

第Ⅱ部門

上流の弯曲と堰湛水の影響を受ける合流部の流れ及び河床変動特性に関する研究

明石工業高等専門学校 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、上流河道の弯曲により、合流部周辺での右岸砂州の肥大化や滞筋の左岸への偏向・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。そこで、本研究では、堰の湛水及び上流河道の弯曲の影響を考慮した支川合流水路を用いた移動床実験を行い、美囊川の合流部周辺の河川地形に影響を及ぼす合流部の流れ及び河床変動特性を解明することを目的としている。また、合流部の流れ・河床変動解析ソフトウェアである iRIC-Nays2DH¹⁾を用いた数値解析により、実験結果の検証と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 $X=2.83\text{m}$ 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、本川合流部の左岸側への偏奇した流れを模擬するため、 $X=-0.5\text{m}$ の断面の左側に幅 0.4m の板を設置した。河床材料は平均粒径 1.3mm、密度 1.47g/cm³ の石炭粉を使用し、水路に 0.1m の厚さで敷きつめた状態を初期条件とした。

本実験では水路下流端堰の高さ、上流の弯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。



図-1 美囊川合流部(2014年)

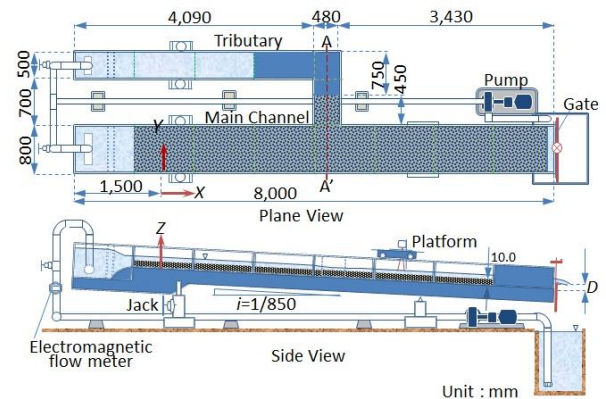


図-2 実験水路

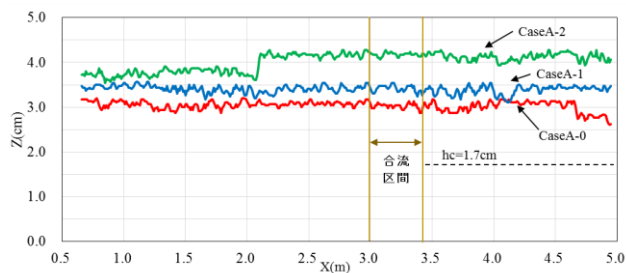
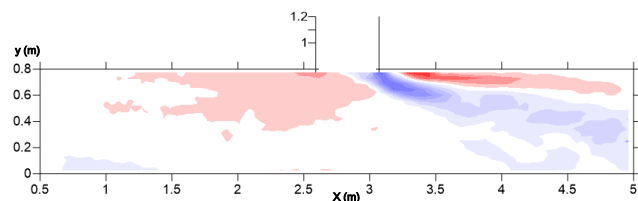
表-1 実験および解析条件

番号	本川流量 $Q_M(l/s)$	支川流量 $Q_T(l/s)$	下流端堰高 $H_D(cm)$	上流部湾曲の影響の 板設置による模擬
CaseA-0	5.0	1.0	0.0	無し
CaseA-1			1.0	
CaseA-2			2.0	
CaseB-1			1.0	有り

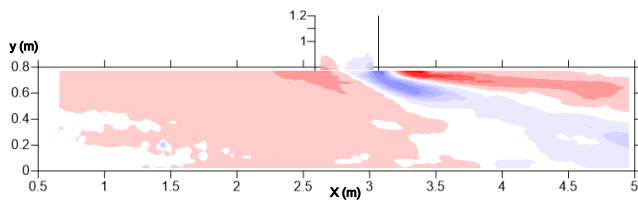
解析については、実験水路と同様の格子を組み、境界条件は実験条件と同様の流量とし、本川下流端の水位は、堰高と限界水深の和で与え、マンニングの抵抗則を適用し、粗度係数は $n=0.018$ とした。

3. 実験結果及び考察

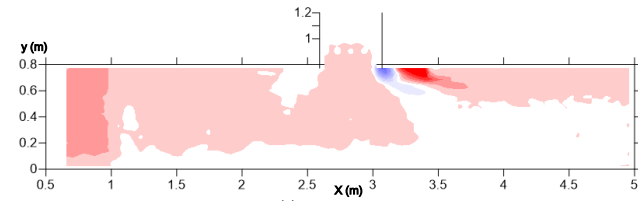
図-3,4 に CaseA-0,1,2 における水路中央部($y=0.40\text{m}$)の縦断水面形状および河床変化量コンター図を示す。これより、下流端に設置された堰高 H_D の増加に伴い、水位は上昇しており、合流区間前後においても一様な水面形が得られた。また、河床変化量コンター図においては、各ケースとも合流部付近水路中央に堆積が生じ、合流後


 図-3 水路中央部における縦断水面形状 ($y=0.40\text{m}$)


(a) Case A-0



(b) Case A-1



(c) Case A-2

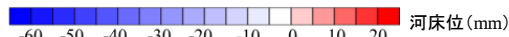
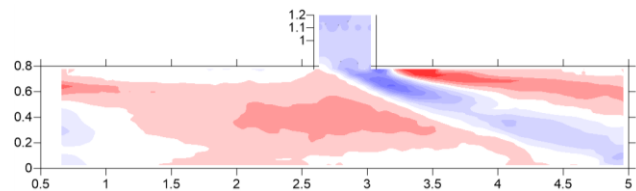


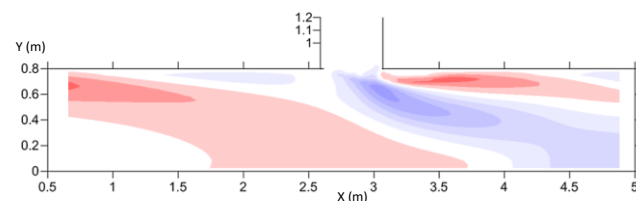
図-4 河床変化量コンター図

の主流に伴った洗掘によって流路が形成され、その左岸側に堆積する傾向が見られた。合流部付近水路中央に生じた堆積については、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。一方、合流後の左岸側の堆積は、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って、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。それを踏まえ比較を行うと、堰高 $H_D=0\text{cm}$ とした Case A-0 に比べ、下流水位の大きい Case A-1 では、水路中央の堆積域及び合流後直下左岸側の堆積域の増大が確認できる。これは、堰湛水の影響により水深が増加し、掃流力が低下したためと考えられる。一方、合流部付近の洗掘域及び洗掘量は減少している。また、さらに下流端堰高を大きくした Case A-2 では、上流部や合流直下における局所的な堆砂量は増大しているが、流速の低下に伴って水路全体での河床変化量は小さくなることが確認された。

図-5 に、上流部の弯曲流れを模擬するために、上流端左岸側に幅 0.4m の板を設置したケースおよびその河床



(a) Case B-1 (上流部の湾曲流れを模擬)



(b) Case B-1 (解析結果)



図-5 河床変化量コンター図

変動計算結果を示す。弯曲流れを模擬した(a)Case B-1 では、上流部右岸側での洗掘が進行しており、水路中央部から合流部下流右岸にかけて堆積が生じている。上流部の湾曲流れを考慮しない Case A-1 との比較では、水路中央部への堆砂量の増加や、合流後右岸側への堆砂域の増大が見られる。これは、上流端左岸に板を設置した影響により、上流端断面内での流速分布が右岸側で卓越することで、掃流力が増大し、その下流にあたる合流部への土砂供給量が増加したためと考えられる。

実験と同様の諸条件にて解析を行った(b)Case B-1 では、河床変化量に若干の差異は見られるが、合流部右岸への堆砂や合流部付近で洗掘された位置など同様の傾向が得られ、概ね実験結果を再現することができた。

4. まとめ

本研究では、合流部における加古川大堰の湛水効果および上流部の弯曲を実験水路上で再現して移動床実験および数値解析を行い、それらの合流部の流れや河床変動に及ぼす影響について考察した。今後、本実験で得られた結果を踏まえ、水制工の設置による移動床実験および数値解析を行い、河川地形変化特性の解明、また、効果的な河道管理法の検討を行う予定である。

【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