

II-130

蛇行流路の流れと河床変動

阪神高速道路公団 正員 足立 幸郎
 京都大学防災研究所 正員 芦田 和男
 京都大学防災研究所 正員 江頭 進治

1. はじめに 蛇行流路の河床変動に関する研究の多くは、平衡河床形状を対象にしている。しかし、実際には、河床の変動過程が重要となる場合が多い。そこで、平坦床から平衡河床への河床の変動過程に着目し、詳細な水路実験を行なった上で2次元浅水流モデルを用いた数値解析による検討を行なった。

2. 実験概要 実験は、中心曲線に Sine-generated Curve をもつ、蛇行長 $L=120\text{cm}$ 、幅 $B=15\text{cm}$ 、最大偏角 $\theta_{\max}=20^\circ$ の蛇行流路（5波長）で行なった。河床位は3波長目において、平衡状態に至るまでに6～8回測定を行った。また、Run-1 においては、平坦床上、平衡河床上の主流速・2次流速をプロベラ流速計とタフト法を用いて測定している。実験条件を、表-1 に示す。

表-1 実験条件

Run No.	L(cm)	B(cm)	$\theta_{\max}$	Q(l/s)	qs(g/s)	dn(mm)	l
Run 1	120	15	20°	0.62	0.73	1.30	0.01
Run 2	120	15	20°	0.75	1.50	1.30	0.01
Run 3	120	15	20°	0.92	2.80	1.30	0.01

3. 実験結果及びその考察 平坦床上の流れは、従来の研究に示されているように自由渦型の流れを示し、3ケースの実験とも水衝部は $\Phi=90^\circ \sim 150^\circ$ で発生していた。そのため、変動過程の初期の段階ではまずこの部分が洗掘され、その後、洗掘部は上流にシフトしていき、平衡状態が形成された。Run-1 の河床形状の時間変化を図-1 に示す。

図-2 は、最大洗掘の位相と深さの時間変化を示したものである。流量が少なくなるにつれて、洗掘部のシフト幅が大きくなり、それに要する時間も大きくなっていることがわかる。

図-3 は、変動過程における、Manning の粗度係数 n_m （1波長平均）の変化を示したものである。Run-1 においては、粗度は若干増加傾向を示しているものの、Run-2, Run-3 においてはほぼ一定値を示しており、この条件下では、変動過程での抵抗の変化はあまりみられない。

二次流速分布の測定例を図-4 に示す。蛇行流路の二次流は平均流の n 方向成分とらせん流とからなる。円弧水路においては、らせん流の底面流速は(1)式で与えられる¹⁾。

$$v_b'' = -N \cdot \frac{h}{r} u_b \quad (1)$$

図-4 の実験値を(1)式に代入して N を逆算してみる。 r に流路曲率を用いれば、平坦床上では $N=1 \sim 2$ になり、平衡河床上では $N=5 \sim 7$ 程度の値となる。これに対し、平衡河床上においては $N=11 \sim 11.5$ （粗面）の値が提唱されている¹⁾。実験から

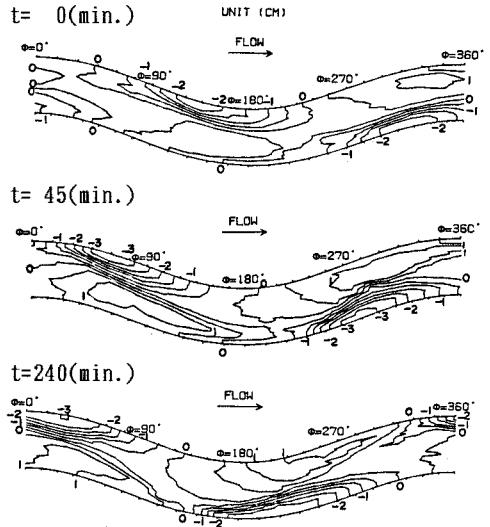


図-1 河床形状の時間変化

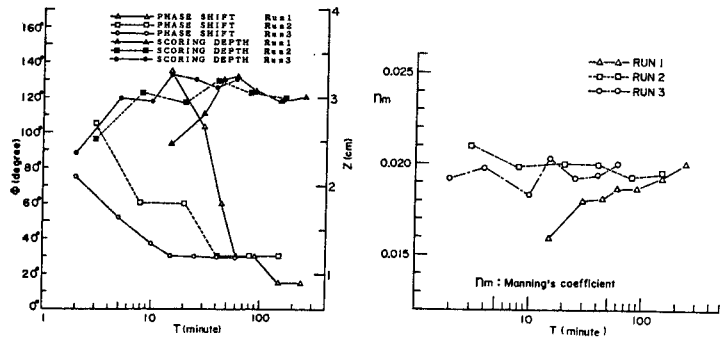


図-2 洗掘位相・洗掘深の時間変化

図-3 粗度係数の時間変化

得られる N_s はこれより小さめの値となっているが、これは2次流が完全に発達していないためか、あるいは流線の曲率半径の代わりに流路曲率半径を用いて計算しているためであろう。いずれにしても、平坦床より平衡河床のらせん流の強度が大きくなっていることは確かである。

4. 数値計算による検討 清水・板倉²⁾

による2次元浅水流モデルを用いた河床変動数値計算法を用いて、河床変動過程の検討を行う。

この計算法では、計算初期の段階から平衡時の洗掘地点で洗掘をうけるため、実験で現われたような顕著な洗掘位相のシフトはほとんど計算されない。そこでまず、このモデルの構造を明らかにし、洗掘位相のシフトを支配しているパラメータを、探ることとする。

平衡河床形状に対する、粗度係数 n_m とらせん流の強度係数 N_s の影響を調べてみる。 n_m 、 N_s の変化による平衡河床の洗掘部・洗掘深の変化を図-5、図-6に示す。計算には、Run-1の条件を用いている。さらに図-7には、 $N_s=0, 5, 11$ に対応して計算される平衡河床形状を示す。 n_m 、 N_s によって洗掘部の位相・洗掘深が顕著に変化することがわかり、 n_m 、 N_s は洗掘部の位相の変化・洗掘深の変化にたいして重要な役割を果たしていることがわかる。実験では変動過程においては n_m の変化はあまり見られなかったことを考慮すれば変動過程において、 N_s すなわち底面2次流の強度が重要な役割を果たしているものと考えられる。

このモデルにおいて実験で現われたような洗掘位相のシフトが表現されなかったのは、主流と2次流との相互作用を考慮せず、主流のみから2次流が決定される方法で計算しているためである。従って、流れの状態に応じて、 N_s に代表されるらせん流の特性値の時間的・場所的变化を上述のモデルに取り入れれば、河床変動過程が2次元浅水流解析によって十分に表現できるものと考えられる。

5. おわりに 蛇行流路の変動過程に関する実験を行ない、その特性を調べた。また、2次元浅水流モデルの構造を明らかにした。今後、主流と河床形状に対応するらせん流を評価し、河床の変動過程を説明できるモデルを作成して行きたい。

〈参考文献〉

- 1) Rozovskii; Academy of Science of the Ukrainian SSR, 1957
- 2) 清水・板倉; 北海道開発庁土木試験所報告, 1986

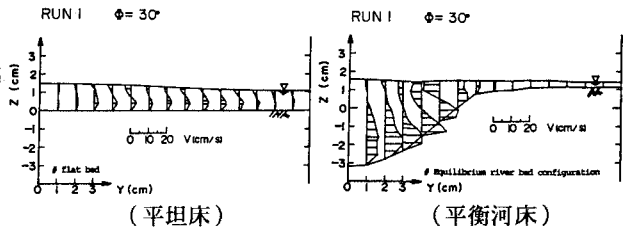


図-4 二次流速測定結果

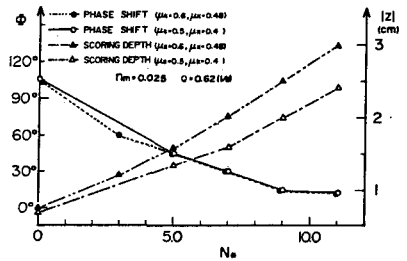


図-5 N_s による洗掘位相・洗掘深の変化

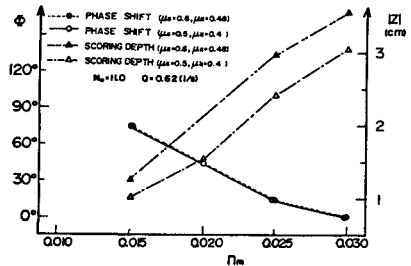


図-6 n_m による洗掘位相・洗掘深の変化

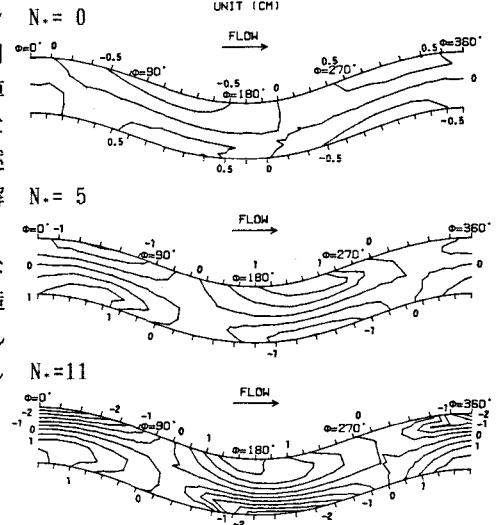


図-7 N_s による河床形状の変化