

三重県庁 正会員 永納栄一  
 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 山坂昌成  
 東京工業大学大学院 学生員 竹内 聡

1. まえがき 直線水路や蛇行水路の交互砂州については、従来から多くの研究がなされ、発生、発達、形状特性、移動特性が次第に明らかにされてきた。<sup>1), 2), 3), 4)</sup> 本研究では直線水路と蛇行水路の中間的存在として、一様な曲率を持つ湾曲水路の交互砂州に着目し、交互砂州上の水流の変化、砂粒子の移動、交互砂州前縁部の深堀れ、波長、波速などを測定し、検討を行った。

2. 実験 図-1に示す様な、中心曲率半径450cm、水路幅100cm、湾曲角306°を持つ長方形断面の循環式開水路で実験を行った。用いた砂は、山形砂砂4号(平均粒径0.65mm)で、これを初期勾配が1/200になる様に敷きつめた。流量は5.5(l/sec)、平均水深は2cm程度である。なお、給砂は行っていない。

3. 交互砂州の発生 通水初期には、河床の砂はほぼ側岸に平行に動き、ヤガて水路を横断して微小な段差を形成する(図-2(a))。段差直下では水深が増大するために流れの輸送力が減じ、砂粒子は段差前縁に堆積する。この時、河床を移動する砂粒子は流路全体にほぼ等しい速度を有するので、段差もほぼ一定速度で流下する。このため、図-2(b)に示す様に湾曲部の内岸と外岸の流下距離の差によって、段差の内岸側が外岸側より先に進み、斜めの段差へと移行する。段差が斜めになると、主流は段差を横切って外岸へ向かう様になり、外岸の流量が増加する。この結果、図-2(c)の様に外岸側①の部分では河床が洗掘される様になる。①の部分から運び出された砂は、内岸方向に円弧を描く様に移動し、内岸に張り出す様に堆積する。こうして交互砂州が発生する。

4. 交互砂州の発達 内岸から発した砂によって構成される砂州を内岸砂州、外岸からの砂州を外岸砂州と呼ぶことにする。

湾曲流路では流れの遠心力のために、内岸砂州上では、砂州前縁を横切り外岸へと向かう流れが大きくなる。反対に、外岸砂州上の水流は、外壁に沿いながら外岸砂州先端に向かう(図-3(a))。この様な偏流は、砂州波高の増大とともに顕著になり、内岸砂州上では砂粒子は前縁に停止せず、下流に流れ去る状態が起こる。このため、内岸砂州の前縁は、砂州先端を残して消え去る(図-3(b))。また、内岸から外岸へ向かう流砂量が増大するために、外岸砂州先端の前進速度は大きくなり、波長が長くなる。外岸砂州波長が長くなるにつれて、外岸砂州前縁を横切る流れが強まるため、内岸上流より外岸向きに輸送されていた砂が、内岸付近で停止

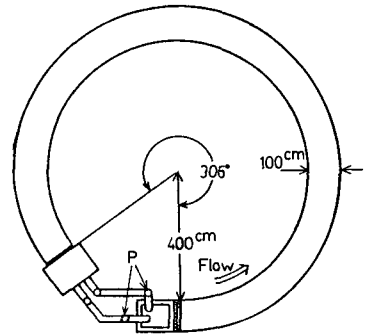


図-1 実験水路

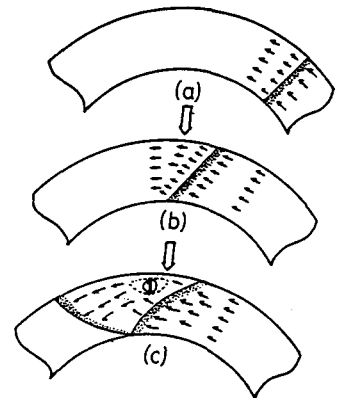


図-2 交互砂州の発生

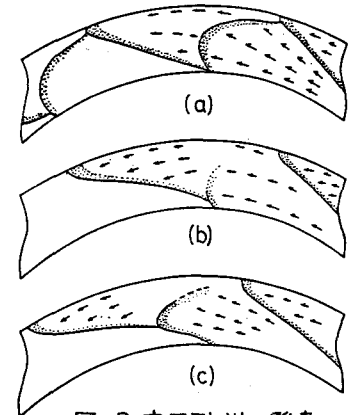


図-3 交互砂州の発達

し、新たな内岸砂州前縁を形成する(図-3(c))。この様に、湾曲流路の交互砂州は、自らも変形しつつ移動する外岸砂州の影響を受けて、内岸砂州の変形、消滅(前縁が不明瞭になる)、発生を繰り返しながら移動する。外岸砂州の波長が著しく長くなり、外岸砂州上に波高の小さな内岸砂州が重なり合った河床形状になると、局所的な流れの偏りが生じるため、通水初期に比較的規則的であった交互砂州は複雑な形状を呈する様になる。しかし、大局的には、先に述べた交互砂州の変形過程をとる。

5. 砂州変形に伴う流れの変化 通水初期には、河床は平坦であり、表面流速は横断方向にほぼ一様である。しかし、内岸砂州の発生(図-2(b))をきっかけとして水流は外岸側に偏る。外岸砂州の発生(図-2(c))により、流れが蛇行する様になっても、遠心力の影響で、水流は外岸に偏り、壁に沿う大きな流れがある。外岸砂州上では、その河床形状のため分流して内岸へ向かう流れも生じる。この流れは、内岸砂州形状の効果で、内壁まで至ることなく徐々に外岸砂州前縁に沿うように向きを変え、外岸の深堀れ付近で外壁に沿う流れと合流する。内岸砂州が断面中央に張り出し、州に近い状態になると、内岸砂州上では分流が明確になる。分流の境界線は砂州の最急勾配線であり、この境界線沿いに standing waves が発生することが多い。内岸深堀れ部のやや下流では、内壁に沿う流れと、内岸砂州前縁を内岸方向に横切る流れの合流、内岸沿いの流れと、内岸砂州に向かう流れとの分流が見られる。しかし、内岸での分合流は大きなものではない。交互砂州が発達すると、外岸砂州と内岸砂州の大きさや形状の違いによって、流れの方向や大きさは種々に変化するが、大局的に見て水路全体の流れは、図-4に示す様に外岸砂州上で分合流を繰り返す様になる。

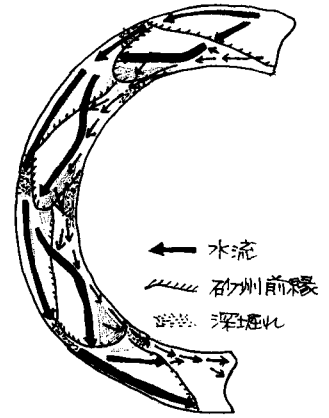


図-4 水流の蛇行の概念図

6. 交互砂州の波長と前進速度 砂州波長と前進速度の関係を図-5に示す。外岸砂州については、波長が長くなるに従って前進速度が小さくなるという直線水路における関係<sup>2)</sup>に一致するが、内岸砂州については、このような関係が認めにくい。直線水路では、兩岸の砂州が同程度に流れを偏らせ、ほぼ同程度の影響を及ぼしあい、発達、前進する。しかし、湾曲流路では外岸砂州の波長が長くなると、図-3(c)に示す様に内岸砂州が外岸砂州に重なる位置となり、外岸砂州による偏流が内岸砂州に大きく影響する様になる。一方、内岸砂州は外岸砂州にほとんど影響を与えず、外岸砂州上の砂移動は直線水路の場合に近いものとなる。このため、外岸砂州は直線水路の砂州とよく似た特性を持つのにに対し、内岸砂州は著しい変形を繰り返すので、その特性を持つことができない。図-6は、波長の時間変化を示している。外岸砂州の波長は増加しているが、内岸砂州は、同じ波長を保つが、減少している。これに対しても、図-5と同じ考察ができる。

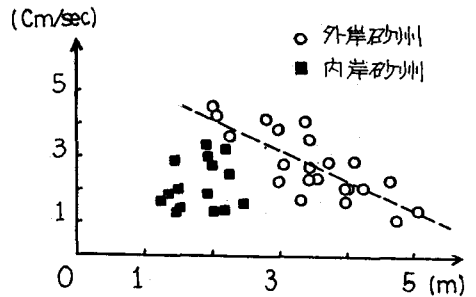


図-5 交互砂州の前進速度と波長の関係

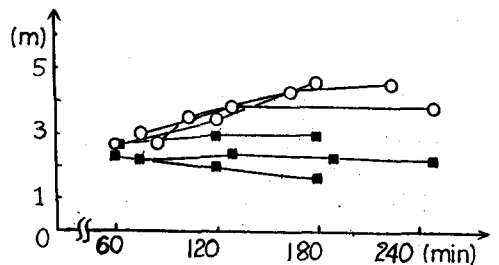


図-6 交互砂州の波長の時間変化

<参考文献>

- 1). 福岡, 中村, 安倍: 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
- 3). 鮫川: 土木学会論文報告集 207号, 1972
- 4). 池田: 筑波大学水理実験センター報告, 1977