

北海道開発局 正会員 中村 徹立
 東京工業大学工学部 正会員 福岡 捷二
 東京工業大学大学院 学生員 安陪 知雄

1. はじめに 著者らは、不連続波面・側岸の存在および河床の凹凸(不安定な小規模三次元河床波)が交互砂州の発生・伝播の有力な要因であることを示した¹⁾。本研究は交互砂州の発生と伝播の機構についてさらに詳細に検討し、さきの結果を確認しようとするものである。

2. 河床の凹凸による不連続波面の形成と伝播

ここでは交互砂州の発生に現れる不連続波面について調べる。水底の凹凸が比較的大きいところを小さい水深で水が流れるときには常流・射流を問わず、凹凸の影響が容易に水面に現われ水面波を形成する。この水面波は定常で有限な波高をもつ明確な波面を形成する。これを不連続波面と呼ぶ。写真1~4は常流と射流で直径約2cm, 高さ約5mmの突起物を水底に置くことによりみられる不連続波面を示す。不連続



$Fr=0.5$
 $h=1.6cm$

写真1



$Fr=0.8$
 $h=1.2cm$

写真2



$Fr=1.1$
 $h=0.9cm$

写真3



$Fr=1.4$
 $h=0.8cm$

写真4



$Fr=0.8$
 $h=1.2cm$

写真5

波面の発生する原因は次のように考えられる。突起物は周囲の流体に力を及ぼすため水圧が変化し水面形状を変化させる。水面形状の変化はそこに障害物が存在する場合と同様の作用を周囲の流体に対して及ぼすため、突起物上の水面から波が発生し、それが定常的な不連続波面を形成する。写真5は常流中に複数の突起物があるとき、それぞれから発生した不連続波面が影響し合い強い不連続波面となって伝播することを示す。

3. 河床の凹凸, 側岸および不連続波面の相互作用により発生・伝播する交互砂州

幅20cmの水路で円柱を上面が河床面と一致するように埋め込み、河床を平坦に整形後小さな水深($h=1.1cm$)で水を流す。流量が一定となった後、円柱を静かに取り除く。流れによってくぼみが発生し、その上の不連続波面との相互作用で交互砂州が発生する過程を観察した。図1-aのようにくぼみを水路側壁に接してつくった場合、くぼみの上流側斜面より正の衝撃波が現われ水深が増大するため砂州はくぼみの上流側に堆積する。このため、くぼみの下流側斜面へは砂の供給が少なくなり、下流側は荒掘し始めくぼみは流下する(図1-b)。くぼみが流下するにつれて堆積した砂は水路中央部に伸びていく。この堆積砂のため、不連続波面は次第に強まる(図1-c)。水深の浅い流れではこの不連続波面を境に上下流の掃流力が変化し不連続波面の下流側で流砂が堆積するようになる。くぼみの変形と砂の堆積により複数の不連続波面が重畳して一本の強い不連続波面を形成するには比較的に長い時間を要する。従って交互砂州が対岸まで達する時間は不連続波面が現われる

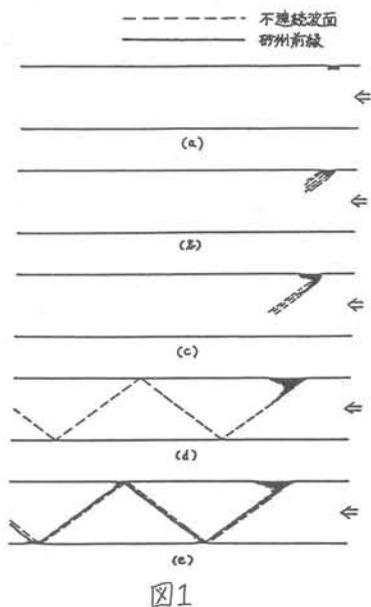


図1

時間と同程度の時間となる。しかし一度交互砂州が発生すると強い不連続波面は対岸で反射しながら直ちに下流に伝わり、ほぼ同時に交互砂州も伝播する(図1-e)。

4. 砂州形態の決定機構 交互砂州の発生原因となる河床の凹凸(不安定な小規模河床波を含む)は河床面上に不規則な配列状態で存在する。このような凹凸がどのような影響を及ぼし、交互砂州を発生させるかを調べるため二種類の実験を行った。

まず、図2-aに示すように水路片岸に3で述べたと同様の方法で二個のくぼみを流下方向に並べてつくる。両方のくぼみから不連続波面が発生し、二組の直線状砂州前縁が出現する(図2-b)。上流側の直線状砂州前縁で流砂は堆積する。二組の直線状砂州前縁は近接しているため下流側の直線状砂州前縁には流砂が少なくなる。このため下流側直線状砂州前縁の発達および流下速度は遅くなる(図2-c)。下流側の直線状砂州は、発達しながら流下する上流側の直線状砂州に合体吸収される(図2-e)。このため始めは無関係な二組の砂州前縁があったにもかかわらず最終的には単一の交互砂州が存在することになる。写真6のa-eは二個の交互砂州が一個に変化してゆく過程を示す。

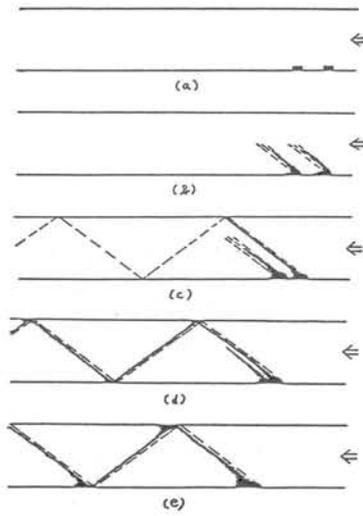
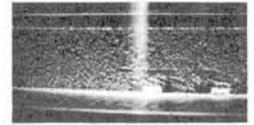
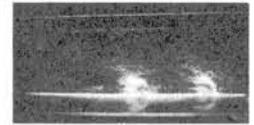


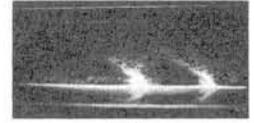
図2



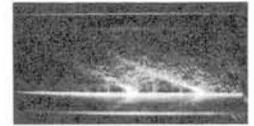
(a)



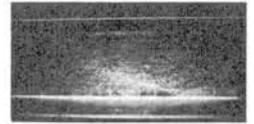
(b)



(c)



(d)



(e)

写真6

次に、同じ幅をもつ水路の両岸にくぼみを並べて二箇所つづつした場合、図3-aに示すように二条の強い不連続波面が発生する。その結果二列砂州が発生する。この二列砂州が発生するまでの過程を図3-bに示す。単列砂州に比べて二列砂州前縁部の流下方向の間隔は狭く、上流側の砂州前縁で流砂が堆積するために下流側砂州前縁部で供給される流砂量は少ない。このため側岸のくぼみが埋めもどされない間は二列砂州が存在しているが、くぼみが埋まり不連続波面が弱まるとやがて二列砂州も消滅する。その後河床形状はほぼ平坦となり新たに基模の小さい不安定な三次元河床波が発生する。これらの不安定河床波よりさきの研究で明らかにしたように強い不連続波面が形成され交互砂州の発生をみる。このように、本実験条件では二列砂州は安定して存在し得ず、最終的には単列砂州のみが存在する。水路幅と水深の比が大きくなりかつ砂州の出現する条件を満たす流れであれば複列砂州が安定して現れることになる。²⁾

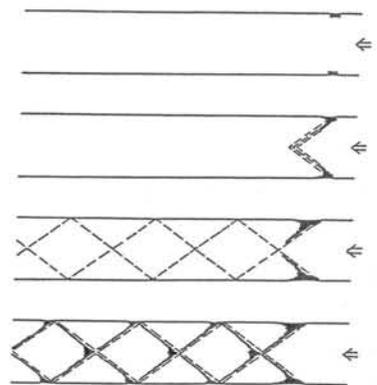


図3

5. おわりに 交互砂州の発生するような浅い水深の流れでは常流・射流にかかわらず河床の凹凸の影響が容易に水面に現われ不連続波面を形成することを示した。つぎに、不連続波面・側岸の存在・河床の凹凸(不安定な小規模三次元河床波を含む)の相互作用により交互砂州が発生・伝播することおよび砂州形態がどのように決まるのかを明らかにした。

<参考文献>

- 1)福岡ら：第26回水理講演会論文集，1982， 2)木下：科学技術庁資源局資料第36号，1961