

バンドル型水制の透過／不透過部の割合が浮遊砂の挙動に与える影響 Effects of the Permeable-Impermeable Ratio of Bandals on the Suspended Sediment Behavior around the Structures

○対修一・中川一・川池健司

○Shuichi TAI, Hajime NAKAGAWA, Kenji KAWAIKE

The objective of this study is clarifying the effects of the permeable-impermeable ratio of bandals on the suspended sediment behavior around the structures. Bandal-like structure consists of impermeable part on its upper portion and permeable part on its lower portion. It is well known that flow pattern is strongly related to sediment deposition or erosion process. Furthermore, there are several papers about bandal which show bandal creates complicated flow pattern by its unique design. However, permeable-impermeable ratio of bandal which should be one of the most important design points was not considered in those studies. In this study, effects on the suspended sediment behavior around the structures are clarified by conducting experiment and numerical simulation.

1. 序論

バングラデシュでは舟運改善を目的として伝統的にバンドルと呼ばれる、上部が不透過で下部が透過になっている水制工が広く設置されてきた。しかし近年になって、本来の設置目的以外にもバンドルが生み出す複雑な流れによる、土地創生の観点でも有効な構造物であることが明らかになってきた¹⁾。しかし、その流れの創出に大きく関与しているはずである、バンドルの構造的な設計項目の透過／不透過部の割合にまで言及された研究はあまり見られない。

本研究ではバンドルが実際に広く使用されている浮遊砂の卓越した大陸河川の実情を踏まえ、浮遊砂の卓越条件下における非越流固定床水路実験、及び数値計算を実施した。なお、本研究ではバンドルと水理的性質が同様な、上部が不透過で下部が透過の構造物をバンドル型水制と呼ぶ。

2. 実験概要および数値計算概要

本研究では実験水路として京都大学宇治川オープンラボラトリーにある水路勾配 1/1000 の直線水路を用いた。浮遊砂として粒径 92.9[μm]、密度 2.65[g/cm³]の珪砂 8 号を用いた。実験では水路左岸側壁面と直角になるようにして、30[cm]間隔で図 1 のような水制工を 4 基設置し、ケース毎に透過／不透過部の割合を変化させた以下に示す 3 ケースで、通水実験を行った。以降、上流側の水制工から順に水制 A, 水制 B, 水制 C, 水制 D とする。

Case1 : 透過高さ = 1.5 [cm]
Case2 : 透過高さ = 3.5 [cm]
Case3 : 透過高さ = 5.5 [cm]
(※透過高さは図 1 に示す位置)

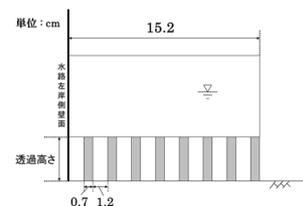


図 1
バンドル型水制

実験の水理条件は以下の表 1 の通り。なお、予備実験として水路内に水制工を設置せずに通水したときに計測された等流水深は 7.2[cm]であった。

数値計算では数値流体力学ツールボックスである OpenFOAM を用いた。実験の再現計算では同形状水路をもとにした格子を作成し、表 1 と同じ水理条件を与えたが、給砂はしなかった。

表 1 水理条件表

水温 [°C]	T	10
流量 [L/s]	Q	31.6
摩擦速度 [cm/s]	U_*	2.48
給砂量 [g/s]	Q_s	5.10
土砂沈降速度 [cm/s]	W_f	0.573
レイノルズ数	Re	24135
フルード数	Fr	0.52
砂粒レイノルズ数	Re_*	1.76

3. 実験結果

定常状態となった後に計測した、各ケースの河床堆積土砂分布を図 2 に示す。

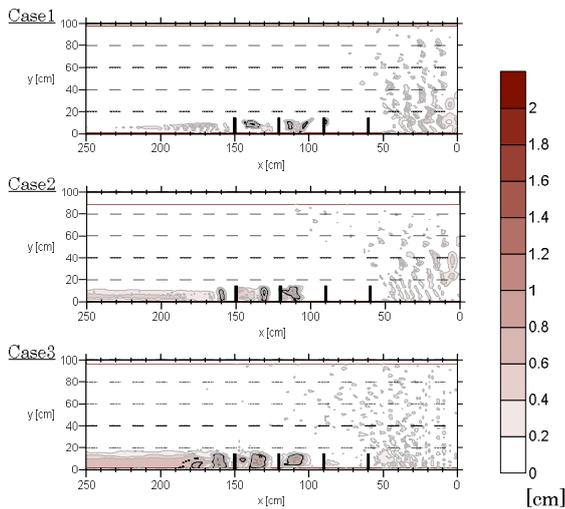


図 2 河床堆積分布図

計測した水制間の土砂堆積量を表 2 に示す。Case1 では水制間の堆積量は多くなかった。Case2, Case3 では AB 間, BC 間の堆積量に明らかな差は見られなかったが, CD 間, 水制 D 以降の堆積量において Case3 の方多くなっていた。

表 2 土砂堆積量 [cm³]

	AB 間	BC 間	CD 間	D 以降	合計
Case1	14.53	85.90	81.10	57.37	238.89
Case2	1.65	127.57	146.85	94.82	370.89
Case3	13.66	144.14	205.46	254.68	617.94

4. 数値解析結果と考察

数値解析による実験の再現計算では, 実験では把握しきれないような複雑な流れ構造を可視化することで, 各ケースのバンドル型水制によって創出された流れが浮遊砂堆積作用にどのように影響していたのかを理解することを目的に実施した。

(1) 水制設置区間の堆積量変化

水制設置区間で浮遊砂が堆積するためには, 浮遊砂を含みながら流下する流れが, 水制間へ流入する必要がある。そこで, 水制 A 直上流を通過する流れを上流側と下流側の双方に追跡し軌跡を描いた。(図 3) 以降, この軌跡線を流線と呼ぶ。

図 3-Case1 の流線を見ると, 水制 A の透過部を通過し水制 AB 間へ流入した流れは, 主流域へ流出している。それに対し, Case2, Case3 では水制設置区間内を通過し続ける流れが見られる。表 2 より水制の透過部の割合が高くなるほど水制 BC 間以降の土砂堆積量が増加している事との相互的な考察により, 水制 A を通過する流れが水制設置区間の堆積量に強く影響していることが分かる。

(2) 水制 CD 間 以降の堆積

水制 CD 間と水制 D 以降の範囲へ流入する流線を図 4 に可視化した。図 4-Case3 では一部水制設置区間外 ($y > 15.2$ [cm]) からの流入があり, その結果 Case3 では他のケースよりも水制設置区間下流域で土砂堆積量が増加したと考えられる。

また図 4-Case1 では水制設置区間外および, 水制設置区間上流域からの流入はほとんど無く, その結果堆積量も減少していた。したがって, Case1 の下流域での堆積は主流域と水制設置区間の低流速域の間のせん断域での浮遊砂交換を経て輸送されたものであるといえる。

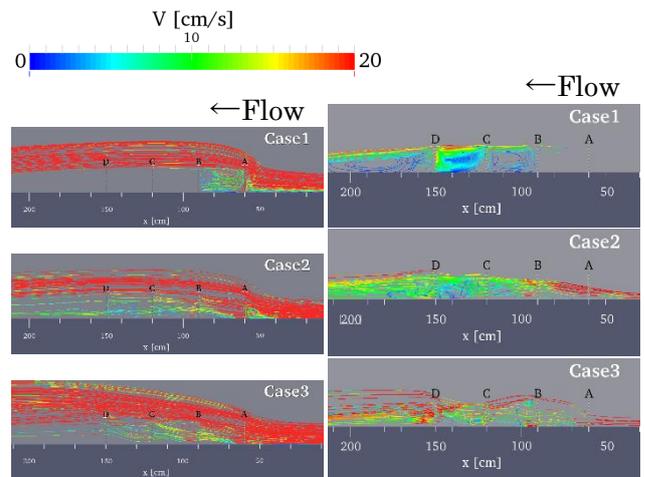


図 3 流下追跡線 (x-y 平面)

図 4 CD 間以降に流入する流線(x-y 平面)

5. 結論

本研究を通じ, バンドルによる浮遊砂の堆積量には以下の 2 種類が関連していることが分かった。

透過の割合が比較的高いケースにおいて, 上流からの水制区間への流入土砂量が増加するため, 低流速域における堆積が活発化される。また, 同ケースでは水はねの効果が低減されるため, 下流側の水制設置区間への主流域からの流入が増加し, 下流側水制設置区間の堆積量が増加する。

本研究はバンドルの設計における基礎研究として固定床水路で実施したものであり, 河床洗掘や河岸侵食を無視したが, 今後は実河川の応用も視野にいれ, より総合的な評価を通じて実河川へ適用させる事が課題である。

参考文献

- 1) 西尾慧, 中川一, 川池健司, 張浩: バンドル型水制群周辺における浮遊砂を伴う流れの特製に関する実験的研究, 水工学論文集, 第 60 巻, 2016