

アスペクト比の変化によるワンド周辺の河床形状の変化

九州工業大学工学部 学生員 鈴木鉄平
九州工業大学工学部 正会員 鬼束幸樹 秋山壽一郎

1. はじめに

河川生態系を考慮した河川改修工法の一つに、人工ワンドの設置が挙げられる。ワンド周辺では水深および流速の多様な組み合わせが発生し、そのため、各種生物は選好環境を選んで生息することができる。ワンド周辺の水理はワンドの幾何学形状の影響を受ける。ワンドの最もシンプルなモデルは凹部であるが、滑面水路ではアスペクト比が水理特性に及ぼす影響はかなり解明されているもの、移動床流れではそうした知見がほとんど蓄積されていない。本研究では、凹部のアスペクト比を系統的に変化させて、河床形状および水理量の変化を検討した。

2. 実験装置および実験条件

長さ 10m 幅 0.4m 高さ 0.4m の直線水路の片側に水制を設置した。水製の規格は、高さ 0.06m、流下方向厚さ 0.01m、横断方向長さ B_w 0.1m とした。実験条件として表-1 に示すようにアスペクト比 L/B_w を 5 ケース変化させた。ここに、 $Fr \equiv U_m / \sqrt{gh}$ はフルード数、 $Re \equiv 4RU_m / \nu$ はレイノルズ数、 R は径深、 U_m は断面平均流速、 h は平均水深である。初期状態は平均粒径 d_{50} が 0.8mm の珪砂を厚さ 0.05m の平坦河床とし、水制高さを 0.01m とした。

動的平衡状態に達した後に河床高計測および流速計測を行った。河床高計測にはポイントゲージを用いた。流速計測には 2 成分電磁流速計を用い、水制天端と水面との中点の $x-z$ 平面において、流下方向 x に 6 点、横断方向 z に 9 点の合計 54 点で x 方向の瞬間流速 $\tilde{u} \equiv U + u$ および z 方向の瞬間流速 $\tilde{w} \equiv W + w$ を計測した。ここに、大文字は時間平均流速、小文字は変動成分である。計測時間は 51.2s で計測間隔は 0.05s とした。

3. 実験結果および考察

(1) 河床形状

図-1 に動的平衡状態における初期河床高からの変化量を初期水深で無次元化したもの示す。アスペクト比 L/B_w が 1 の場合に注目すると、水制直下流の付け根付近で堆積が観察され、水制直上流の水制先端付近で洗掘が観察される。アスペクト比 L/B_w の変化に関わらず、水制直下流における堆積および水制直上流における洗掘が観察さ

表-1 実験条件

L/B_w	Fr	$Re \times 10^4$	h (cm)	I
1	0.59	4.1	3.5	1/750
2	0.59	4.2	3.5	
3	0.61	4.0	3.4	
5	0.58	4.2	3.6	
8	0.59	4.1	3.5	

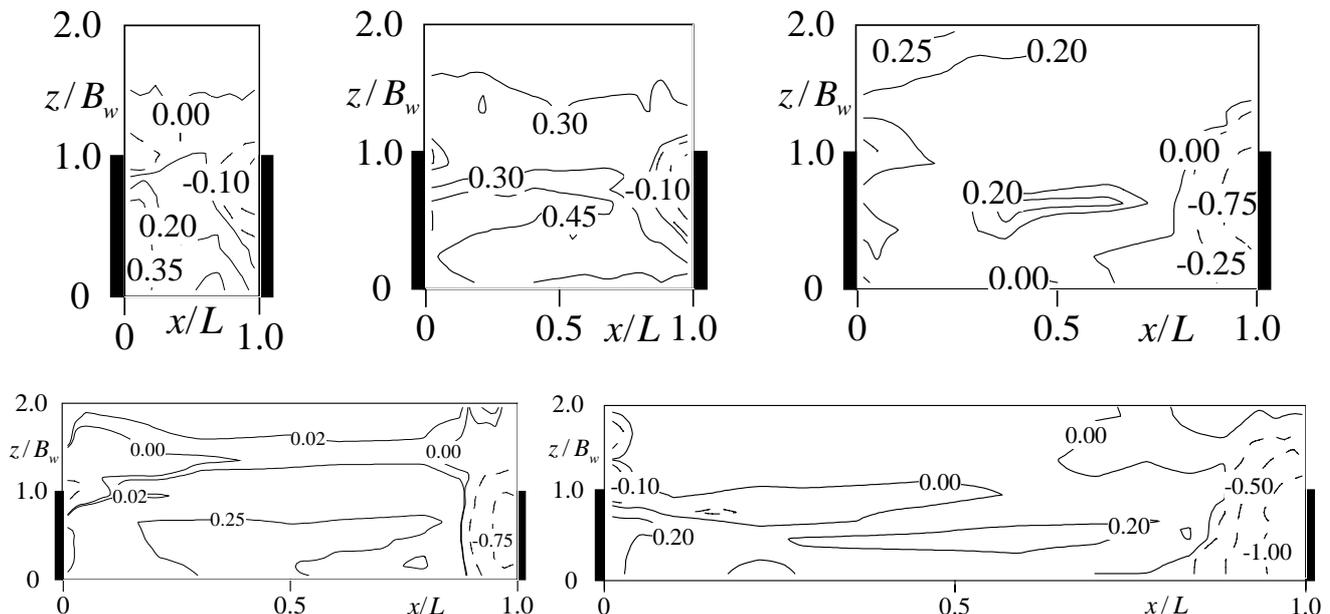


図-1 動的平衡状態における初期河床高からの変化量(上段左から $L/B_w=1, 2, 3$, 下段左から $L/B_w=5, 8$)

れる．また，全てのケースにおいて水制先端 ($z/B_w = 1$) を結ぶ境界線よりも若干凹部の内部で堆積が観察される．

(2) 洗掘深と洗掘および堆積量

図-2に動的平衡状態に達したときの最大洗掘深 S_{max} を初期状態の水深 h_0 で除したものとアスペクト比 L/B_w の関係を示す． L/B_w の増加に伴い最大洗掘深 S_{max} が増加している様子が観察される．これは水制間隔の増加に伴い，水制への接近流速が増加するためと考えられる．

図-3 に凹部内の単位面積あたりの洗掘・堆積の総量 $Q_B/(B_w \cdot L)$ とアスペクト比 L/B_w の関係を示す．全てのアスペクト比 L/B_w において， $Q_B/(B_w \cdot L)$ は正である．これは，主水路側ではほとんど抵抗が変わらないのに対して，凹部付近での抵抗が増すために生じたものである．また，アスペクト比 L/B_w の増加に伴い $Q_B/(B_w \cdot L)$ が増加している．アスペクト比 L/B_w が大きい場合，水制間隔が広がるため，そこに流砂が堆積するからである．

(3) 運動量交換率および質量交換率

木村ら¹⁾は凹部と主流部との間の質量交換率 M および運動量交換率 θ を式(2)および(3)で定義した．

$$M = \frac{1}{\rho U_m L} \int_0^L \rho \overline{w} dx \quad (2)$$

$$\theta = \frac{1}{\rho U_m^2 L} \int_0^L \overline{\rho u w} dx \quad (3)$$

図-4 に質量交換率 M を，図-5 に運動量交換率 θ を示す．両図には，滑面で非越流型連続直角水制の池田らの結果，滑面で非越流型2連直角水制の禰津らの結果，移動床および砂を水路床に固定した非越流型2連直角水制の禰津らの結果および LES 計算された滑面で非越流型連続直角水制の池田らの結果も併示した．本研究の質量交換率 M は既往の結果よりも小さい．非越流型の場合は水制先端から発生する水平渦によって横断方向流速の変動が大きくなるが，本研究が対象とした越流型水制の場合では z 方向に軸をもつ渦が流況を3次元化させることで水平渦を抑制したことが原因と考えられる．一方，運動量交換率 θ に関しては，アスペクト比が大きな場合は非越流型のものと同オーダーであるが，アスペクト比が小さい場合は運動量交換率 θ の絶対値が大きな結果となっている．これは，アスペクト比が小さい場合は，水制背後で流れが3次元的になるために鉛直方向のシアで発生した乱れが再配分されて生じたものと考えられる．

4. おわりに

本研究は，アスペクト比のみを系統的に変化させた越流型連続水制において移動床実験を行い，動的平衡状態の河床形状を計測すると共に流速計測を行い，アスペクト比の変化が河床形状および流況に及ぼす影響を解明したものである．

参考文献

- 1) 山本晃一：日本の水制，1996
- 2) 木村一郎，細田尚，友近文志，土木学会論文集，No.509/II-30，pp.99-109，1995.

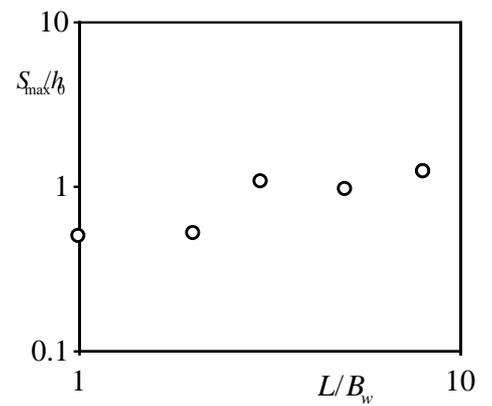


図-2 最大洗掘深とアスペクト比

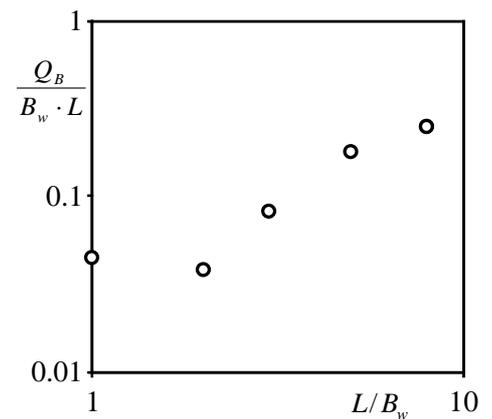


図-3 凹部内総堆積量とアスペクト比

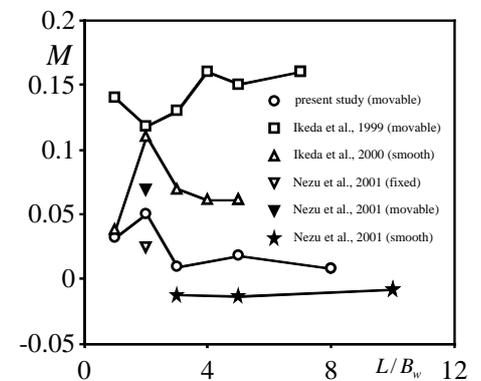


図-4 質量交換率

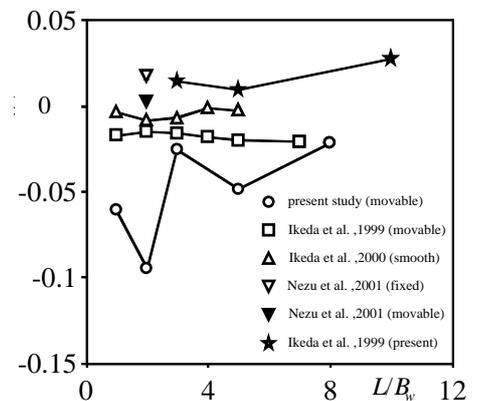


図-5 運動量交換率