

II-176

自然低水路の形成領域と形成機構

立命館大学大学院 学生員 ○竹林 洋史

立命館大学理工学部 正員 江頭 進治

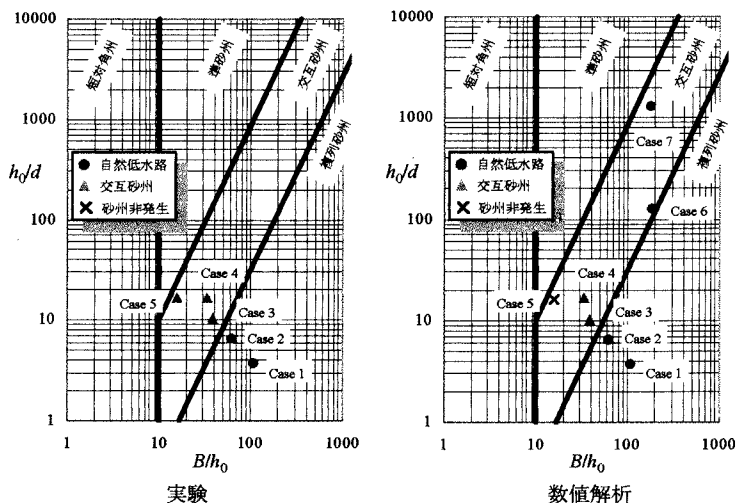
1. はじめに 平坦初期河床上に定常的に上流からの給水と給砂を行っても浮州が発生し、自然低水路が形成される条件が存在する¹⁾。本研究では、平坦初期河床上に定常的に上流からの給水と給砂を与える条件で形成される自然低水路の形成領域と形成機構を水路実験と数値解析により検討する。

2. 実験方法と数値解析法 実験方法と数値解析法の概略を以下に述べる。実験では、直径 1.1mm のほぼ一様砂を平坦に敷き詰め、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。流砂量式は芦田らの式³⁾を用いて、河床勾配が流砂ベクトルに与える影響を考慮した。また、水深が河床材料の平均粒径よりも小さくなると、浮州の発生と判定した。実験と数値解析に用いた水理条件を表 1 に示す。Case 1~3 については、実験と数値解析を行っており、Case 4~7 は数値解析のみを行っている。ここで、Case 4 と 5 は藤田⁴⁾による実験結果を用いている。村本・藤田⁵⁾によると、Case 1 と 2 は、複列砂州の発生領域であり、Case 3~7 は、交互砂州の発生領域である。Case 1~5 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、Case 6 と 7 は、無次元掃流力が大きい場の検討を行うためのものである。

3. 形成領域 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示したものが図 1 である。ここに、浮州が形成されていると自然低水路が形成されていると判定している。また、Case 1 と 2 において形成された自然低水路は、給水流量の 90% 以上が主流路を流れている。一方、交互砂州と判断した河床形態は、浮州が無く、さらに波高が平均粒径以上のものである。図 1 より、自然低水路は川幅・水深比の大きい領域で発生しやすいようである。ここで、自然低水路が形成された Case 1 と 2 では、実験、数値解析ともに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。形成された単列砂州は、平衡状態には到達せず、図 1

表 1 実験および数値解析に用いた水理条件

	単位幅流量	水路勾配	無次元掃流力	水路幅	川幅・水深比
Case 1	0.00108 m ² /s	1/50	0.047	0.4 m	107
Case 2	0.00190 m ² /s	1/100	0.041	0.4 m	62
Case 3	0.00353 m ² /s	1/141	0.046	0.4 m	38
Case 4	0.00545 m ² /s	1/200	0.052	0.55 m	33
Case 5	0.00600 m ² /s	1/200	0.051	0.25 m	15
Case 6	0.87500 m ² /s	1/70	1.13	1.0 m	180
Case 7	3.75000 m ² /s	1/70	11.5	10.0 m	177



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)

Key words 自然低水路、形成領域、形成機構、複列砂州、川幅・水深比

* 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1

TEL 077-561-2732 FAX 077-561-2667

ついは浮州を形成する。Case 6 と 7 に
おいても、波高の発達とともに複列が単
列に変化した後、浮州が形成されている。
Case 6 と 7 の条件は、図 1 では交互砂州
の発生領域であるが、通水初期に複列砂
州が形成されることから、複列砂州の発
生領域で自然低水路が形成されやすい
と考えられる。ここに、Case 6 と 7 の条
件は、黒木ら⁹⁾によれば、交互砂州の発
生領域に近い複列砂州の発生領域であ
る。

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到達し
ない。そこで、平衡状態に到達する複列
砂州の再現を試みるため、無次元掃流力
が大きい Case 6 と 7 の条件で数値解析を
行っている。黒木ら⁹⁾は、解析的に砂州
の波高を得ている。これによると、川

幅・水深比の大きい領域では、無次元掃流力が大きくなるにつれ平衡波高・水深比が小さくなる。そのため、
無次元掃流力が大きいと平衡状態に到達する複列砂州が得られ、自然低水路を形成しない可能性がある。し
かし、本稿の条件では、そのような複列砂州は再現できなかった。

4. 形成機構 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。Case 2 では、実験、数値解析ともに、2 時間の時点では浮州は形成されていない。そのときの河床形
態は、交互砂州であるが、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、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になっている。Case 4 の様に、交互砂州発生領
域内の交互砂州において、モード (0,2) の振幅はモード (1,1) に比して小さい。また、最初に浮州が形成さ
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に寄与していることが分かる。
黒木ら⁹⁾によれば、砂州は発生するが平衡波高が得られない条件がある。これは、モード (0,2) が時間的に
発散するためであり、本稿の結果を検討する手助けになりそうである。この点は、今後検討していく。浮州
が形成されている 12 時間の時点では、モード (1,1) の振幅が発達している。これは、約 6 時間経過後に浮州
が形成され始めており、それに伴い流れが 1 本の低水路に集中し、低水路内を洗掘したためである。Case 2
の 12 時間後の河床形状の各モードの構成比を見ると Case 4 の交互砂州と類似している。そのため、最終河床
形状のみで交互砂州と 1 本の低水路に流れが集中する自然低水路を区別するのは困難である。

5. おわりに 給水と給砂を定常的に与える条件において発生する自然低水路の形成領域を実験と数値解析
により検討を行うとともに、浮州の形成要因を考察した。本研究で得られた主要な結果は以下のようである。

(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) 蒲鉾型河床形状と呼ばれるモードの発達
が浮州の形成に寄与している。(3) 交互砂州発生領域内の交互砂州と 1 本の低水路に流れが集中する自然低
水路は、河床形状の各モードの構成比が類似している。

参考文献 1) 森・江頭・竹林・岩城：第 54 回年次学術講演会，1999。 2) Englund, 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。

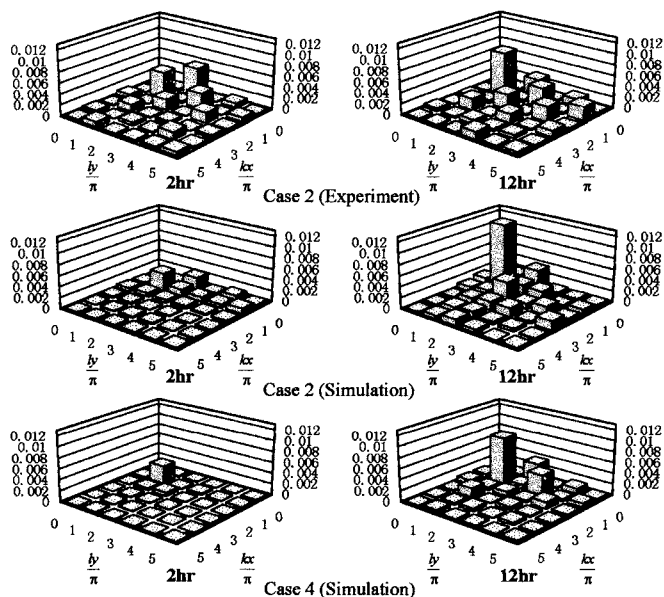


図 2 河床形状に含まれる各モードの振幅（単位：m）