

異なる流量条件でのバンダル周辺における河床変動特性

広島大学大学院総合科学研究科（前所属 京都大学防災研究所）

○長谷川祐治

京都大学大学院工学研究科

橋崎卓

京都大学防災研究所 川池健司 中川一

電力中央研究所

太田一行

1. はじめに

バングラデシュにあるジャムナ川は粒径が 0.1mm 以下の細粒成分を多く含む大陸河川で、航路維持や土地創生を目指し「バンダル」と呼ばれる構造物が利用される。バンダルの構造的特徴として、上部は不透過型で流速の大きい水面付近の流れを遮断し、下部は不透過型で浮遊砂濃度の高い河床近傍の流れを通すことが挙げられる。既往の研究では水路実験によりバンダルによる浮遊砂の堆積機構について検討が行われ、その機構についてはバンダル周辺の流れの構造を理解する必要性が示された^{1), 2)}。また、これらの研究では流量条件が定常のみで行われており、実現象に近い流量変化を用いた非定常条件の実験は行われていない。本研究では矩形ハイドログラフを用いて2種類の定常流の流量変化を与えることで、流量変化がバンダル型水制群周辺の河床変動に与える影響を明らかにすることを目的とする。また非定常条件での実験では非平衡状態となり実験での計測が困難なため、定常条件の実験からの知見と数値解析によるデータの補完により考察を行った。

2. 実験及び解析の概要

図-1 に実験水路の概要を示す。使用した土砂はほぼ一様な粒径 0.092mm 、密度 2.65g/cm^3 である。表-1 にある水理条件にある等流水深は、バンダルを置かないで計測した実験値である。図-2 に流量ハイドログラフとバンダルの模式図を示す。ハイドログラフは、検討前にバンダルを置いて、各流量で代表地点において水深の変化がない平衡状態に達する時間を測定し、それぞれを通水時間とした。バンダルは既往の研究から間隔と長さを設定し、4基置いた。数値解析には OpenFOAM 内の interFoam ソルバを用いて、河床は実験で計測した平衡状態後の値を用いて、河床変動を生じさせないようにした。なお、河床近傍は移動床と同じ扱いになるようにした。

3. 結果及び考察

図-3 に Case1 の実験で得た河床変動図、図-4 に計算で得た $w'/w_f < 1$ の領域を示す。ここに w' は鉛直方向の乱れ成分、 w_f は土砂の沈降速度である。これらの結果より、バンダル型水制周辺の浮遊砂は、下流側に進むにしたがって、浮遊砂の沈降が支配的な領域が拡大することがわかる。

Case2, 3, 4 の河床変動の結果を図-5 に、バンダルを置いた区間の河床縦断面図 ($y=8\text{cm}$) を図-6 に、Case2 と Case5 のバンダルを通過する流線を図-7 にそれぞれ示す。これらの結果より、洪水前 (Case2) ではバンダル間に掃流砂が取り込まれる。

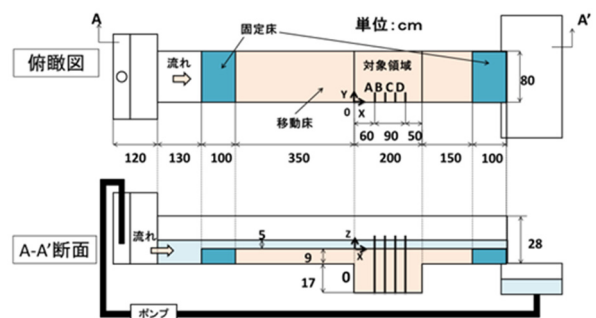


図-1 実験水路

表-1 水理条件

	Case1	Case2	Case3	Case4
$q(\text{cm}^2/\text{s})$	91.8	30.6	91.8	30.6
$qs(\text{cm}^2/\text{s})$	0.0094	0.0014	0.0094	0.0014
Time(hr)	5	8	5	8
$h_0(\text{cm})$	5	2.6		
$u_*(\text{cm/s})$	2.33	1.73		
Fr	0.33	0.29		
Re_*	1.73	1.20		

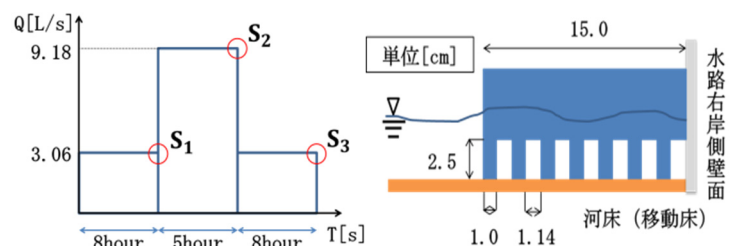


図-2 流量ハイドログラフとバンダルの形状

洪水期（Case3）では流量の増加に伴い浮遊砂濃度の増加，バンドルへの接近流の増加，さらには不透過部にかかる遮蔽面積増加が生じる．減水期（Case4）では洪水期で形成された地形により主流方向への流れが卓越する．なお減水期では洪水時にバンドル周辺の洗掘部分の埋戻しが若干確認できる．

4. まとめ

本研究では流量変化を伴うバンドル群周辺の河床変動について水路実験を行い，以下の結果を得た．a) バンダル型水制の透過部分を通る流れは上昇流と下降流を繰り返すため，下流方向に進むにしたがって鉛直方向の乱れ成分が減少する．その結果，下流側の水制周辺では乱れ成分が沈降速度を下回り，巻き上げに対して河床への沈降が支配的となる．b) 洪水前は水刳ね効果は顕著でなく，水制間に掃流砂を取り込むことが主である．c) 洪水期は不透過部の遮蔽面積増加により水刳ね効果が大きく，航路維持の効果が顕著に現れる．d) 洪水期で形成された最上流のバンドル周辺から主流域への河床低下およびバンドル間の土砂堆積の影響を受けて，減水期ではバンドル周辺の流れが主流方向へ流れ込みやすい．e) 減水期において上流からの土砂流入および洗掘孔斜面部のずり落ち現象により，水制周辺で埋戻しがみられる．これらの結果を勘案すると，バンドルが流量変化に伴い発揮する機能が変化することにより，バンドルが航路維持はもちろんだが土地創生に対しても効果が高いことが示唆された．

謝辞

本研究は地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）：『バングラデシュ国における高潮・洪水被害の防止軽減技術の研究開発』の助成を受けたものである．

参考文献

1) Rahman et al., Channel stabilization using Bandalling, Annals of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, No.46B, pp.613-618, 2003. 2) 西尾ら，バンドル型水制群周辺における浮遊砂を伴う流れの特性に関する実験的研究，水工学論文集，第60巻，2016．

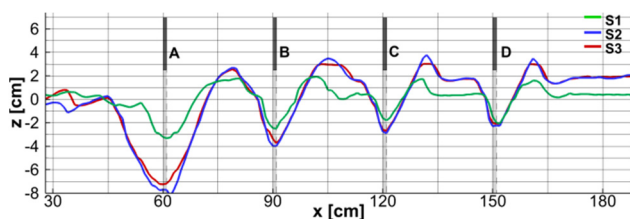


図-6 河床変動の縦断面図 (y=8cm)

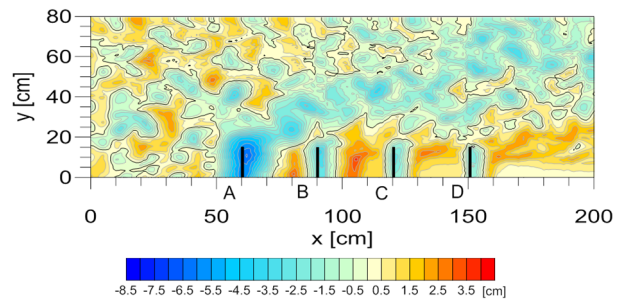


図-3 流量ハイドログラフとバンドル型水制

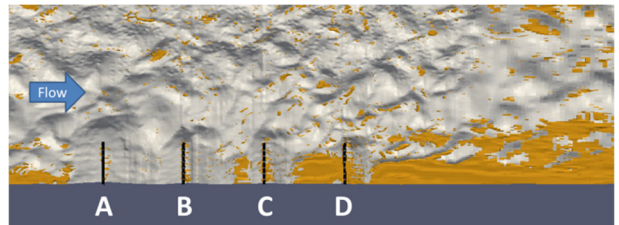


図-4 流量ハイドログラフとバンドル型水制

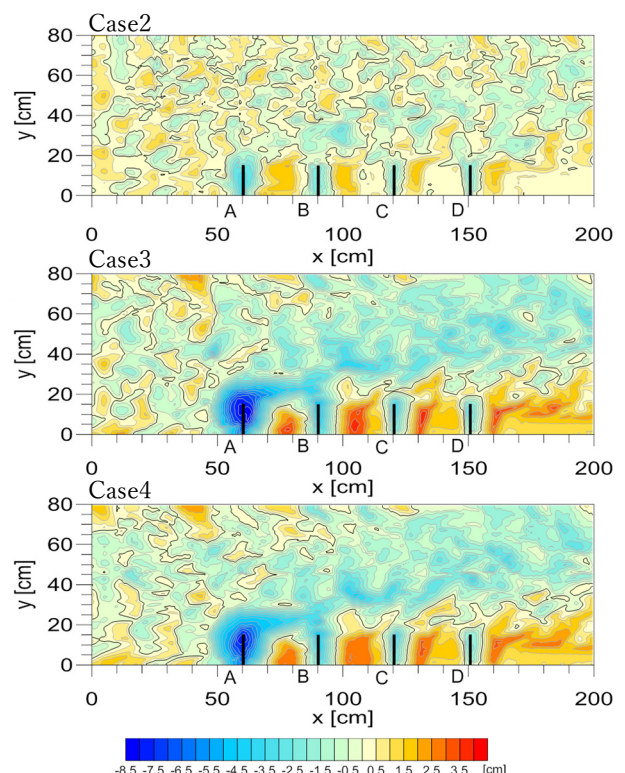


図-5 流量ハイドログラフとバンドル型水制

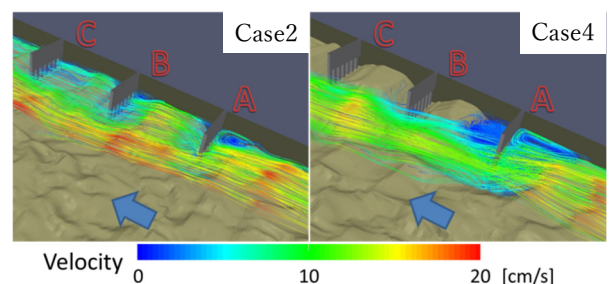


図-7 Case2 と Case4 におけるバンドル周辺の流線