

同規模河川の合流点周辺の流況と河床変動特性

九州工業大学工学部 学生会員 ○橋立 広隆 九州工業大学大学院 正会員 重枝未玲
 九州工業大学大学院 フェロー会員 秋山壽一郎 九州工業大学大学院 正会員 坂本 洋
 九州工業大学大学院 学生会員 池田 寛

1. はじめに

河川合流点は、土砂の堆積、河床の洗掘、流下能力の低下、流向の偏りに伴う水衝部の変動などの治水面上の問題が生じるため、防災・減災の観点から重要な地点である。本研究は、本川と同規模な支川が本川に流入する状況を想定し、合流点下流の河道形状および流況が変化した場合に、合流点周辺の河床変動にどのようなインパクトを受けるかを実験的に把握するとともに、そこで生じる河床変動のメカニズムについて検討したものである。

2. 実験の概要

実験装置は、図-1に示すように、長さ9m×幅1.9mの可変勾配水路中に、本川に支川を合流させたアクリル製の水路を設置したものである。実験は、流況と河床変動特性の把握を目的に、それぞれ固定床(CaseA)と移動床(CaseB)で行った。実験条件は表-1に示す通りである。CaseA(固定床)で上下流での等流水深および限界水深の位置関係が変化するように合流点下流の水路幅 B_3 を0.6m, 0.8m, 1.0mの三通りに設定した。下流端水位についてはCaseA(固定床)で合流点下流での水面形が堰上げ背水、低下背水となるように設定した。河床勾配は、本支川共に1/800に設定し、移動床の実験では、粒径 $d=0.00089$ m, 水中比重1.65の一樣砂を実験水路に0.06mで敷き詰めて行った。測定項目は、

CaseAでは水位と水表面・水深平均流速および底面での流線を、CaseBでは水位、河床高を求めた。水位についてはポイントゲージで、河床高についてはレーザ変位計で、水表面の測定については直径約5mmの発砲スチロール球を、砂の移動方向の測定については直径約3mmのプラスチック球を流し、その動きをビデオカメラで撮影しPTV解析を行うことで求めた。なお、プラスチック球は流れに追従するわけではないので、底面流速については流向についてのみ議論する。水深平均流速については、電磁流速計を用いて一点法で測定した。測定点は、縦断方向に10cmずつ、横断方向に5cmずつ測定した。

3. 結果と考察

まず、CaseAの結果に基づき合流点周辺の流況について考察する。図-2は、CaseAでの水位コンターを示したものである。水位コンターに着目すると、CaseA-1のいずれのケースも合流点上流で水位が上昇していること、CaseA-2のいずれのケースも合流点上流、合流点周辺、合流点下流で水位に大きな変化がないこと、CaseA-3のいずれのケースも合流点周辺で水位が低下すること、などが確認できる。図-3は、水深平均流線と底面流線を示したものである。これらより、(1)CaseA-1では水深平均流線と底面流線には大きな差はなく、いずれも水路に沿っていること、(2)CaseA-2, 3では水深平均流線は水路に沿っているが、底面流線は側壁方向へ曲げられていることが確認できる。また、下流の水面形の違いで比較すると、合流点下流で低下背水となるCaseは、合流点下流で堰上げ背水となるCaseに比べて、流線の曲がり等が大きくなることも確認できる。よって、河道平面形状と流量による合流点上下流の等流・限界水深の相対的な関係で合流点周辺の流況は変化すると考えられる。

次に、CaseBの結果に基づき河床変動について検討する。図-4は、初期河床を基準面とした河床高コンターを

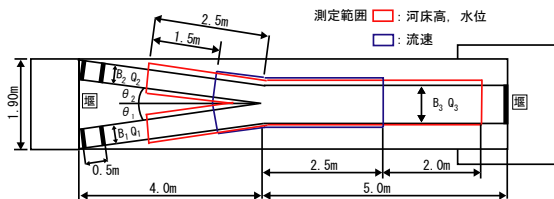


図-1 実験装置の概要

表-1 実験条件

Case	$\theta_1, \theta_2(^{\circ})$	$B_1, B_2(\text{m})$	$B_3(\text{m})$	$(B_1+B_2)/B_3$	$Q_1, Q_2(\text{L/s})$	$Q_3(\text{L/s})$	水面形 下流・上流
CaseA-1-101	7.5	0.4	0.6	1.33	8	16	M1-M1
CaseA-1-201			0.8	1.00			M2-M1
CaseA-1-210			1.0	0.80			M1-Flat
CaseA-2-100	7.5	0.4	0.6	1.33	8	16	M2-Flat
CaseA-2-200			0.8	1.00			M1-M2
CaseA-3-102			1.0	0.80			M2-M2
CaseA-3-202	7.5	0.4	0.6	1.33	8	16	-
CaseB-1-101			0.8	1.00			-
CaseB-1-201			1.0	0.80			-
CaseB-2-100	7.5	0.4	0.6	1.33	8	16	-
CaseB-2-200			0.8	1.00			-
CaseB-3-102			1.0	0.80			-
CaseB-3-202	7.5	0.4	0.6	1.33	8	16	-
CaseB-1-101			0.8	1.00			-
CaseB-1-201			1.0	0.80			-

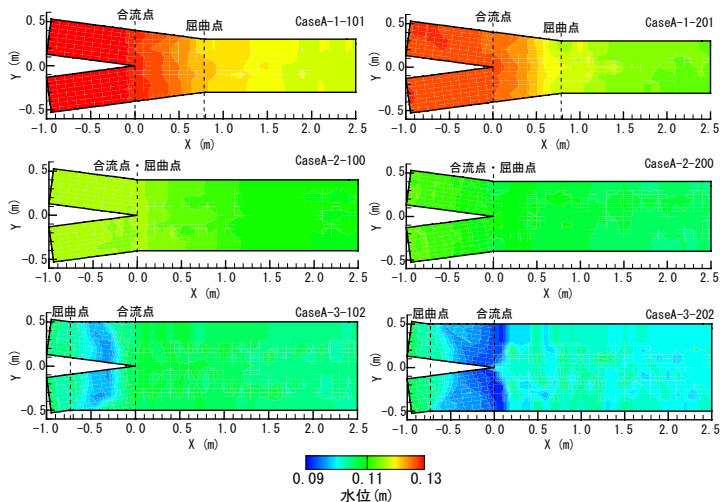


図-2 水位コンター

示したものである。これらより、(1)CaseB-1では合流点上流では初期河床高からの変化はほとんどなく、合流部下流で水路中央に洗掘が生じること、また、屈曲点周辺の洗掘形状は、Y型となっていること、(2)CaseB-2では合流点上流でCaseB-1と同様に初期河床高からの変化はほとんどなく、合流・屈曲点下流で水路中央に洗掘が生じるとともに、側壁側に土砂が堆積すること、(3)CaseB-3では屈曲点から合流点下流で側壁側に土砂が堆積することが分かる。また、合流点下流の水面形の違いを各Caseで比較すると、合流点下流で低下背水となるCaseは、合流点下流で堰上げ背水となるCaseに比べて、河床変動特性が顕著になること、特にCaseB-1-201では洗掘箇所が側岸付近まで及ぶこと、などが確認できる。

以下では、CaseAの結果に基づきCaseBの河床変動が生じるメカニズムについて考察する。CaseB-1については、(1)合流点下流において水路中央に流れが集中し加速されるため、合流点下流で掃流力が大きくなる。(2)合流点上流の水面形が堰上げ背水であり、上流からの合流点への土砂の供給が少ない。(3)その結果、合流点下流で洗掘が生じる。CaseB-2については、(1)3次元性の強い流れが生じるため、合流点下流で水路中央の土砂が側壁側へ輸送される。(2)その結果、水路中央では洗掘が生じ、側壁付近では土砂が堆積する。CaseB-3

については、(1)CaseB-2と同様の流れであるが、合流点周辺で水位が低下しているため合流点上流では流れが加速され、合流点への土砂の供給が多い。(2)合流点下流では流れが減速され、土砂が下流へ輸送されにくい。(3)その結果CaseB-2よりも広範囲で堆積する。以上のようなメカニズムで合流部の河床は形成されたと考えられる。

実際の河川では、河川合流点の洪水処理対策として、合流直後の川幅は、合流点上流の支川と本川の川幅の和とすることが挙げられている。これは本研究のCaseA-2、CaseB-2を踏まえると、下流の川幅が合流点上流の本支川の川幅の和と等しく、合流点上下流で等流・限界水深の関係が変化しない場合、最も河積の変化が小さく、流下能力を維持することができ、洪水による氾濫の危険性が低いことがその理由として考えられる。また、一方の河川の流送土砂が多い場合には、合流直後の川幅は合流点上流の支川と本川の川幅の和より少し小さくすることが挙げられている。これは、CaseA-1、CaseB-1の結果を踏まえると、下流の川幅が合流点上流の本支川の川幅の和より小さい場合、合流点下流での洗掘の規模が大きくなるため、上流からの流送土砂が多い場合には河床を維持することができるためであると考えられる。本研究のCaseA-3、CaseB-3のように下流の川幅が合流点上流の本支川の川幅の和より大きい場合、合流点周辺の側壁で土砂が広範囲に堆積するため、河積の減少、流下能力の低下につながる恐れがあり、実際に下流から河川改修を行う際には十分留意する必要があると考えられる。

4. おわりに

本研究では、本川と同規模な支川が本川に流入する状況を想定し、合流点周辺の流況と河床変動特性について検討した。その結果、(1)合流部周辺の流況は、水表面・底面ともに水路中央に向かう流れと水表面では水路中央へ向かい底面では側壁へ向かう3次元性の強い流れに分類されること、(2)このような流況によって合流部周辺の河床変動は、中央で洗掘が生じる場合、側壁で堆積が生じる場合、その両者が混在する場合に分類されることがわかった。また、(3)これらの合流部周辺の流況特性や河床変動特性は、限られた実験条件下ではあるが、流入流量と水路幅との関係による合流部上下流の等流・限界水深の関係によって決まることがわかった。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金若手研究B(課題番号：21760388, 研究代表者：重枝未玲)の助成を受け実施したものである。ここに記して感謝の意を表します。

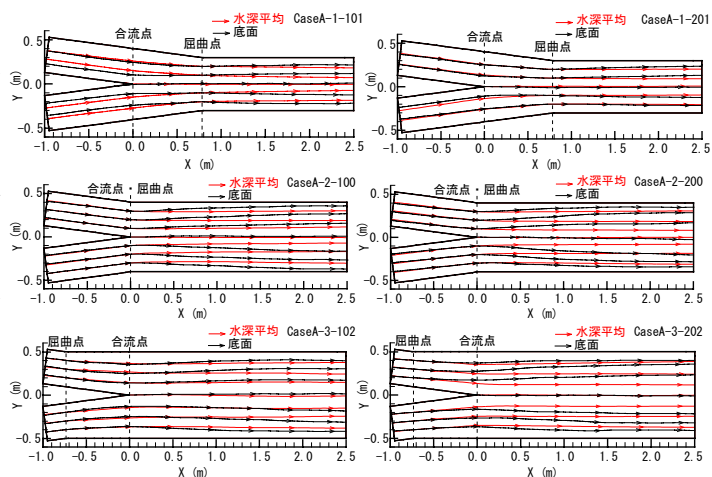


図-3 水深平均流線と底面流線

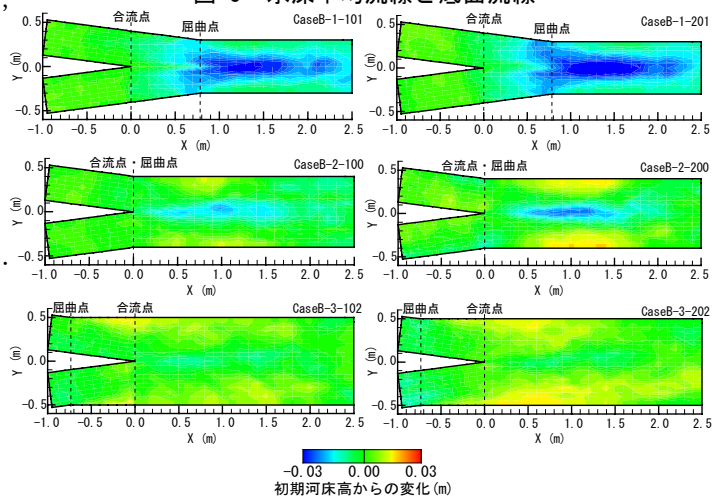


図-4 河床高コンター