

72 交互砂州の形状特性値に対する砂礫の分級現象の影響

立命館大学大学院 ○長谷川祐治
立命館大学理工学部 江頭 進治
徳島大学工学部 竹林 洋史

1. はじめに 従来、交互砂州の研究に関して多くの知見が得られているが、そのほとんどが河床材料を一様砂とした取り扱いである。ところで混合砂を用いて、一定の給水と給砂を行う実験によれば、交互砂州の形成領域であるにも関わらず、安定した交互砂州が得られないことが知られている。このような交互砂州の不安定性は、混合砂河床特有の現象であると考えられる。そこで、本研究では混合砂河床における不安定機構を水路実験および数値解析によって検討する。

2. 実験と数値解析の概要 実験条件と計算条件を表 1 に示す。計算条件は実験条件と同様であるが交換層厚が異なる。なお、これらの条件は全て村本・藤田¹⁾の砂州の形成領域区分図上では、交互砂州の領域である。実験は、水路幅 0.3m、水路長 14m の直線矩形水路に平均粒径 1.1mm、 $\sqrt{d_{85}/d_{15}} = 1.93$ の粒度分布幅を持つ混合砂を用い、上流から一定の給水と給砂を行った。通水中は交互砂州の消滅過程を見るため図 1 のように水路右岸方向からカメラで連続撮影を行う。停水後、河床位をポイントゲージで測定し、河床表層の河床材料を採取する。採取には砂州半波長を縦断方向に 10 分割、横断方向に 5 分割し、最大粒径程度の河床表層 6mm 分を採取する。

数値解析は、水路実験と同様の直線矩形水路を想定して、流れと河床形状の時間的変化を計算した。流れは二次元浅水流モデルを用い、流砂量式には局所的な河床勾配の影響を考慮した芦田・道上式を適用する²⁾。粒度分布の算定は、交換層の概念による平野³⁾の方法とほぼ同様の方法を用いる。

3. 実験および数値解析の結果と考察 図 2 は、水路実験(Case1)において、水路右岸方向から砂州の消滅過程をカメラにより連続撮影したものである。通水開始から 1058 秒までは砂州の波高が次第に発達するが、その後、時間とともに波高が減少し、1808 秒では砂州が完全に消滅していることがわかる。また、波高発達時には砂州前縁部が粗粒化しており、波高の消滅とともに砂州前縁部が細粒化していることが確認できる。

図 3 に、Run1 により得られた砂州の消滅過程を示す。水路実験と同様に、4500 秒まで交互砂州の波高は発達していたが、その後、時間とともに波高が減少し、5500 秒では砂州がほぼ消滅していることがわかる。砂礫の分級現象により、混合砂河床による交互砂州は、一様砂河床によるそれよりも、波高は低く、波長は長く、伝播速度は速くなることが明らかにされている⁴⁾。これは、砂礫の分級の発達程度により、交互砂州の形状特性値と伝播特性値が異なることを示す。

表 1 実験条件と計算条件

		τ_*	B/h	交換層厚
実験	Case1	0.085	22.3	
数値解析	Run1	0.085	22.3	最大粒径
	Run2	0.085	22.3	最大粒径×4
	Run3	0.085	22.3	最大粒径×1/4

τ_* : 無次元掃流力, B : 水路幅, h : 平均水深

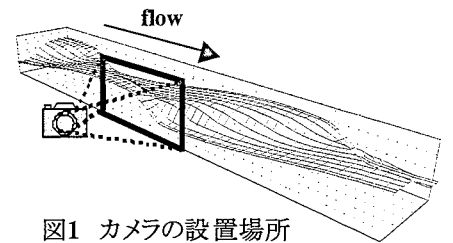


図1 カメラの設置場所

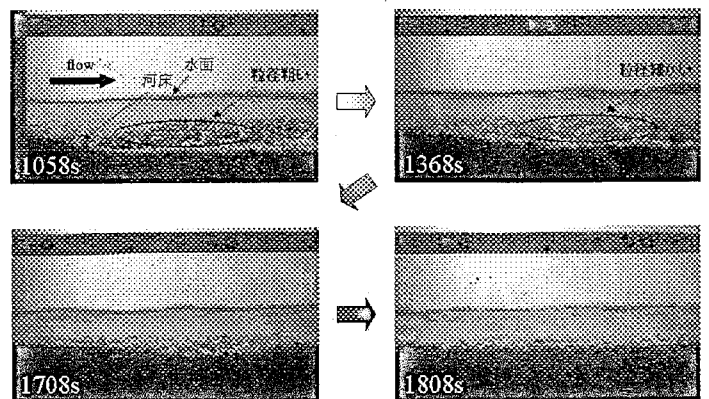


図 2 水路実験における砂州の消滅過程(Case1)

砂礫の分級の発達程度が河床形状にどのような影響を与えるかを検討する。図4にRun1で得られた波高の時間的変化と、河床材料の平均粒径の最大値と最小値との差 (A_{dm}) を示す。これによれば、砂州の形成と砂礫の分級の発達にタイムラグが生じていることがわかる。このようなタイムラグは、砂州を不安定にする要因と考えられる。つまり、タイムラグにより、波高の発達後に分級が発達するため、発達した波高は減衰する。波高が減衰すると、流れ場の空間的な変化が小さくなるので、分級も抑制される。図5に、交換層厚をそれぞれ最大粒径、最大粒径×4、最大粒径×1/4としたときの波高の時間的変化を示す。また、比較のため一様砂河床の波高の時間的変化も示す。交換層厚を最大粒径程度にしたRun1は、時間とともに波高が発達と減衰を繰り返し平衡波高が得られない。交換層厚を最大粒径の4倍程度にしたRun2は、砂礫の分級の発達が抑制されるとともに、非常に緩やかであるため、一様砂河床とほぼ同様の平衡値が得られている。一方、交換層厚を最大粒径の1/4倍程度にしたRun3は、砂州の発達とともに速やかに分級が進行するため平衡波高が得られると考えられる。

個々の砂州の特性値が異なることも砂州形状が不安定になる要因と考えられる。図6にRun1において4500秒後に得られた河床表層の平均粒径の平面分布図を示す。図中に示した白線は砂州前縁線を表す。これによると、砂州①と砂州②における砂礫の分級の発達程度が大きく異なることがわかる。これにより、隣り合った砂州で砂礫の分級の発達程度が異なれば、砂州ごとの波高や波長が異なる。さらに、伝播速度も異なり、砂州の合体、分裂といった現象が引き起こされる。

4. おわりに 混合砂河床における砂州平衡形状の不安定性の機構を水路実験および数値解析で検討した。その結果、混合砂河床における砂州平衡形状の不安定性は、砂礫の分級現象に強く依存し、砂礫の分級現象の発達と砂州の形成とにある程度のタイムラグが存在するときに発生する現象であると考えられる。また、砂州ごとにおける砂礫の分級の発達程度の違いは、交互砂州河床形状の不安定性に起因している。

参考文献 1)村本・藤田：第22回水理講演会論文集, pp.275-282,1978. 2)芦田・道上：土木学会論文報告集, 第206号, pp.59-69, 1972. 3)平野：土木学会論文集, 207号, pp.51-60, 1972. 4)長谷川・江頭・中川・竹林：第55回年次学術講演会講演概要集, CD-ROM版, 2000.

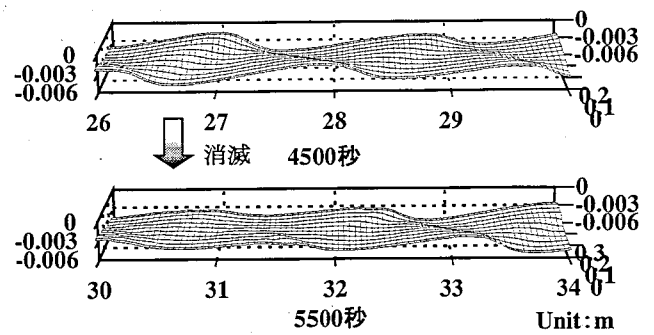


図3 数値解析で得られた砂州の消滅過程

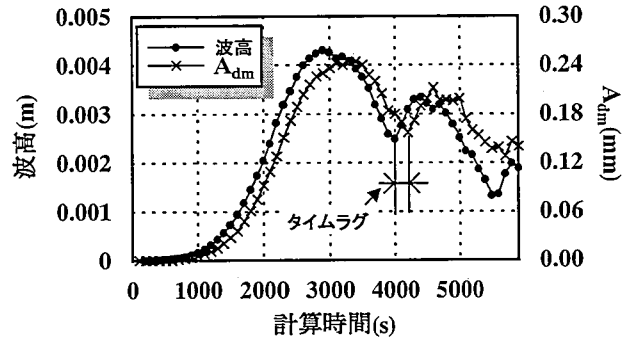


図4 波高、砂礫の分級の時間的変化

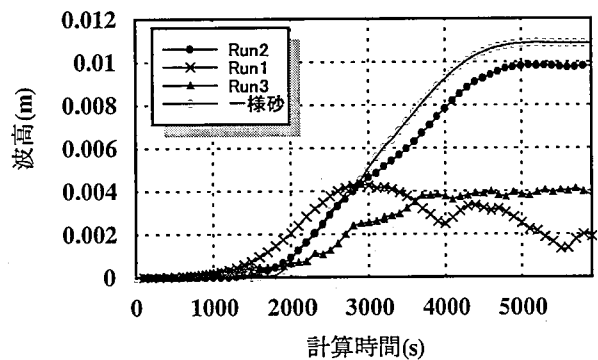


図5 波高の時間的変化

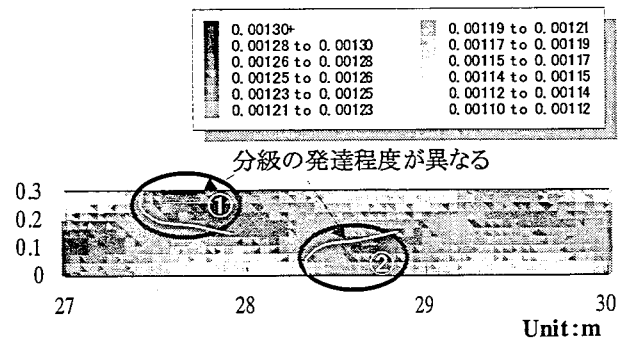


図6 河床表層の平均粒径の平面分布図