

名古屋大学土木工学科 正会員 ○中川武夫

同上 正会員 中村俊六

同上 学生会員 真新哲朗

1. はじめに

蛇行現象のうちで最も身近な例は Fig.1(a) のように河床および側壁が浸食可能な土砂から成り立っている河川の蛇行である。ところが蛇行は河川のみならず Fig.1(b) に相当する木下の実験のように河床のみが浸食可能で側壁が固定である場合の流水、Fig.1(c) の Gorycki の実験のように勾配のある滑面上の流水の蛇行、Fig.1(d) の海流の蛇行、あるいは岩盤や氷の基盤を穿入する穿入蛇行なども知られている。以上の例から明らかなように蛇行の発生には床面の移動は必ずしも必要ではないことは注目すべき事実である。

本研究は Fig.1(a) のように河床および側壁の両境界に対して拘束のない自由蛇行実験と Fig.1(e) のように河床浸食に対しては拘束があるが側壁浸食に対しては拘束のない河床拘束蛇行実験の結果を報告するとともに、これらの結果および前述した過去の研究結果をふまえていまだ明かされていない蛇行の発生機構に関する示唆を与えようとするものである。

2. 実験

実験に用いた名古屋大学土木工学科水理実験室の蛇行水路の概要を Fig.2 に、また河床拘束蛇行実験開始前の蛇行水路の状況を水路下流端側から撮影した写真を Fig.3

に示され示す。水路の長さ 25 m、幅 2 m、水路底面はモルタルで固めてあり、この水路底面のうち上流端 5 m と下流端 5 m は水平で、これらの中間部分である 15 m の区間は $1/100$ の勾配をもっている。この底面に数 cm 厚さの砂が敷いてある。ここでは水路の上流端から 5 m の位置を基準として下流へ向って 12 m の実験用砂層区間を砂面設定スクレーパーで $1/100$ の勾配に設定したが、この区間より下流側の砂面は実験用砂層区間への影響を避けるために水平とした。自由蛇行実験の場合には水路中央に逆台型断面（上底 92 mm、下底 35 mm、高さ 50 mm）で勾配 $1/100$ の初期流路を掘ったが、河床拘束蛇行実験の場合には逆台型断面（上底 150 mm、下底 100 mm、高さ 50 mm）の流路を掘った。この流路底面上にアクリル板（長さ 12 m、幅 10 cm、厚さ 3 mm）を敷いて勾配 $1/100$ の拘束河床とした。水路への給水は低水槽から高水槽へポンプで揚水したのち、パイプを通して行われる。この水路へ供給される

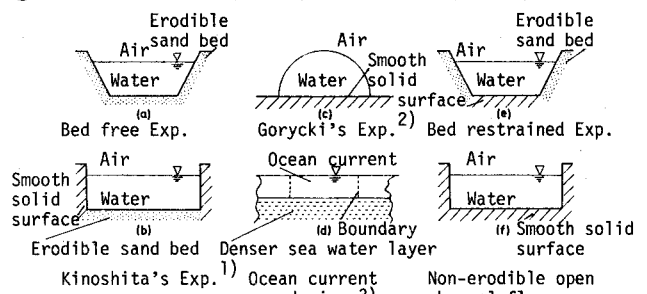


Fig.1 Some flows and boundary conditions of meandering or non-meandering.

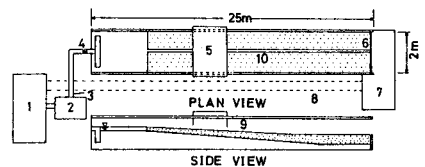


Fig.2 Schematic diagram of meandering flume.

1; low water tank, 2; head water tank, 3; axial flow pump, 4; magnetic flow meter, 5; sand scraper, 6; weir, 7; sand deposition pool, 8; return circuit water channel, 9; rail of scraper, 10; sand river.

水の流量は、パイプに取り付けてある電磁流量計により計測されるわけであるが、こゝでの自由蛇行実験と河床拘束蛇行実験の流量はそれぞれ 0.5 L/s と 0.7 L/s であった。なお、実験で使った砂は平均粒径 0.43 mm 、比重 2.65 として透水係数 0.187 cm/s である。

3. 実験結果

自由蛇行実験中に、流路内への注水開始から1時間31分後の流路形態を示す写真を Fig.4 に掲げる。この実験の場合には初期流路内へ水が流れ込むとまもなく流心が流路の幅方向へ振動を開始し、時間の経過とともにこの振幅を徐々に増しやがては流路側壁の砂を浸食し流路を直線から蛇行状に変えていく。この写真を撮影した時点で流路幅は平均的に最初の約3倍になっているが、自由蛇行実験の場合の蛇行振幅は下流へいくほど増加するのが特色である。流路内の各断面での流速の最大値は流心にあり、流心の下方の砂床近傍で砂と水がうきうきしている流動層とこの層の上にある流水との境界面で発生する Kelvin-Helmholtz 型の不安定により河床波が誘起される。河床の砂は主として掃流砂として河床波の軌跡に沿って下流へ運ばれるが、こうした河床波の発生に伴って河床波の存在する上の水面に河床波とほぼ同位相の水面波がでる。したがって Fig.4 の写真で、水面波の蛇行した軌跡が河床波あるいは流心の流れをトレースしていることになる。これに対して、河床拘束蛇行実験の場合には初期流路内へ水が流れ込んだ直後は、壁面が固定の開口流路流心が射流のときに水面に見られる斜めに交錯した細目状の表面波が観察できるだけであり、したがって、流路の蛇行は拘束される。このために、河床拘束蛇行実験の場合には流路内への注水開始から1時間30分後の流路形態を示す Fig.5 のように、アクリル板の上に堆積させた砂により流路の蛇行の兆候は認められるが、全体としては時間の経過とともに流路幅が流れの方向にほぼ一様に増していく。

4. おわりに

以上、まとめると蛇行が起るのは Figs.1(a)-(d) の場合であり、蛇行が起らないのは Figs.1(e) と (f) の場合である。前者の蛇行が起る場合に共通していることは底面での摩擦抵抗がそれ以外の流水との境界面である側壁などにおける摩擦抵抗より卓越していることである。一方、蛇行が起らない後者の場合には、これら摩擦抵抗の大きさの関係が逆になっている。このことから、蛇行の発生に底面摩擦抵抗が重要な役割を演じていることは明らかであり、とくにこの底面摩擦抵抗の流路幅方向の大きさの分布が流水の横方向振動を保持しているものと考えられる。

参考文献 1) Kinoshita, R. Trans. of JSCE, No.42(1957), 2) Gorycky, M.A. Bull. Geol. Soc. Am. 84, 175(1973), 3) Stommel, H. Nature, 173, 886(1954), 4) Parker, G. Water Resources Res. 11, 551(1975).

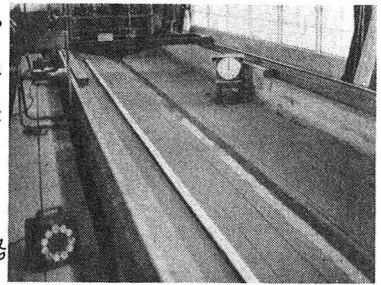


Fig.3 A view of meandering flume before present bed restrained experiment

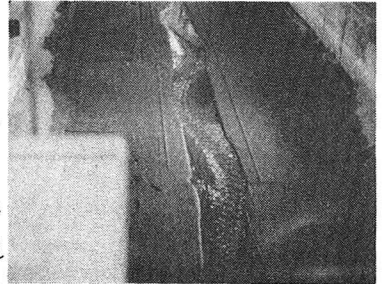


Fig.4 River morphology during present bed free experiment. Situation at 1 hour and 31 minutes after outflow.

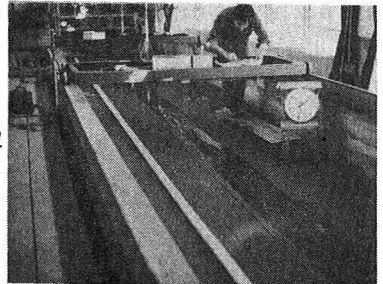


Fig.5 River morphology during present bed restrained experiment. Situation at 1 hour and 30 minutes after outflow.