

河岸水制による河口砂州の制御効果に関する検討

京都大学大学院
NTTインフラネット株式会社
舞鶴工業高等専門学校
明石工業高等専門学校

学生員○越智尊晴
川口はな
正会員 三輪 浩
正会員 神田佳一

1. まえがき 由良川は、京都府北部に位置する流路延長146km、流域面積1880km²の一級河川である。由良川の河口砂州（河口幅約500m）は、2004年10月の台風第23号による出水によって大きく侵食され、その後右岸側のみが発達するようになった（**図-1**）。このため、河川流は左岸側に偏奇しており、対岸の河岸侵食の進行による護岸流出や隣接する海岸施設にも影響を及ぼすなど、河川防災上の問題が指摘されている。本文では、由良川河口地形の制御法の検討の一環として、河口砂州の対岸に水制を設置した場合の砂州の制御効果を、水路実験と河床変動計算によって検討している。

2. 実験と計算の概要 水制の設置による砂州周辺の流れと河床変動を検討するため、水路実験と数値計算を実施した。実験の砂州地形は2010年12月の現地測量結果に基づいて1/150スケールでモデル化した。実験水路は、**図-2**に示すような右岸外側に帰還水路を有する長さ8.75m、幅2.87mの水平床矩形断面水路で、河床には平均粒径 $d=1.3\text{mm}$ 、限界摩擦速度 $u_{*c}=1.44\text{cm/s}$ の石炭粉を0.10mの厚さで敷き詰めた。水路下流部には、開口部が帰還水路に隣接するように、左岸側に平面形を台形で近似した厚さ0.02mの砂州地形を再現し、砂州下流の海底勾配は1/20とした。水制は、長さ0.60m、高さ0.12m、幅0.01mを有する不透過型とした。この水制を河岸に対して下流側および上流側にそれぞれ60°の傾きで3基設置した。実験は、**表-1**に示すような条件で通水し、通水中に水面形の計測と表面流況のビデオ撮影を行い、通水後に河床形状の測定を行った。また、水制の効果を検討するため、水制を設置しない実験も実施した（Run 1）。なお、通水時間はいずれも $T=20$ 分とした。実験の流量および通水時間は現地換算で $Q=2,800\sim3,300\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $T=3.7\text{hr}$ に相当する。一方、河床変動計算にはNays2DH¹⁾を使用した。基礎式は平面2次元流れの連続式と運動方程式および流砂の連続式である。計算領域は砂州周辺の長さ5.68m、幅2.84mの区間を縦断方向142分割、横断方向71分割（ $\Delta x=\Delta y=0.04\text{m}$ ）とした。また、移流項はCIP法、乱流場はゼロ方程式モデル、流砂量式はMeyer-Peter & Müllerの式²⁾と渡邊の式³⁾を用いた。なお、粒子径と粒子の比重は実験と同じとし、マンギングの粗度係数は $n=0.02$ とした。

3. 砂州制御の効果 **図-3**にRun 1～Run 3の通水後の河床位コンター図を、**図-4**に通水中の表面流速ベクトル図を示す。Run 1の結果より、河口砂州周辺の流れは、開口部で集中し、流速の増大とともに開口部で洗掘が発生していることがわかる。そのため、砂州上では大きな河床低下は見られず、砂州先端部（開口部側）のみが侵食されることがわかる。Run 2の結果より、水制によって河岸から砂州部に向かう流れが卓越し、砂州先端部が侵食されるとと

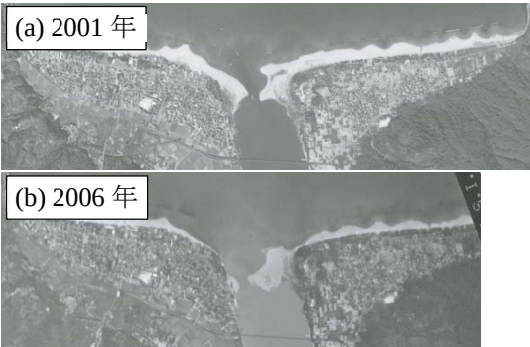


図-1 2004年洪水前後の由良川河口形状

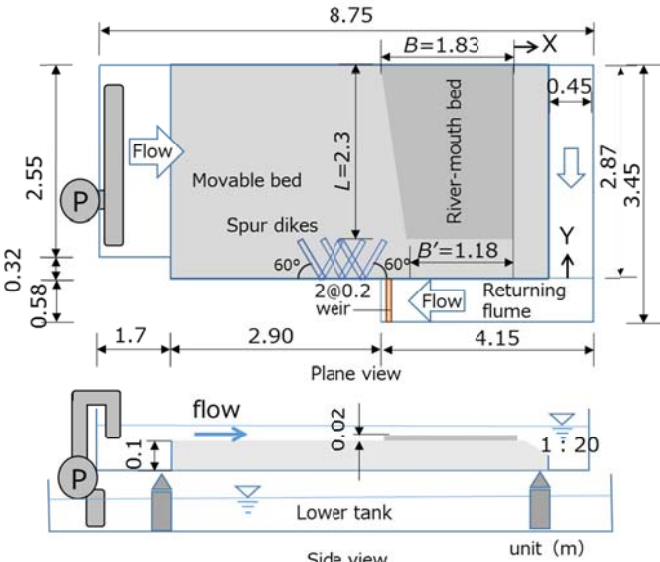


図-2 実験水路の緒元

表-1 実験条件

No.	流量 (l/s)	下流端水位 (m)	通水時間 (min)	水制工の 設置形態
Run 1	10.8	0.143	20	なし
Run 2	10.0	0.139	20	下流向き
Run 3	12.1	0.128	20	上流向き

キーワード 河口砂州、水制工、模型実験、河床変動計算
連絡先 〒625-8511 京都府舞鶴市白屋 234 TEL：0773-62-5600

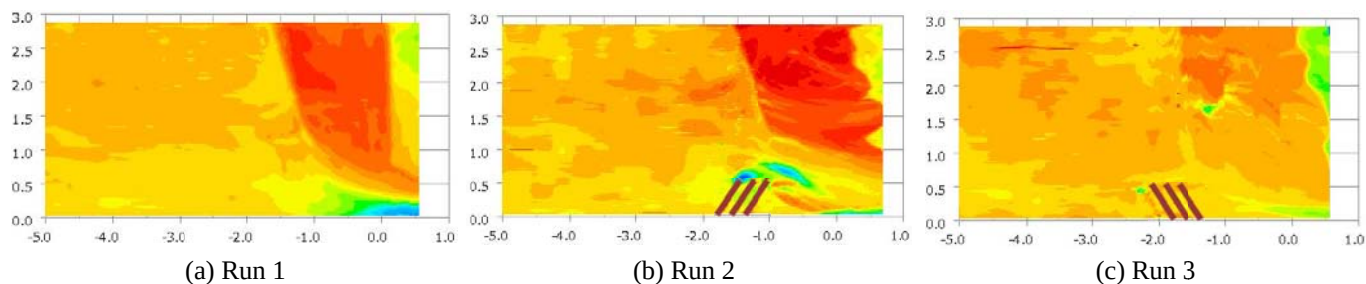


図-3 通水後の河床位コンター図

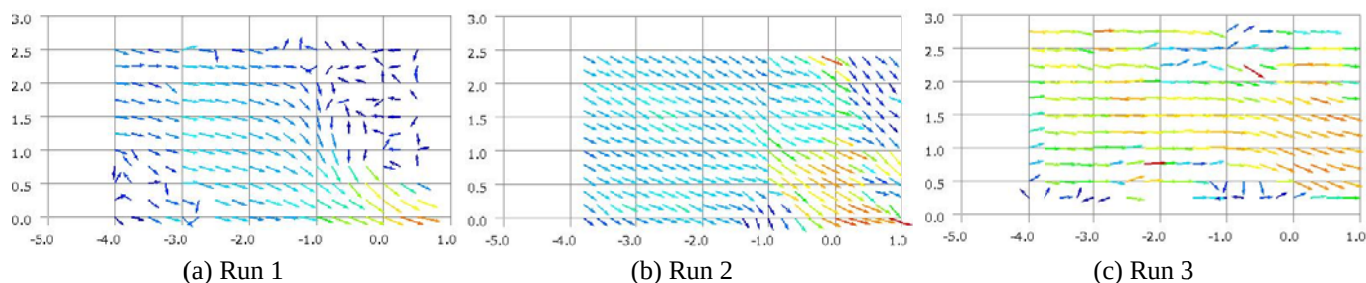


図-4 通水中の流速ベクトル図

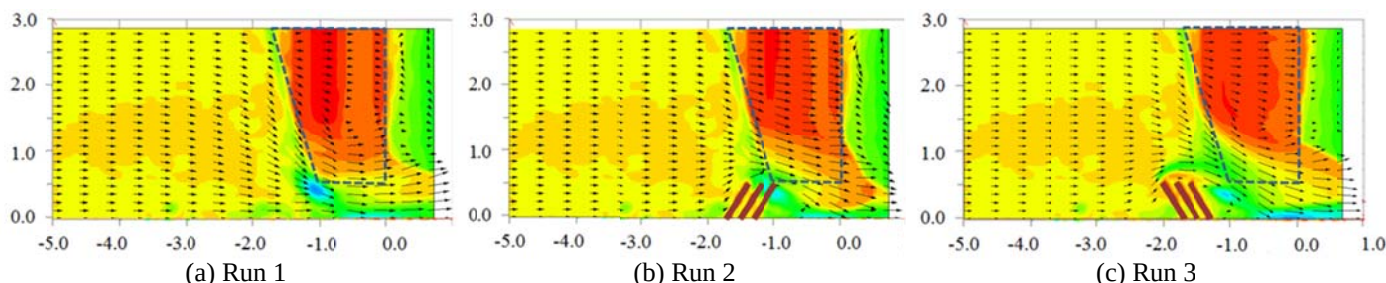


図-5 河床位と流速の流計算結果

もに、砂州中央部に流路が形成され、河床低下が生じていることが分かる。これに伴い、砂州を迂回して開口部に向かう流れは減衰し、砂州開口部の洗掘は小さくなっている。一方、流速については、水制によって制御された流れが砂州開口部に流入する際に増加している。このため、水制周辺では局所的に大きな洗掘が発生している。このように、水制の設置による砂州抑制の効果が認められる。Run 3については、砂州の流出は下流向きに設置した場合と比べてより左岸側まで砂州の侵食が及んでいる。また、下流向きに設置した場合に見られた水制周辺での洗掘は抑えられている。これは水制と砂州による断面の収縮が下流向き水制の場合と比べて緩和されたためであると考えられる。Run 3の流速分布において砂州および水制の上流側と下流側での流速差が小さいことから、このことが理解される。図-5は計算結果を示したものである。Run 1の河口部の侵食傾向は再現されているものの、水制先端付近の侵食が過大評価、開口部が過小評価となっている。Run 2では水制による流れの制御が砂州の侵食を促進していることが再現されており、水制設置の基本的な現象を捉えることはできた。Run 3においても砂州開口部側の侵食と砂州陸地側の残存傾向は再現されている。しかし、砂州自体の侵食傾向は過小評価となっており、課題を残している。

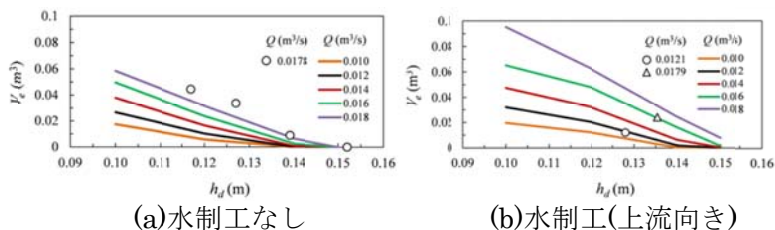


図-6 砂州の侵食量と下流端水位の関係

図-6は水制(上流向き)の有無による下流端水位と砂州侵食量の関係を示したものである。図中には他の実験結果⁴⁾もプロットされている。同図より、いずれの場合も下流端水位が低いほど砂州の侵食量は大きい、下流端水位が大きくなるほど流量の影響は小さくなり、このような状況は水制を設置するとより顕著となることがわかる。

6. あとがき 本研究で、水制により砂州を制御することが可能であることが確認できた。また、水制の設置形態を変化させた場合の流況および河床変動の差異を水路実験および数値解析によって検討した。しかし、数値解析には課題も残しており、今後の課題となっている。

参考文献 1) 一般財団法人北海道河川財団: iRICproject (<http://i-ric.org/ja/>). 2) Meyer-Peter, E. & Müller, R.: Proc. 2nd IAHR Congress, 1948. 3) 渡邊ら: 河川技術論文集, 第7巻, 2001. 4) Miwa, H. et al.: Proc. 13th ISRS (in press), 2016.