

京都大学防災研究所 正員 藤田裕一郎 正員 村本嘉雄

1. はしがき : 交互砂州の形成条件の物理的意義の解明を目的として、交互砂州の初期形を模擬した流向に斜交する“斜め段落ち”上の流れの水理条件の相違に対する変化について実験を行い、検討を加えた。

2. 実験の装置と方法 : 循環式可変こう配水路(幅50cm・長さ20.5m)の中央部に図-1に示すような斜め段落ち部を設け、表の条件で実験を行い、段落をはさむ7~9断面における流速・流向を小型フロウ流速計とその先端に結び付けた糸によって、また底面の流向分布を段落面上に貼った糸の写真撮影によって測定している。なお、河床こう配は 5.7×10^{-4} である。

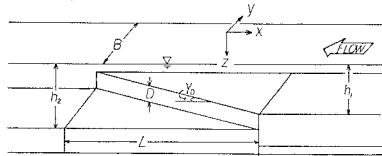


図-1 模式図と記号の説明

3. 実験結果とその検討 : (流速分布特性) 図-2に示すように、等流速線形は、段落ち区間で右岸近傍の流速が減少し、流速のピークが左岸側に偏り、さらに二分される(Run2022)のような歪みを受けるが、その後ピークは中央部に復帰して等流速線の歪みも回復していく。等流速線は段落ち前縁付近で上向きに凸な形をとり、前縁に沿って剥離渦による上昇流が存在すると判断される。このような等流速線の歪みは、 $L=1m \sim 4m$ のすべての実験において観察され、図-2&3に示されているように、 $h_1 \div 7cm$ の場合ではこの歪みは流水断面の比較的下部に限られているが、 $h_1 \div 2cm$ の場合には断面全体にわたって攪乱される。後者について同一の h_1 と D の値を持つRun4022, 2022および1022を比較すれば、等流速線の歪みおよび死水域はそれぞれ、Run4022では小さくならず発生、Run2022では明瞭かつ発生、Run1022では強く複雑かつ断面種の10数%を占める、となるようになって、斜め段落ちの影響は $L=1m$ の場合に顕著に現われるようである。一方、図-3のRun227と222では、段落ち上面付近に水平な等流速線が密に走り、この $L=0.25m$ の場合は通常の段落ち流れに近い。Run527と522では、ほぼ水平な等流速線がやや密に存在するが、Run522では死水域も発生していて、 $L=0.5m$ の場合は $L=1m$ と $L=0.25m$ の場合のほぼ中間の特性を示す。

Run No.	L(m)	D(cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Q(l/s)
4027	4.0	2.2	6.82	9.45	16.5
4022			2.38	4.48	2.93
4017		1.0	7.22	9.50	20.8
4012			2.25	2.87	2.82
2027	2.0	2.2	7.22	9.50	16.7
2022			2.38	4.60	2.71
2017		1.0	7.25	8.58	21.7
2012			2.33	3.13	2.85
1027	1.0	2.2	7.23	9.50	16.4
1022			2.38	4.58	2.79
1017		1.0	7.61	8.85	21.7
1012			2.32	3.18	2.71
527	0.5	2.2	7.48	9.54	17.0
522			2.38	4.36	2.57
227	0.25	2.2	7.48	9.52	17.0
222			2.38	4.45	2.90

表 実験条件

(底面流向特性) 図-4のRun2022では、前縁の上流側に左岸方向への顕著な流れが存在し、段下では剥離渦によって、幅約12cmの前縁に平行な流れが形成されている。この平行流は、 $L=1m \sim 4m$ の実験では常に観察され、その流速は L が長いほど大きい。そのy方向成分は $L=1m$ の場合に極大となった。一方、Run227と522では、ともに段下の流向は乱れているが、前縁直下で前縁に平行な戻り流れが形成されている。このような流向は、Run227でもみられ

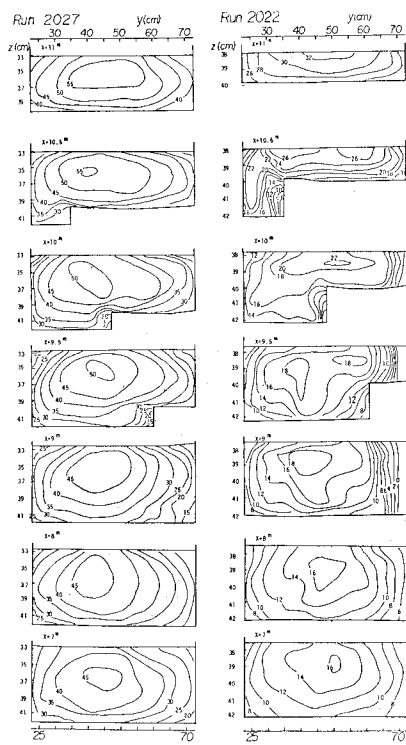
図-2 流速分布の流下方向変化($L=2m \div 2cm$)

図-3 段落ち終端の流速分布

たが、Run 527で認められず、 $L=0.25m$ の場合には安定して、また、 $L=0.5m$ の場合には特定の水利条件下で形成されるようである。

(単位幅流量 q に関する検討) q は前縁通過時に急増し、増加量はほとんど段上から供給されるので、段上では q は減少を続け、右岸付近では前述のようにときには死水域が形成される。 q の変化特性を、 q の最大値 q_m と $y=70cm$ の値 q_{70} とを断面平均値 $\bar{q}$ で無次元化して検討した例を示せば図-5のようである。 $q_m/\bar{q}$ は段落ち区間で増加した後減少、 $q_{70}/\bar{q}$ はその逆の挙動を示し、 D/h_1 の大きい方が両者の差や流下方向変化が大きくなり、それらはRun 1022で最大となる。一方、Run 227と222は D/h_1 の約3倍の変化にもかかわらず、 $q_m/\bar{q}$ 、 $q_{70}/\bar{q}$ ともほぼ同じ値である。つぎに、 q_m の生じる位置 X_m は D/h_1 が大きいほど水路中心線から離れる傾向にある。また、段落ち終端($X/L=1$)での X_m と L との関係を示せば図-6のようになっていて、いずれの実験でも $L=1m$ の場合に最も左岸側に偏ることがわかる。

(渦度の変化特性) 斜め段落ちによって直線水路であっても流心の偏位のために通過後の流速分布形状は弯曲部のものに類似し、このような二次流れの流況は渦度の変化で表現される。渦度の y, z 成分についてそれぞれ $\zeta' = U_m/h_m$ 、 $\zeta'_z = (U_{35} - U_{60})/25cm$ を用いて、流下方向変化を検討すれば図-7のようである。ここに、 U_m, h_m は $y=40 \sim 55cm$ 区間の流速と水深の平均値、 U_{35}, U_{60} は $y=35, 60cm$ の平均流速である。 ζ' は段落ち開始部の緒流効果によって $X=1/m$ でピーク値をとり、段落ち区間で減少した後一定となって、流槽に対応した変化を示す。 ζ'_z は段落ちとそのやや下流区間で増加後徐々に減少し、斜め段落ちによって水平渦が形成されていることがわかり、それはRun 1022で最大であった。なお、単純に ζ' に段落ちの形状特性 $\frac{D}{h_1}$ が相乗的に作用して生じると考え、 ζ'_{max} と $\zeta'_z \frac{D}{L h_1}$ (ζ'_z は $X/2m$ の ζ')との関係を検討した結果、 ζ'_{max} は $\zeta'_z \frac{D}{L h_1} = 1$ において最大値をとる変化を示し、ピークは $L=1m$ の実験値であった。

4. まとめ：以上のように、斜め段落ち流れの特性は $L=1m$ の水深の小さい場合に顕著に現われる。一方、砂州上の流れは、主流の蛇行とそれに付随する低流速域の存在および主流と斜交する前縁に沿う底面流の存在によって特徴付けられる。この主流の蛇行および底面流に、それぞれ斜め段落ち流れの流心の偏位と流量の偏りおよび前縁下部の剥離による平行流を対応させれば、これらの特徴の顕著に現われる $L=1 \sim 4m$ 、 $h_1 \geq 20m$ の斜め段落ち流れと砂州上の流れとは巨視的な対応関係にあると考えられる。つぎに、斜め段落ちのような河床の擾乱による流況の変化が上層流れによって河床近傍に限定されず、水利条件の平面的な不均衡が生じる場合に交互砂州が形成されると考えれば、 $h_1 \geq 7cm$ ($B/h_1 \geq 7$)の場合には砂州は形成されにくく、一方、 $h_1 \geq 2cm$ ($B/h_1 \geq 25$)、 $L < 1m$ の場合に擾乱は流路全体に及び、移動床ではこの擾乱に応じた河床が形成される可能性が高い。

<参考文献> 村本、藤田：東大防災研年報、第21号B-2、1978 (印刷中)。

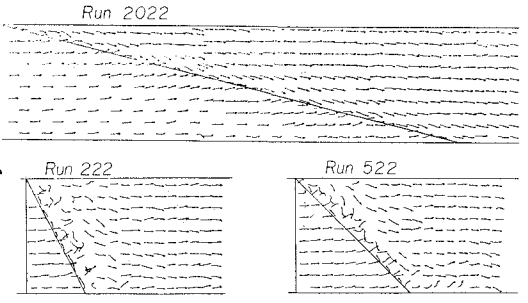


図-4 底面の流向分布特性

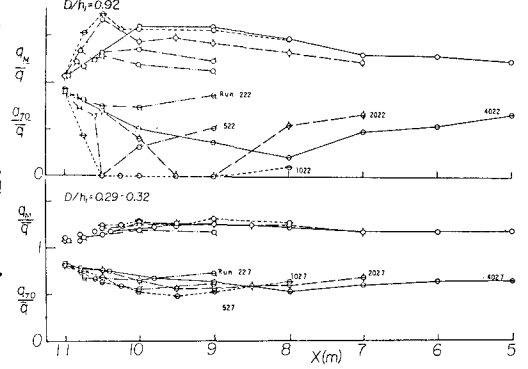


図-5 単位幅流量の最大値 q_m と最小値 q_{70} の変化

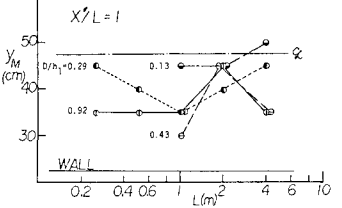


図-6 段落ち終端の流心位置

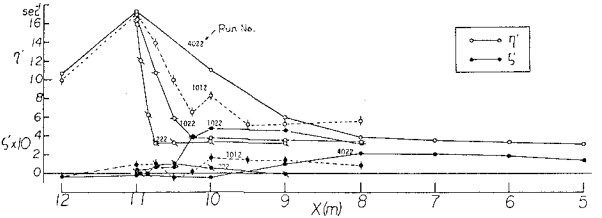


図-7 渦度成分の流下方向変化に関する検討