

両岸透過型水制によって創出される蛇行形状の評価

名古屋工業大学 学生会員 ○末次宏基

名古屋工業大学大学院 フェロー会員 富永晃宏

1. はじめに 都市河川は直線的であり、流れが単調になる傾向がある。河床が平坦で単純化した河道は、水生生物が生息しにくい環境となっている。そのような河川に本来、河岸侵食防止のために用いられる水制を設置してやることにより、土砂の洗掘・堆積を促すことができる。しかし、水制による河道の多様性への影響のメカニズムは解明されていない部分が多い。そこで本研究では、多様性の創出として蛇行と瀬・淵の創出に着目し、実験水路の両岸に交互に設置した透過型水制によって形成される蛇行形状について検討した。

2. 実験方法 実験水路は、全長 13m、幅 60cm の勾配可変型長方形水路で、水流が安定する上流側より 4.5m から 10.5m の 6m を移動床区間とし、中央粒径 $D_{50}=0.586\text{mm}$ の砂を厚さ 11cm に平らに敷き詰めた。水路勾配は 1/500 に設定した。

水制の模型は、粒径 3~4.76mm の細礫、線径 1.65mm の針金、線径 0.55mm×8 メッシュの金網を用いて作成し、高さ 10cm、幅 10cm、長さは 5cm と 10cm の 2 パターンとした。質量は長さ 5cm のものが 0.899kg、10cm のものが 1.836kg で、空隙率はいずれも体積比で約 22.0%である。第 1 水制の位置を移動床区間の上流側から 50cm とし、計 5 基の水制を等間隔に両岸に交互に、砂面から 5cm だけ出るように設置した。水制間隔 d は 100cm と 80cm の 2 パターンとした。流量は越流時を 7lit/s、非越流時を 13lit/s とした。

表-1 のようにケースを設定し、通水開始から 75 分後の河床の高さを、水制を取り除いた上でレーザー距離計によって計測した。計測区間は第 1 水制の 50cm 上流から第 5 水制の 30cm 下流までとし、計測間隔は流下方向には、各水制の 20cm 上流から、第 1、第 2 水制の 10cm 下流、第 3~第 5 水制の 20cm 下流までを 2cm、それ以外では 5cm もしくは 10cm とし、横断方向には 0.5cm とした。

3. 実験結果と考察

(1) 河床高コンター図

図-1 に規定時間通水後の case1~3, 5~7 の河床高

表-1 実験条件

case	水制長 [cm]	水制間隔 d [cm]	流量 Q [lit/s]	水深 h [cm]	フルード数 Fr
1	5	100	7	3.6	0.542
2	10	100	7	4.2	0.433
3	5	100	13	6.0	0.472
4	10	100	13	6.9	0.388
5	5	80	7	3.6	0.552
6	10	80	7	4.4	0.409
7	5	80	13	6.2	0.452
8	10	80	13	7.0	0.381

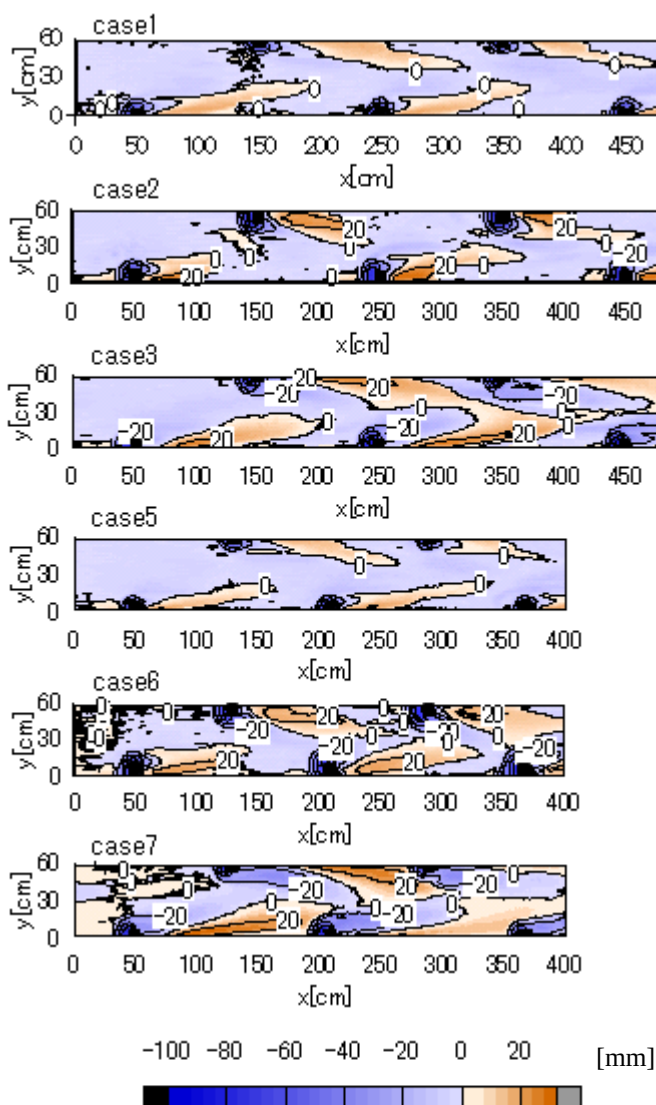


図-1 河床高コンター

コンター図を示す。各ケース、5 基の水制を設置したが、case1, 5 の第 1~5 水制と case2, 6 の第 1 水制以外の全ての水制が洗掘によって前方に傾いた。

まず全ケースを通して次のような特徴が見られた。
 (1)水制の周辺に大きな洗掘、背後に堆積が現れる。
 (2)水制長が 10cm のケースは 5cm のケースと比べ、局所洗掘が大きくなりその結果堆積が大きくなる、また水はね効果が大きくなり洗掘域が水路中央に向かって伸びていく。(3)流量が 13lit/s のケースは 7lit/s のケースと比べて、水深が大きくなるため掃流力が増加し洗掘・堆積が顕著に現れる。

次に **case5** を **case1** と比較すると、洗掘の程度に大きな違いは見られないが、水制間隔が小さくなったため、第 1, 第 3 水制間、第 2, 第 4 水制間の堆積域は短くなった。また **case6** を **case2** と比較すると、各水制周りの局所洗掘が大きくなっている。これは水制の水はね効果によって速められた流れによる洗掘域が、次の対岸水制の方向に向かいちょうど一致したためだと考えられる。

(2) 蛇行の評価

河床変動後の蛇行形状の評価の指標として、次式で示される傾斜度 I_{sp} と蛇行度 M を用いた。

$$I_{sp} = \frac{1}{b^2} \int_b (z - \bar{z})(y - y_c) dy \quad (1)$$

$$M = \frac{1}{d} \sqrt{\frac{1}{L} \int_L (I_{sp} - \bar{I}_{sp})^2 dx} \quad (2)$$

ここで、 b : 河床幅、 $\bar{z}$: 平均河床高、 $y_c = 30\text{cm}$ (水路中央の y 座標)、 d : 水制間隔、 L : 流下方向距離である。計算範囲は水制付近の局所洗掘の影響をなるべく避けるため $y = 15 \sim 45\text{cm}$ ($b = 30\text{cm}$) とした。傾斜度は河床の横断方向の傾斜の程度を表す指標であり、蛇行度は傾斜度の流下方向の変動強さを表す指標である。傾斜度、蛇行度は必ずしも蛇行の強弱を表すものではないが、今回のケースでは図-1 を見る限り蛇行していると言えるため、今回はこの 2 つの指標を用いて蛇行の強弱の評価を行う。

図-2 に第 3 水制の 30cm 前方から第 4 水制の 30cm 後方までの断面毎の傾斜度を、図-3 に第 3 水制から第 4 水制までの範囲で計算した蛇行度を示す。**case1** ~ **case4** では **case4** が他のケースに比べて傾斜が強くなっていること、**case5** ~ **case8** では **case5** に比べてそれ以外のケースの傾斜が強くなっていることが分かる。**case7** の傾斜度を見ると、他のケースと山と谷の位置が逆になっている。これは図-1 より、水制による洗掘・堆積域が長くなっており、洗掘・堆積が右岸・

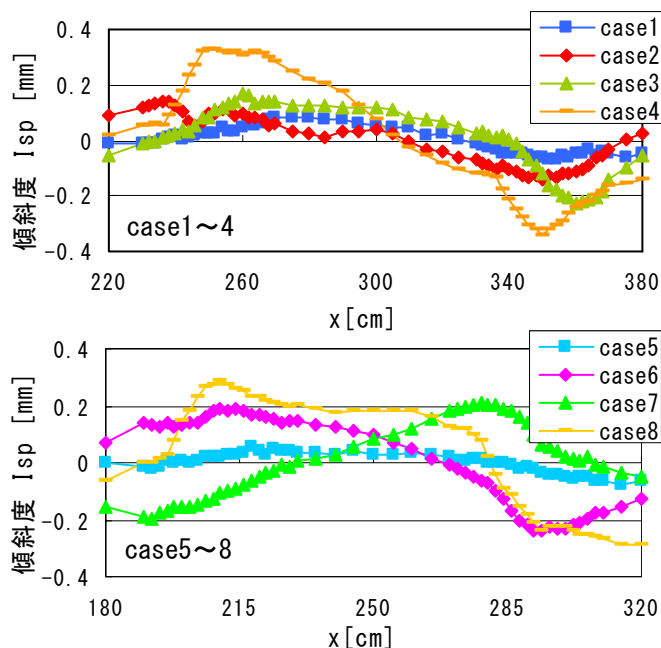


図-2 傾斜度 I_{sp}

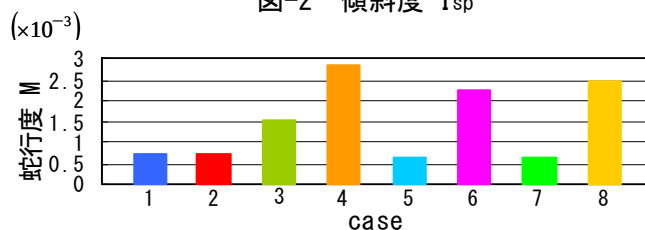


図-3 蛇行度 M

左岸で他のケースと逆になっているためであると考えられる。また **case1** に対する **case2** に比べ、**case5** に対する **case6** の蛇行度が非常に大きくなっているのは、**case6** では水制によってはねられた流れが対岸に達するまでの流下方向距離(偏流波長)が、次の対岸水制との間隔と近かったためだと考えられる。反対に **case1** の蛇行度が **case5** より大きくなっているのは **case1** では偏流波長が次の対岸水制との間隔に近かったのに対し、**case5** では水制間隔が偏流波長より短かったためであると考えられる。つまり、水制間隔 100cm のケースでは水制長 5cm のケースが、水制間隔 80cm のケースでは水制長 10cm のケースが、より洗掘・堆積が顕著になり、河床の傾斜・曲がりが強くなると言える。これには水制による偏流角度の変化が影響していると考えられる。

4. おわりに 今後は、今回用いた指標だけでなく、他の蛇行評価方法についても検討していく必要がある。また、河床変動後の流速などの計測を行うことによって、蛇行形状の形成メカニズムについてさらに詳しい解析を行う必要がある。