

建設省東北地方建設局河川計画課 正員 工藤 啓
東京大学工学部土木工学科 正員 玉井 信行

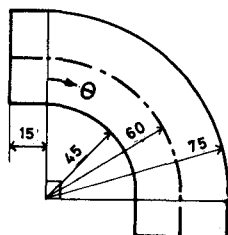
1. はじめに

昨年度東京大学応用水理研究室で行われた長方形断面の連続わん曲水路を用いた実験¹⁾をさらに発展させ、移動床による実験を行った。移動床の条件下での流れの実態の把握を目的とし、動的平衡状態の河床面の作成、砂面形状の判定、流れの遷移特性の計画として主潮流、2次流、水面形の計画を行った。

2. 実験装置と実験条件

実験装置は文献(1)で使用されたものを引用し、その平面形状を図-1に示す。この平面形状は河川のデータに基づいて定められており

、水路はこのわん曲が10個連続しているものである。河床材料は、 $d_{50} = 0.84 \text{ mm}$ の砂である。河床勾配、平均水深等は砂礫堆の形成が見られる条件²⁾を念頭に置いて設定し、数層の試行を行った。表-1に示すものは最終的に選択された条件である。



単位: cm

図-1 水路の平面形状

表-1 用いた水量

H_0 (平均水深)	= 1.84 cm
Q (流量)	= 1446 cm ³ /s
I (勾配)	= 1/195
Fr (フルード数)	= 0.62

3. 砂面形状

動的平衡状態の砂面は、連続した5つのわん曲に互って得られた。その5つに対する同位相平均値と各わん曲での砂面位置との差の標準偏差は2.98 mmとなり、十分な数の同一形状の河床が得られたと考えられる。同位相平均化した砂面高さのコンターを図-2に示す。外岸側が深掘れし、内岸側に堆積が見られ、河川のわん曲部と類似している。深掘れ部はわん曲の頂点に出現するのではなく、位相が下流側にずれ $\pi/3$ の辺りで最深部が出現する。堆積部においても同様な位相のずれが見られる。

図-3に深掘れが最も発達する $\theta = \pi/3$ の断面での河床の横断形状を示す。Engelund型の式³⁾では

$$h/H_0 = (1 + \pi/R)^{\alpha \tan \phi}$$

(1)

において、 $\alpha = 7.5$ 、 $\phi = 30^\circ$ とした結果である。この指数型の砂面形状は実験値との適合度が高くないので、摂動解⁴⁾を用いた直交関数型の表示を試みた。砂面形状を次式で表わす。

$$\tilde{h} = \tilde{\eta} (a_0 \sin ks + a_1 \cos ks) + (\tilde{\eta}^2 - \frac{1}{3}) (a_2 + a_3 \sin 2ks + a_4 \cos 2ks)$$

(2)

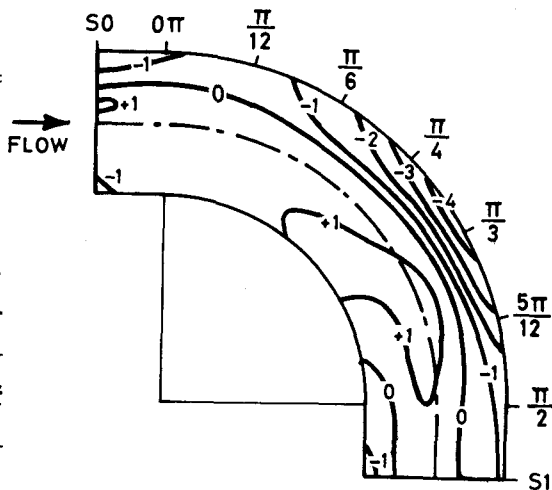


図-2 砂面の等高線

ここに、 $\hat{h} = h/H_0$ 、 $\hat{n} = n/(B/2)$ と、 h は平均水深から下向きに取った水深、 H_0 は平均水深、 B は水路幅、 n は中心軸に垂直し、外向きに取った座標軸、 S は蛇行流路曲線に合う長さで、わん曲の中央を原点とする。 $k = 2\pi/L$ と、 L は S 軸に合う蛇行流路の1波長である。実験値との回帰の結果、 $Q_0 = -0.484$ 、 $Q_1 = -0.926$ 、 $Q_2 = -0.972$ 、 $Q_3 = -0.650$ 、 $Q_4 = -0.230$ となり、図-3 に示した断面のみでなく、流下方向の各断面で良好な結果を得た。特に、水路中央部で最高点を与える河床形状を再現できる点で式(2)は優れている。

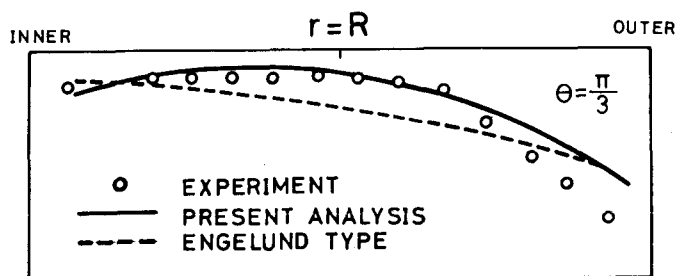


図-3 横断面内の河床形状

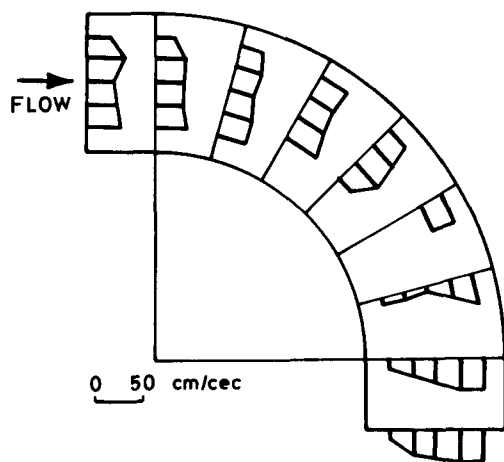


図-4 水深平均主流速の変化

4. 水深平均された主流速の分布

主流速の測定は平衡領域にある5つのわん曲のうち、中央部のわん曲で行われた。測定時には砂面をセメントで固定した。粗度低下は89%であり、砂面形状もほとんど変化がなかったことが確かめられた。水深平均の主流速の分布を図-4 に示す。流速の最も速い部分は内岸側から深掘り部である外岸側へと移行し、再び内岸側へと移動して次のわん曲へと移る。これは河川のわん曲部で見られる状態と同一である。長方形断面水路の実験結果と比較すると、水深平均主流速の最大値の出現位置は底面形状に依存し、理論²⁾も同一の結果を与えている。水深平均流速の最大位置の遷移は、わん曲の進行角度より遅れ、砂面形状の変化と軌を一にしている。

5. まとめ

- 1) 平衡河床の横断形状は指数型の関数で表現することは難しく、直交関数を利用した形式がよい結果を与えた。
- 2) 浅掘深と水深平均主流速との変化は軌を一にして生じていると共に、外岸側での最大浅掘深はわん曲の中央より下流側で生ずる。
- 3) 平衡河床においては水深平均主流速の最大位置は、内岸から外岸へと移行する。

尚、現在入手できる資料としては河川における観測が欠落していることが痛感される。野外観測の困難は予想できるが、資料の蓄積が望まれる。

参考文献

- 1) 玉井・池内・山崎：連続わん曲水路における流れの実験的研究，土木学会論文報告集，No. 331，83-94，1983。
- 2) 玉井・長尾・三國：直線水路における複利砂礫堆と調整流路の形成について，第22回水工学論文集，265-274，1978。
- 3) Engelund: Flow and bed topography in channel bends, Proc. ASCE, Vol. 100, HY 11, 1631-1648, 1974。
- 4) 池内・玉井：蛇行水路における水深平均流れ場の遷移特性，土木学会論文報告集，No. 334，1983 (予定)。