

水資源開発公団

東京工業大学

埼玉大学

東京工業大学大学院

東京工業大学大学院

正会員 宮内 茂行

正会員 福岡 捷二

正会員 山坂 昌成

学生員 清水 義彦

学生員 金 舜範

1. まえかき 側岸固定の一樣湾曲水路において、水深-川幅比を大きく変化させた交互砂州の実験を行い、交互砂州の形状とその上の流れに及ぼす流路の平面曲がり、川幅の影響を評価することを目的としている。

2. 実験 中心曲率半径 4.5 m, 水路幅 1 m, 湾曲角 306°, 水路長 24 m の循環式湾曲開水路内に隔壁を設け、水路幅を 20, 40, 60, 80, 100 cm と変えることにより、水深-川幅比、川幅-曲率半径比を変化させ実験を行った。用いた河床材料は平均粒径 0.67 mm のほぼ一樣粒径砂で給砂は行っていない。

3. 湾曲流路内で観察される砂州の形態

湾曲流路では流れの遠心力の大きさの程度により、直線水路のように砂州は、規則正しい配列をとるとは限らず、いろいろな形態をとる。一樣湾曲水路内で観察された砂州の形態を 5 つのパターンに分類する。なお平面形状が規則正しい配列をとる場合、左右岸交互に深掘れをもち、その深掘れが水流の蛇行を規定しているときには、この河床形態を交互砂州と判断する。

1) 明瞭な単列砂州: $0.2 < BI/\lambda < 6$ の範囲で生じ、内岸と外岸に交互に深掘れと明瞭な前縁を持つ。流路の曲がりのため、砂州形状は非対称となる。(図-1, (1))

2) 外岸砂州上に河床波を伴う単列砂州: 交互に深掘れを持つことから大局的にみると交互砂州であるが、外岸砂州上に砂州波高より小さい波高の砂運が共存している。通水初期にはこの砂運が水路全体にわたって発生しているが、次第に外岸砂州上のみとなる。(図-1, (2))

3) 前縁不明瞭な単列砂州: 交互に深掘れを持つが、明瞭な砂州前縁はもたない。外岸側流速が大きいために外岸沿いに反砂堆が形成される。反砂堆の波高が砂州前縁の段差より大きいために、外岸側の砂州の前縁は不明瞭となる。これに対し内岸側には河床波は形成されず、内岸砂州前縁は明瞭である。(図-1, (3))

4) 2列砂州: BI/λ が大きいほうでは複列砂州が形成される。直線流路におけるほど規則正しい配列はとらず、外岸側に長く伸びた形状をとる。この2列砂州は必ずしも安定なものばかりではなく、単列砂州に移行したり、複雑な形状をとることが多い。(図-1, (4))

5) 内岸の砂州: BI/λ が小さいほうでは内岸砂州のみが形成され、外岸砂州の形成はみられない。これは河床付近の二次流により外岸から内岸へ向かう流れが強められることに起因する。(図-1, (5))

4. 単列砂州の前縁長及び波長

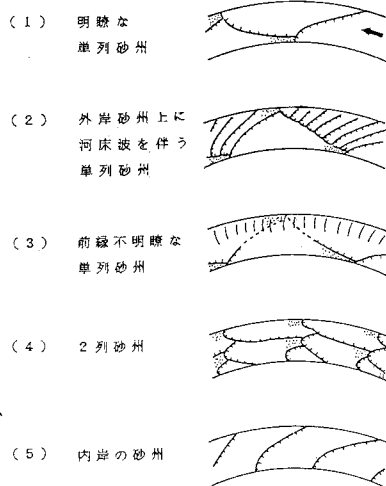


図-1 一樣湾曲流路で形成される砂州の形態

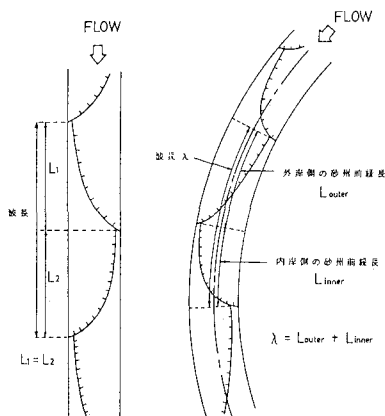


図-2 波長及び前縁長の定義

ここでは一様湾曲水路における明瞭な単列砂州の形状に及ぼす川幅-曲率半径比、水深-川幅比の影響をみとめる。湾曲流路の単列砂州の平面形状を定量化するために、波長と前縁長を図-2のように定義した。²⁾水路の平面曲がり起因する流れの偏流のため、内岸砂州と外岸砂州の前縁長は一致せず、外岸砂州の前縁長の方が長くなる。図-3は単列砂州の平面形状の非対称性を示す。縦軸に外岸砂州前縁長と内岸砂州前縁長の比、横軸に水路幅と水路の曲率半径の比をとっている。図より一様曲率半径を持つ湾曲流路の単列砂州では、外岸砂州の前縁長は内岸砂州の前縁長に比べ、その比 L_{outer}/L_{inner} は、 B/R_c が増すほど大きくなる。水路幅が20cm程度での単列砂州が発生する流れの条件では、遠心力の効果は小さくなり平面形状の対称性は維持される。

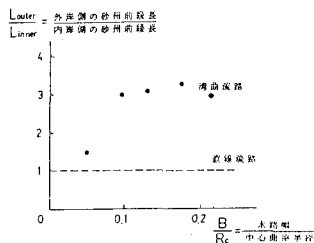


図-3 前縁長に及ぼす曲がりの効果

次に波長について検討する。水路全長にわたって規則的な配列をなす直線流路の単列砂州では、交互の砂州の前縁長は一致し、砂州波長も一致する。図-4は、一様湾曲流路における砂州波長と水路幅の関係を示したものである。これより、一様湾曲流路においても砂州波長は水路幅の約9倍の大きさをもち、直線流路における砂州波長と川幅の関係と類似である。直線流路において単列砂州が形成されると水流は蛇行するようになる。水流の挙動は側壁によって拘束されているため、流路幅が一定であれば、砂州上の水流の蛇行モードは、水路幅によって規定され、一定となる。その結果、砂州波長は水路幅によって規定される。同様に、湾曲流路においても波長を規定するのは水路幅である。このため、一様湾曲流路であれば、砂州波長は水路全長にわたって一定となる。前述のとおり、湾曲流路における単列砂州の前縁長は水路幅と曲率半径の比に依存し、強い非対称性を示すが、それらの和である波長は水路幅のみにより決定される特徴をもつ。

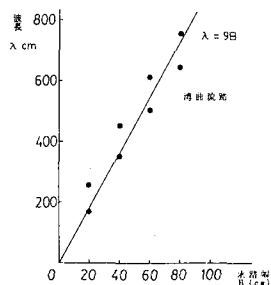


図-4 波長と水路幅の関係

5. 単列砂州の波形勾配及び深掘れ位置

単列砂州の最大波高を、外岸の深掘れの最深点を含む横断河床面の高低差で定義する。池田の次元解析的検討によると直線流路では最大波高と波長の比である波形勾配は、川幅-水深比によらずほぼ一定の値をとる。このことは、波長は水路幅に比例しているので砂州の平面形状及び縦横断面形状は大局的に相似であることを示す。図-5は一様湾曲流路における波形勾配と川幅-水深比の関係を示す。これより湾曲流路においても波形勾配は、川幅-水深比によらずほぼ一定であり、直線流路と同様のことがいえる。これは流路が一様湾曲で、曲率半径がほぼ一定であることによる。しかし、波形勾配の大きさは湾曲流路の方が約2倍程度大きくなっている。これは湾曲流路においては、流れの集中による外岸の洗掘とその洗掘砂の河道中央への堆積が大きいためである。図-6は外岸砂州先端から深掘れの最深点までの距離を波長入で無次元化して示したものである。直線流路では最深点は波長の約2割程度下流に位置するが³⁾湾曲流路では外岸砂州先端に極めて近く波長の約0.5割程度下流に位置する。これは湾曲流路では外岸に沿う流れが強く外岸砂州先端でも流れは分散せず、外岸砂州先端の直下流で河床を洗掘し始めるためと、内岸から外岸の深掘れへ向かう流れの集中があるためであり、最深点の位置は両者がほぼ一致するところに現われる。

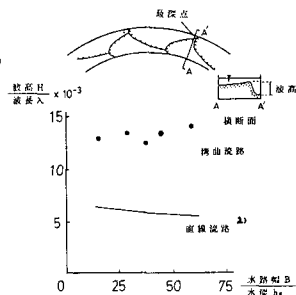


図-5 波形勾配と水路幅/水深の関係

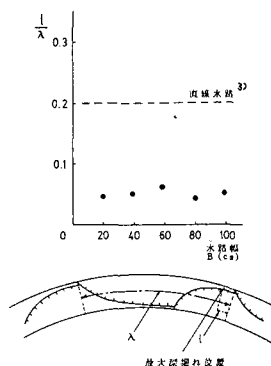


図-6 最大深掘れ位置

参考文献: 1)福岡・山坂ら: 第28回水講, 1984 2)池田: 第27回水講, 1983

3)福岡・内島ら: 第27回水講, 1983