

II-214 複列砂州河床の形成過程に関する考察

京都大学防災研究所 ○ 正員 藤田裕一郎
 (株)東京電力 正員 赤松 英樹
 京都大学防災研究所 正員 村本 嘉雄

1. はしがき: 扇状地を流れているような幅の広い河川では、主流路が網状を呈するとともに、出水の度にそれらの位置が大きく変化して、河床や河岸の思わぬ箇所を洗掘して河道の安全を脅かしている。本文では、このような河道維持の困難な網状河川の水利特性を把握し、流路の変動特性を予測するためにこれまで行ってきた基礎的な実験¹⁻⁴⁾の知見に基いて、複列砂州河床の形成過程について考察する。

2. 実験と結果の概要: 実験は、右表に示したように、表 実験の設定条件

Run No.	B(cm)	d(mm)	Q(l/s)	I
A-1-11	50.2	0.99;uniform	0.3-2.5	1/50,1/25
B-1-3	301	0.88;graded	9.9-30.8	1/200
C-1-10	180	1.05;uniform	3.5-10.0	1/100,1/50,1/33

を用いて行った。実験の方法や結果の詳細は文献1-4)に譲るが、いずれの実験も幅水深比を大きくして行っている。

実験A及びC、とくにCでは、初期過程でモード8以上の極めて高次の複列砂州が明確に形成され、それが時間の経過とともにいずれもかなり発達した低次のものに切替っていった。このような同一の水利条件下における種々のモードの砂州の発達は、それらの形成条件の重複を示唆している。一方、実験Bでは、通水直後に多列の螺旋流が発生したが、実験Cでのような高モードの砂州は認め難く、初めからモード2又は3の砂州が上流から形成されていった⁵⁾。これらの砂州形成の各段階における平均河床横断形状には、モード次数に一致した蒲鋒型のピークがあって、各砂州毎に交互砂州の場合と同様の土砂移動状況のあったことを示している。また、Run B-2の明確に形成された砂州について、それに対応した幅 B_0 に着目して個々の形状特性を調べた結果では、波長、波高とも交互砂州の場合と同様の特性を示し、かつ、交互砂州の波高の予測式⁶⁾とも良く一致することが確認された²⁾。以上より、高モードの複列砂州の場合でも、その形成単位の砂州に着目すれば交互砂州の場合に準じて、それらの形成条件を予測できる可能性が高いと期待される。なお、実験Aでは、正確な水利条件を測定するために全てのRunについて同一条件で実験を繰り返したが、形成された河床形態にはほとんど差異が認められず、実験の再現性の高いことが検証できた。

3. 複列砂州の形成条件に関する考察: 交互砂州の形成条件は、掃流力・限界掃流力比 τ/τ_c が1~12程度の範囲にあることを前提として、唯一のパラメータ、 $h/d/(B/d)^{2/3}$ 、によって表される。いま、モード次数を m として B を $B_0 = B/m$ で置き換え、かつ、モード次数と水路幅が正の相関となるように従来のパラメータの逆数を用いると、モード m の砂州の形成条件は下記ようになる。

$$2.2m^{2/3} < (B/d)^{2/3} / (h/d) < 6.7m^{2/3} \quad (1)$$

ここに、 h は平均水深、 B は水路幅である。(1)式による各モードの砂州の形成領域は図-1上図のようであって、同一の水利条件でも形成される砂州のモード範囲は広い。 m との関係を示した同下図からある水利条件下で形成される可能性のあるモードの範囲が判る。同図の破線は実験Cの各Runの初期に観察されたほぼ最高次と思われるモードの範囲を示している。実際に目視され始める砂州のモードは(3)式で予測されるものよりも若干低いようである。一方、実験の最終時点のモードは、砂州が完全に水没している場合は下限線よりも上にあつて、(1)式の条件に対応していた。しかし、砂州が発達して浮州となり、かつその上面が幾条かの細

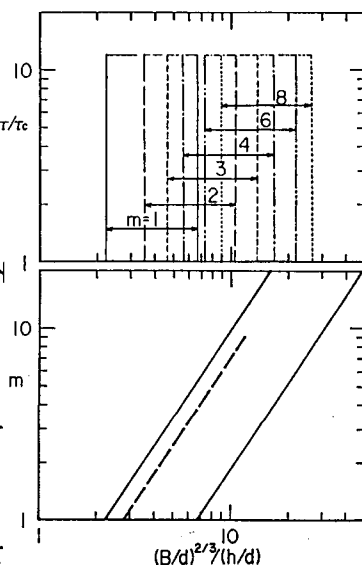


図-1 複列砂州の形成条件

い流路で分割されて、明らかに網状流路の状態と判断される場合には、通常下限線を下回っていた。

4. 複列砂州の変化過程に関する考察： 上述のような複列砂州の、高次モードから低次モードへの変化の理由としては、第一に砂州の発達時間の相違が挙げられる。個々の砂州の波長を近似的に $l_B = 5B_B$ とし、同一水理条件における次数 m の複列砂州の発達時間 T_m 、及び平衡波高 Z_B を前節と同様に評価すれば下記のようなになる。ただし、 u_{*0}' は砂粒の無次元移動速度である。

$$T_m = [0.6 \cdot 5 \cdot 0.0051 B^2 / \{(1 - u_{*0}') q_B\}] \{(B/d)^{2/3} / (h/d)\} \cdot m^{-8/3} \quad (2)$$

$$Z_B = \{0.0051 / (1 - u_{*0}')\} \cdot B \cdot \{(B/d)^{2/3} / (h/d)\} \cdot m^{-5/3} \quad (3)$$

これより、発達時間は m の $-8/3$ 乗に、波高は m の $-5/3$ 乗に比例しているため、高モードの砂州ほど非常に早く形成されることが予想され、実験の観察結果と一致する。既述のように、この先に発達する高モードの砂州は、いずれのモードでも非常に明確になるが、より遅れて現れる低モードの砂州の発達にほとんど影響してない。即ち、砂州上面で砂粒が移動可能であれば、モードの減少した砂州も極めて規則的に発達していき、逆に、それらの出現によってそれまで卓越していた高モードの砂州は消滅してせいぜい痕跡をとどめる程度になる。以上のように、より低次の規模の大きい砂州形態の方が流路床に対する支配力が強いと判断される。しかし、モード1まで減少する場合は、従来からの交互砂州の形成条件が満足されていた場合を除くと稀であって、ある段階で砂州の低モード化あるいは大規模化は打ち切られる。つぎに、この点を砂州の発達に伴う滞筋への流量集中に着目して単純に考察する。

砂州の発達によっても流水断面積には大きな変化は無いので、発達後の流量が集中しきった位置での横断面形状を図-2のように単純化し、砂州上の平均掃流力が限界掃流力に等しくなった時点で砂州を発達させるような土砂の移動が無くなると考える。この位置での滞筋の幅を B_T とすると流水断面積あるいは河床の連続関係、 $Z_B \cdot B_T = B_B (h - h_c) = B_B \cdot h (1 - h_c/h)$ から砂州の発達

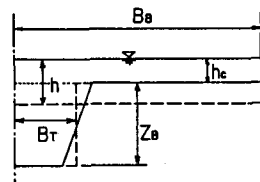


図-2 模式横断面図

が流量集中によって停止するときの相対波高は、
 $Z_B/h = (B_B/B_T)(1 - \tau_c/\tau) \quad (4)$
 となる。砂州の平面形状から、 B_B/B_T の値は4~5、 τ_c/τ の値は1/4程度であるので、相対波高 Z_B/h が3~4になるまではそのモードの砂州の発達は続く。複列砂州の場合この基準が最終状態のモードの判定条件になると考えられる。2つの B/h について、 $u_{*0}' = 0.4$ として各モードの(3)式による予測値とこの基準とを比較すれば図-4のようなになる。 B/h の値が100に近付くと、モード1では従来交互砂州の形成条件を満たすと考えられていた場合

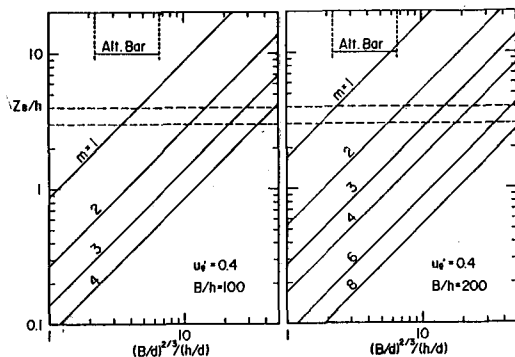


図-3 各モードの砂州の波高の予測値

でも Z_B/h が4を越えるので、形の整った交互砂州は形成され難くなる。このとき、既により発達時間の短いモード2の複列砂州は規則的に形成されていると予想されるので、結局最終の河床形態はモード2となろう。モードの下限の決定をこのように考えると図-1の右側の境界や下限線の意味は本質的でなくなる。従来比較的明瞭にモード1の下限が区分できた理由は、中規模河床形態に関する実験のほとんどが幅水深比が100以下の条件下で行われてきたことに帰せられよう。

5. あとがき： 複列砂州と網状流路の形成過程に関する基礎的な実験の知見と交互砂州の水理特性に基づいて、複列砂州河床の形成過程に考察を加えた。ここでの考察結果については今後実験値等を用いてさらに検討する必要がある。また、初期の高次のモードの砂州形成に関する実験Bと実験A及びCとの差異が何に起因するものであるかについても新たな実験も含めて研究を進めて行きたい。

<参考文献> 1-3) 村本・藤田・赤松:昭59, 60, 61関西支部年講。 4) 藤田・赤松・村本:京大防災研年報, 第29号 B-2(投稿予定)。 5) 藤田・小池・村本:第29回水講, 1985。 6) 藤田・村本・堀池・小池:第26回水講, 1982。