

第II部門

水制による加古川・美囊川合流部の砂州形状の制御に関する研究

明石工業高等専門学校	学生会員	○岡本 吉弘
明石工業高等専門学校専攻科	学生会員	久保 裕基
明石工業高等専門学校専攻科	学生会員	高田 翔也
明石工業高等専門学校	正会員	神田 佳一
法政大学都市環境デザイン工学科	フェロー会員	道奥 康治

1. はじめに

近年、加古川では、平成元年に用水の確保や塩水の遡上防止を目的に建設された加古川大堰の上流区間において、堰の湛水及び左支川美囊川の合流、上流河道の湾曲により、合流部周辺での右岸砂州の肥大化や濘筋の左岸への偏向・固定化が進行しており、河川管理上の諸問題が発生している。それらの問題の解決として、現地合流部上流左岸側には不透越流式の水制が設置されている。そこで、本研究では、堰の湛水及び上流河道の湾曲の影響を考慮した支川合流水路において水路上で水制を設置し移動床実験を行い、水制による合流部での流れ及び河床変動特性への影響を明らかにするとともにその効果を検証することを目的としている。また、汎用ソルバーである iRIC-Nays2DH¹⁾を用いた数値解析を行い、実験結果との比較からその適用性の検討を行った。

2. 実験および解析の概要

加古川は、兵庫県を流れる流路延長 96km、流域面積 1,730km² の一級河川であり、河口から 15.8km 付近で美囊川が合流しており、その直上流左岸側に水制が設置されている(図-1)。加古川大堰は河口から 12.0km の地点に位置し、平常時における湛水区間上流端は、美囊川の合流部付近である²⁾。合流部の本川幅は 200m、支川幅は 120m であり、支川美囊川には合流する直前に高さ 2m の落差工が設置されている。本実験では模型の縮尺を現地河道の 1/250 としてモデル化した。実験水路は、図-2 に示すように長さ 8m、幅 0.8m の本川に幅 0.48m の支川が X=2.83m の地点で本川に直角に合流したものであり、水路勾配は現地河道に合わせて 1/850 としている。支川の落差工として 0.108m の板を合流前 0.45m の位置に設置した。また、水路下流部には可動式の堰板を設置し、大堰の操作による湛水効果を模擬した。また、上流端条件として、現地の合流部上流河道の平面形状と流れ特性を模擬するため、X=-0.5m の断面の左岸側に水路の 1/4 幅の板(0.2m)を設置した³⁾。水制についてはアクリル板を用いて図-3 に示すように再現した。河床材料は密度 1.47(g/cm³)、平均粒径 1.3(mm) 石炭粉(U_{sc}=1.44(cm/s))を使用し、水路に 0.1m の厚さで

敷きつめた状態を初期条件とした。

本実験では表-1 に示すように堰の高さ、上流の湾曲の影響をパラメータとし、通水時間は河床が定常状態になったと判断された 60 分として、表面流況および河床位の測定を行った。

解析については、実験水路と同様の水路条件で格子を組み、境界条件として実験条件と同様の流量を与えた。本川下流端の水位は、堰高と限界水深の和で与え、マンニングの抵抗則を適用し、粗度係数は n=0.018 とした。



図-1 美囊川合流部(2014年)

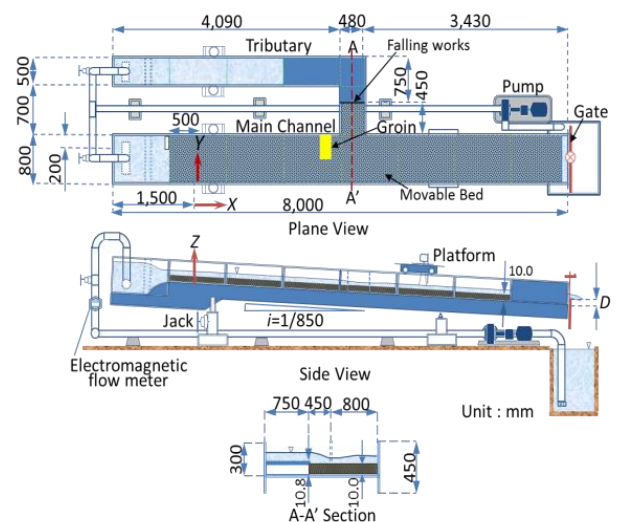


図-2 実験水路

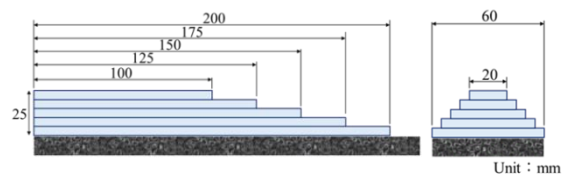


図-3 水制諸量

表-1 実験および解析条件

番号	通水時間 T(h)	本川流量 (ℓ/s)	支川流量 (ℓ/s)	弯曲の 考慮	堰高 D(cm)	水制の 有無
CASEA-1	1.0	5.0	1.0	あり	0.0	なし
CASEA-2	1.0	5.0	1.0	あり	0.0	あり

3. 実験結果及び考察

図-4(a), (b)に通水後の河床変動量の計測結果を示す。(a)は流量比 $\lambda=0.2$, 下流端堰高 $D=0\text{cm}$ として、水制を設置しない場合の河床位コンター図であり、(b)は同条件で水制を設置した場合の河床位コンター図である。

(a)では、合流部付近において支川の流入に沿うように洗掘が生じており、合流後水路中央付近において堆積が発生している。これは支川流入による堰上げ背水が影響していると考えられる。また、合流後下流左岸側には堆積が発生しており、合流後の流れに沿った洗掘が進むと同時に、断面内で生じる二次流の影響により、洗掘された河床材料が洗掘域の内側に堆積したものと考えられる。

合流部直上流に水制を設置した CaseA-2 では上流での洗掘は(a)と同様に発生しているが、水制によって流れが右岸側へと偏向されるため、そのフラッシュ効果によって、(a)において生じていた水路中央付近での砂州形状の堆積地形は消滅している。また、水制の下流右岸では合流後の主流に沿って洗掘が進み、流路が形成されることによる河床低下が確認でき、水制の前面において局所洗掘が発生している。また、支川合流の影響による洗掘域は減少しており、合流後左岸側では堆積域が拡大している。実験では、本川流量を $5(\ell/s)$ とした場合は水制の天端を一部越流する流れがあるため、水制直下流での洗掘は二方向に発生しており、越流していない水制天端の下流では堆積が発生している。また、水制によって流れが右岸側へと偏向される前面において堆積が確認できる。

図-5(a), (b)に、二次元平面流解析での河床変動量の結果を示す。図-4(a)と図-5(a)を比較すると、水制を設置しない場合についてはおよそ河床変動の傾向が一致しており、支川流入による洗掘や上流から合流部付近水路中央に向かって伸びる堆積などその変動量に差はあるが、おおむね再現されていることに対して図-4(b)と図-5(b)では水制の前面における局所洗掘及び合流部直下流端での洗掘が解析結果では見られない。解析結果と異なる傾向の河床変動が生じている地点はどちら

も二次流などの三次元的な性質の強い流れの発生する地点であり、今回行った解析は二次元的な流れを対象とする二次元流平面解析においては再現性が低いものと考えられる。

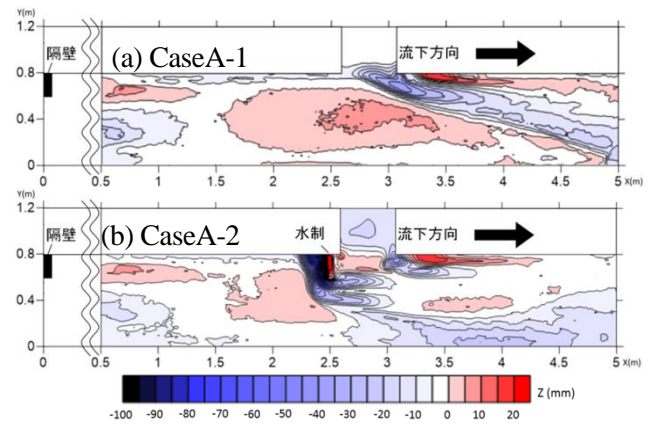


図-4 通水前後での河床変動量

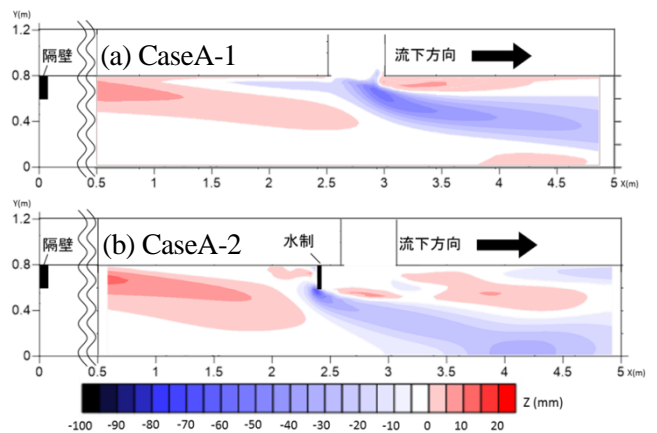


図-5 河床変動量の数値解析

4. おわりに

本研究では、合流部における水制の流れ及び河床変動への影響について移動床実験および数値解析を行い、検討するとともに、その有用性について考察した。今後、本実験で得られた結果を踏まえ、各パラメータを変化させた場合についても同様に実験を行い水制の有無で結果を比較するとともに三次元での数値解析を並行して行い、実験結果の再現性について検証を行う予定である。

【参考文献】

- 1) iRIC 研究会:iRIC 講習会テキスト in KANSAI, 2013.
- 2) 奥山貴也ら：支川合流の影響を受ける大堰湛水区間における河川地形の経年変化解析, 平成 26 年度河川技術論文集, 第 20 巻, 2014
- 3) 高田翔也ら：河道の弯曲と堰湛水の影響を受ける河川合流部の河床変動とその制御に関する研究, 平成 28 年度水工学論文集, 第 61 巻, 2016