

流水挙動及び流路形態に対する境界の効果

金沢工業大学 正員 中川 武夫
 金沢工業大学 正員 今井 悟
 金沢工業大学 学生員 小澤 誠
 金沢工業大学 学生員 〇桃井 康寛
 金沢工業大学 早谷 彰訓

1. 緒言

自然河川が広大な沖積平野の上を自由に蛇行する場合とておき、今日見られるような多くの都市河川内での水理現象を取り扱う際に無視できない要素の一つに水路境界の効果がある。たとえ、河川堤防の一部が護岸工事により可侵食性の土砂からコンクリートなどの非侵食性の固定境界によって取りかえられた場合には、流水と水路境界との干渉機構がこのことによって何らかの影響を受けたことは容易に予想できることである¹⁾。これに関連して、著者は流水と水路境界との間の干渉機構に注目し、これが流水及び流路の蛇行の生成、維持そして消滅に支配的な役割を果たしていることを実験的に明らかにしている²⁻⁵⁾。

本研究は流水挙動、流路形態、河床波の形状及び河床波のスペクトルが水路の境界条件にどのように依存するかを明らかにすることを主たる目的とする。

2. 実験装置及び実験方法

実験に使用した水槽の概要を Fig.1 に示す。実験槽は長さ 5.89 m 幅 0.4 m、深さ 0.2 m のアクリル製容器に厚さ 100 mm の砂を敷いてつくった水槽内で行なわれた。まず、水槽中央の砂層表面に長さ 5.36 m の足断面の初期水路を河床勾配が 1/100 となるように設

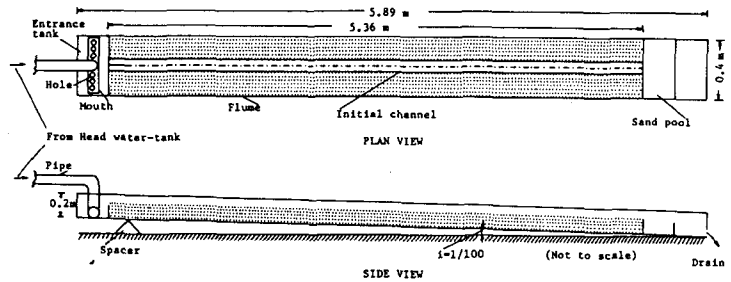


Fig.1 Schematic diagram of experiment



Fig.2 Cross-section and boundary conditions for each initial channel

定した。Fig.2 に本実験で用いた 5 種類の初期水路の断面形状、寸法及び境界条件を示した。これらの初期水路境界は砂またはアクリルであり、水路側壁面と底面とのなす角度は水路 2 の左岸のものが 90 度であるを除き全て砂の摩擦角 34 度である。

実験方法は一定流量、 $158.8 [\text{cm}^3/\text{s}]$ の水を各水路へ合計 80 分間通水するというものであるが、この間 $t=20, 40, 60 \text{ min}$ の各中間時点を通水をいったん停止し、 $x=250, 300, 350$ 及び 400 cm の場所における水路横断面形状をポイント・ゲージにより数 mm 間隔で測定した。通水時の $t=10$,

30, 50, 70 min.に於て $x=250, 300, 350, 400$ cm の場所にて初期水路中央における河床高及び水深測定を行なった。実験終了時の $t=80$ min.において $x=250-400$ cm の区間の水路平面形状の測定及び水路中に軸と幅の両方向へそれぞれ数 mm 間隔で河床高の測定を行なった。実験終了時の河床高データを用いて最大エントロピー法 (MEM) により $y=\pm 0.5, \pm 2.5$ cm の4本の初期水路中心軸と平行な直線に沿う河床高のスペクトル解析を行なった。

Table 1には各実験ごと $t=10$ min. の時点での $x=250, 300, 350, 400$ cm の場所における平均流速 U 、平均水深 h 及びフルード数 $F=U/\sqrt{gh}$ の値を示した。なお、実験結果の解析にあたっては初期水路最上流端の河床中央を原点とし、その下流方向を x 軸、左岸方向を y 軸とし、上方を z 軸の正方向と定義した。ただし、水路横断面の表示に限り、 z 軸の原点は当該断面の初期水路床の高さとした。また、実験経過時間 t の原点は水が初期水路最上流端に到達した瞬間とした。

3. 実験結果

	Experiment 1				Experiment 2				Experiment 3				Experiment 4				Experiment 5			
x [cm]	250	300	350	400	250	300	350	400	250	300	350	400	250	300	350	400	250	300	350	400
U [cm/s]	10.43	9.80	18.90	11.68	25.61	16.72	23.35	21.75	24.81	17.64	23.35	22.06	19.13	15.57	16.04	23.01	24.43	26.92	33.79	29.96
h [cm]	1.56	1.79	0.80	1.35	0.82	1.30	0.92	1.05	0.76	0.79	0.68	0.75	0.82	1.10	1.03	0.81	0.85	0.83	0.79	0.94
F_r	0.27	0.23	0.67	0.32	0.90	0.47	0.78	0.68	0.91	0.63	0.90	0.81	0.67	0.47	0.50	0.82	0.83	0.94	1.21	0.99

Fig. 3 に実験

4 終了時点における $y=\pm 0.5, \pm 2.5$ cm の4本の軸に沿う河床高のスペクトルを示した。低波数帯すなわち $k=10^{-1}$ [cycle/cm] 以下においては、水路中心軸に比較的近い $y=\pm 0.5$ cm の2本の軸に沿うスペクトルは $k=0.06$ [cycle/cm] において顕著なピークをもちことがわかる。しかしながら、 $k=10^{-1}$ [cycle/cm] 以上の高波数帯においては水路幅方向への位置の違いにみかわる。これは全ての河床高のスペクトルは波数の増加に伴ってピーク値をくりかえしながら全体として減少していくことがわかる。なお、 $k=0.06$ [cycle/cm] に認められる $y=\pm 2.5$ cm の2本の軸に沿う

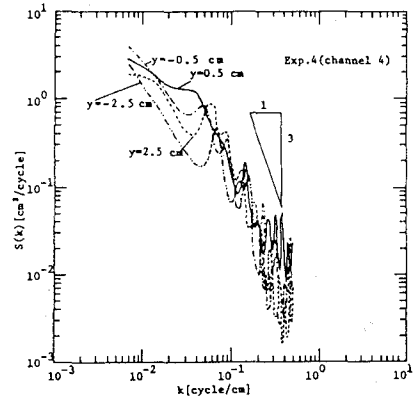


Fig. 3 Spectra of sand waves

スペクトルのピーク値が河床に形成された規則的な砂洲の存在を反映しているものと解釈される。

実験終了時における各平均水路幅の間の大小関係は Table 2 に示したとおりである。すなわち、流水の蛇行軌跡及び水路両側壁の平面形状がより直線的な実験 3 及び 4 の平均水路幅の方が小さく、より曲線的な実験 1 及び 2 のそれより大きい。ただし、水路 2 の場合には比較の便宜上 Table 2 の欄外に示したようにして求めた等価水路幅を用いた。

	Channel 1	Channel 2	Channel 3	Channel 4	Channel 5
width w [cm]	18.91	12.32(19.64)	17.54	16.97	5.00

(): Equivalent channel width given by [Average width-(Initial width)/2] $\times$ 2

4. 参考文献

- 1) Simons, D.B., Richardson, E.V. & Nordin, C.F. Jr. 1965 Sedimentary structures generated by flow in alluvial channels. Primary sedimentary structures and their hydrodynamic interpretation, Am. Assoc. of Petro. Geo., Special Pub. No.12.
- 2) 中川武夫・堀田正典 1982 流水の蛇行及び水路形態に対する環境効果, 第16回水理講演会論文集, 45-50.
- 3) 中川武夫・今井浩敏等 1983 水路及び水路幅に対する水深比の流水蛇行及び河床形態に対する効果, 第17回水理講演会論文集, 715-720.
- 4) Nakagawa, T. 1983 Boundary effects on stream meandering and river morphology, Sedimentology, 30, 117-127.
- 5) Nakagawa, T., Imai, S. & Makita, T. 1983 On effects of depth/width ratio on stream centre meandering and bed morphology in a sand channel with solid banks, Memoirs of Kanazawa Institute of Technology, A20(to appear).