形成に寄与していることが分かる。浮州が形成されている 12 時間後では、モード (1,1) の振幅が発達している。これは、約 6 時間目ぐらいで浮州が形成し始めており、それに伴い流れが低水路に集中し、低水路内を洗掘し、モード (1,1) が発達したためである。最終河床形状の各モードの構成比を見ると単列交互砂州発生領域内の単列交互砂州とほとんど変わらない。そのため、最終河床形状のみで単列交互砂州と自然低水路を区別するのは困難である。

4. おわりに

定常的に給水と給砂を与える条件において発生する交互砂州と自然低水路との関係を発生領域と発達過程に着目し、検討を行った。本研究で得られた結果をまとめると以下のようになる。

(1) 自然低水路は、複列砂州の発生領域で形成されやすい。(2) 自然低水路の発達過程において単列、複列砂州が形成されるが、それらの中規模河床形態は平衡状態に到達せず、浮州を形成する。(3) 単列交互砂州発生領域内の単列砂州形状と自然低水路の形状は類似しており、河床形状のみでそれらを区別するのは困難である。

参考文献

- 1) 岩城・江頭・竹林・森：関西支部年次学術講演会，1999.
- 2) Engelund, F. : Jour. of Hy. Div. ASCE, Vol. 100, No. HY11 1974.
- 3) 芦田・江頭・劉：水工学論文集第 35 巻, pp.383-390, 1991.
- 4) 藤田：京都大学博士論文，1980.
- 5) 村本・藤田：第 22 回水理講演会論文集, pp.275-282, 1978.
- 6) 黒木・石井・板倉：水工学論文集第 36 巻, pp.1-6, 1992.
- 7) 長谷川・山岡：第 26 回水理講演会論文集, pp.31-38, 1982.

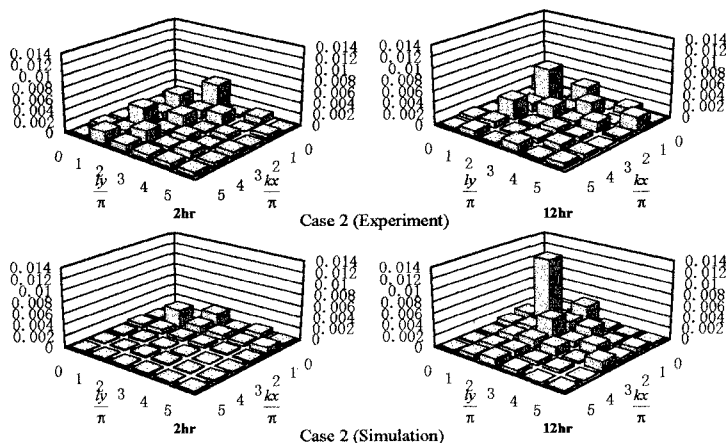


図 2 河床形状に含まれる各モードの振幅 (単位: m)