

立命館大学理工学部 学生員 ○桑島 信
立命館大学理工学部 正会員 江頭 進治
徳島大学工学部 正会員 竹林 洋史
立命館大学大学院 学生員 長谷川祐治

1. はじめに 混合砂を用いて直線矩形水路で交互砂州の形成を試みると、定常的に給水と給砂を行っているにもかかわらず、規則的な交互砂州が得られず、砂州の波高・波長・伝播速度が平衡値に到達しない条件が存在する。このような現象、実験方法に問題があるために発生する現象と一般に捉えるものである。しかし、一様砂を用いた水路実験では平衡状態の交互砂州が容易に得られることを考慮すると、このような砂州の平衡形状の不安定性は、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よる砂州平衡形状の不安定機構を水路実験および数値解析によって明らかにし、混合砂河床における砂州平衡形状の不安定性の機構を明らかにする。

2. 実験と数値解析の概要 実験は幅 0.3m、長さ 14m の可変勾配直線矩形水路を用いた。また、河床材料として平均粒径 1.1mm で $\sqrt{d_{84}/d_{16}} = 1.93$ の粒度分布幅を持つ混合砂を用い、厚さ 10cm で平坦に敷き詰めた。通水中は図 1 のように水路右岸側に設置したカメラによって、交互砂州の時間的変化を撮影した。通水停止の際には下流から堰上げし、勾配を下げてから静かに水を抜き、河床形状の変化を抑えるように配慮した。水路実験の条件は表 1 に示されるとおりである。

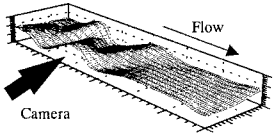


図 1 カメラの設置位置

数値解析では、流れの計算は二次元浅水流モデルを用い、河床近傍の流速の計算は Englund¹⁾と同様に流線の曲率より予測した。流砂量は局所的な河床勾配の影響を考慮した芦田・道上式²⁾を適用した。また、粒度分布の算定は、交換層の概念による平野³⁾の方法とはほぼ同様の方法を用いた。計算条件は実験に用いた条件と同様である。また、実験条件および計算条件は黒木・岸⁴⁾の砂州発生領域区分上では交互砂州発生領域上である。

表 1 実験条件と計算条件

	i_b	τ_*	B/h
Case	0.011	0.085	22.3

i_b : 河床勾配、 τ_* : 無次元掃流力、 B : 水路幅、 h : 平均水深

3. 結果と考察 図 2 に Case の条件でおこなった水路実験での砂州形状の変化を示す。通水を開始すると波高は次第に発達するが、やがて砂州の伸長と波高の減少が起こり、トラフが埋まってほぼ平坦になる。このときの砂州の平面写真を図 3 に示す。河床材料の粒径に着目すると、波高が発達している段階では前縁部に粗砂が多く残っているが、波高が低下したときには図 3 の楕円で示された部分ではっきりとした砂礫の分級は確認できない。

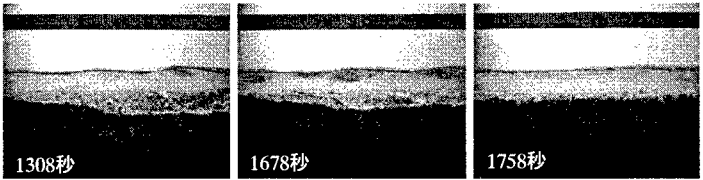


図 2 水路実験における砂州の消滅

図 4 は Case の数値解析における砂州の消滅過程を示したものである。交互砂州が下流に進行するにつれて、発達していた波高はしだいに減少している。しばらくして砂州の波高は再び発達するが、それに伴い下流側にある砂州の波高が低下する。

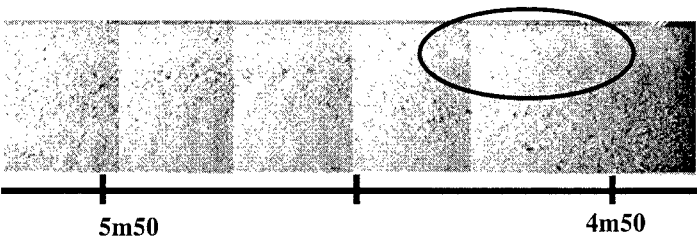


図 3 消滅した砂州の平面形状

従来までの研究⁵⁾から、混合砂河床による

砂州の形状・伝播特性は、砂礫の分級現象により、一様砂河床によるそれらと異なった値を示すことが明らかにされている。また、一様砂河床において砂州の伝播速度は水路全体でほぼ等しくなるが、混合砂河床の砂州の伝播速度は砂州により若干の違いを示す。これは砂州によって砂礫の分級の発達の程度が異なるためである。隣り合った砂州で伝播速度が異なれば、砂州の合体や分裂といった現象が引き起こされる。つまり、先に述べたような砂州の伸長や波高の減少、砂州の消滅などの不安定性は、砂礫の分級に関連する現象であると考えられる。

砂礫の分級の発達の程度が河床形状にどのような影響を与えるかを数値解析によって検討する。図5はCaseの条件で砂州の交換層厚をそれぞれ最大粒径程度、最大粒径の4倍程度、最大粒径の1/4倍程度としたときの5000秒後の河床形状を示したものである。交換層厚を厚くすると砂礫の分級の発達が抑制されるため一様砂と同様の結果が得られる。一方、交換層厚を薄くすることで砂礫の分級を促進し、砂礫の分級の発達の時間スケールを短くすることができる。図5から明らかのように、交換層厚が最大粒径の4倍程度では砂州は一様砂河床と同じように安定している。一方、交換層厚が最大粒径程度であるとき、河床は不安定な形状を示している。さらに交換層厚を狭め最大粒径の1/4倍程度にすると、砂州は再び安定した状態となる。図6に交換層厚を変化させたときの、それぞれの波高の時間的変化を示す。図6からも、交換層厚が最大粒径程度のときに波高が時間的に大きく変化を示しており、不安定な状態であることがわかる。ただし、波高の発達する時間スケールには大きな違いはない。以上のことから、交互砂州の河床形状の不安定化は、砂礫の分級が発達する時間スケールが波高の発達する時間スケールに比して特定の領域にあるときに起こる現象であり、そのような条件よりも砂礫の分級の速やかに発達する条件や緩やかに発達する条件では河床形状はほぼ安定した状態になることがわかる。

4. おわりに 混合砂河床における交互砂州の平衡形状の不安定性の機構を実験および数値解析で検討した。その結果、波高が低下するとき砂礫の分級が不明瞭になることを確認した。また、砂州平衡形状の不安定化は、砂礫の分級現象の影響を強く受けており、砂礫の分級の時間スケールと砂州の発達の時間スケールが特定の領域にあるときに起こる現象であることが明らかにされた。

参考文献 1) Engelund, F.: Jour. of Hy. Div. ASCE, Vol.100, No.HY11 1974. 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, 第207号, pp.51-60, 1972. 4) 黒木・岸:土木学会論文報告集, 第342号, pp.87-91, 1984. 5) 長谷川・江頭・中川・竹林:第55回年次学術講演会講演概要集

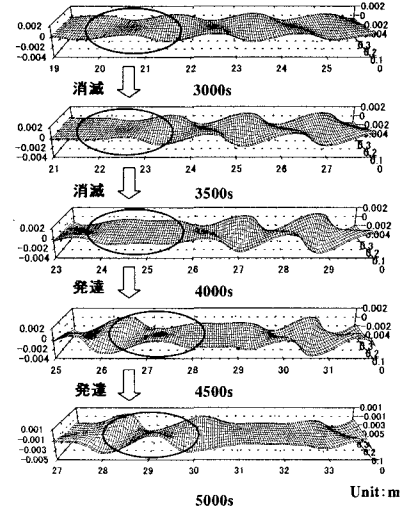


図4 数値解析における砂州の消滅

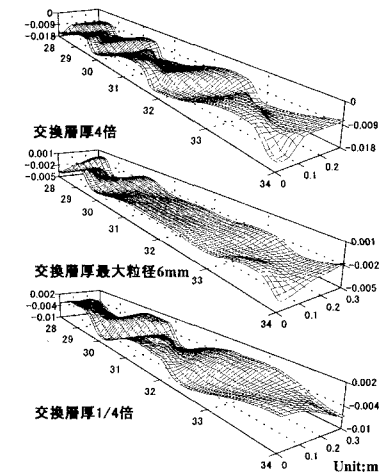


図5 交換層厚が異なるときの河床形状

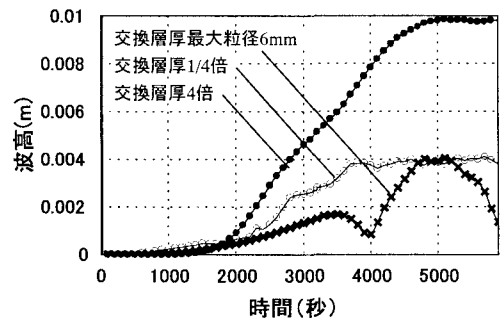


図6 波高の時間的変化