

河川合流部周辺での流れと河床変動に関する研究

1. はじめに

河川合流部は、洪水時に河床の洗堀や土砂の堆積、それに伴う水位の上昇などが生じるため、氾濫の危険性が高く、防災・減災のいずれの観点からも重要な地点である。本研究は、比較的小さな支川が本川に流入する状況を想定し、下流の流況が変化した場合に、合流部の河床変動にどのようなインパクトを与え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に示すような本川(長さ8m×幅0.4m×高さ0.4m)と支川(長さ4m×幅0.1m×高さ0.3m)とで構成される合流角度 30° の可変勾配水路である。実験は、固定床実験(CaseA)と移動床実験(CaseB)を行った。河床勾配は、本支川共に1/400に設定し、移動床の実験では、粒径0.00075m、水中比重1.65の様な砂を実験水路に0.06mで敷き詰めて行った。実験条件は、表-1に示す通りである。本川と支川の流量を一定とし、合流後の河道幅を0.30m, 0.35m, 0.40mの三通りに変化させた。なお、流れの状態は常流となるように設定した。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。固定床実験では定常状態であることを確認し、移動床実験では、平衡状態であることを確認した後に測定を開始した。水位と河床高については砂面測定器で、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解析を行い求めた。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、縦断横断方向のいずれも5cmずつ測定した。

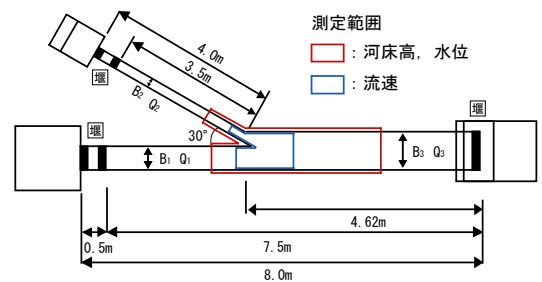


図-1 実験装置の概要

表-1 実験条件

Case	B ₁ (m)	B ₂ (m)	B ₃ (m)	流量比	Q ₁ (ℓ/s)	Q ₂ (ℓ/s)	Q ₃ (ℓ/s)	
固定床	A-1	0.25	0.1	1:0.4	3.6	1.4	5	
	A-2							0.30
	A-3							0.40
移動床	B-1	0.25	0.1	1:0.4	3.6	1.4	5	
	B-2							0.30
	B-3							0.40

3. 結果と考察

まず、CaseAの実験結果に基づいて、合流部周辺の流れについて考察する。図-2は、水位コンターと水深平均流速ベクトルを示したものである。これより、(1)合流部上流では水位が上昇し、その上昇の割合は合流後の河道幅が狭いCaseA-1, 2, 3の順で大きいこと、(2)合流部周辺では水位が低下し、低下する位置はCaseA-1, 2の間にはさほど大きな違いはないが、CaseA-3では下流側に移動すること、(3)合流部付近の流速ベクトルについては、CaseA-1では右岸側に向いたベクトルであること、CaseA-2では $X=0.05m$, $Y=0.2m$ 付近で右岸側に向いているがほとんどが水路に沿ったベクトルであること、Case-3については水路に沿ったベクトルであることなどがわかる。合流部では支川の流入状況により、(a)本川の流れを対岸に押し付ける流れと(b)本川に沿う流れが生じるが、CaseA-1では(a)の流れが、CaseA-2では(a)と(b)の中間的な流れが、CaseA-3では(b)の流れが生じたと考えられる。この時の水面形状に着目すると、本川上流側ではCaseA-1は明確な堰上げ背水曲線、CaseA-2は若干であるが堰上げ背水曲線、CaseA-3は低下背水曲線となっており、本川下流側・支川ではいずれのCaseについても低下背水曲線となっていた。このことを踏まえると、CaseA-1では合流前の本川の流れが合流部の堰上げによって減速され、相対的に支川の流勢が強くなり、本川の流れが支川によって対岸へ押し付けられたと考えられる。一方、CaseA-2では合流前の本川の流れは合流部の堰上げの効果はさほど無いため減勢されず、CaseA-

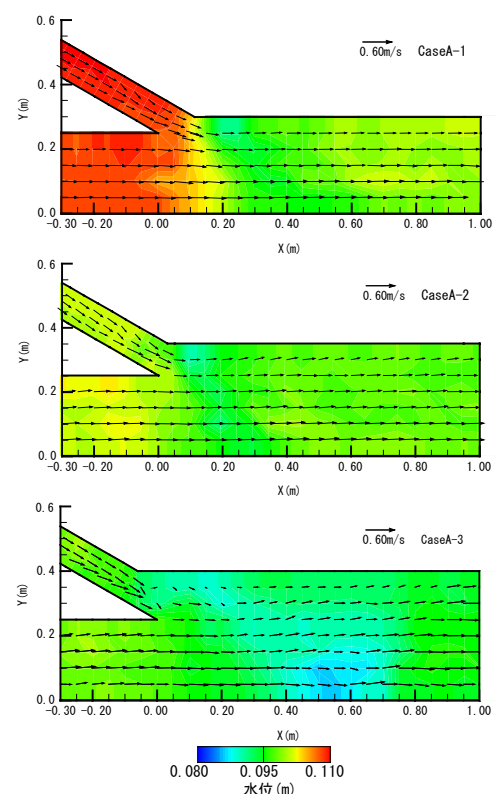


図-2 水位コンターと水深平均流速ベクトル

3では合流前の本川の水位は合流後の本川の水位よりも高く加速されるため減勢されず、本川に沿った流れが生じたと考えられる。

図-3は、底面で流下するプラスチック球の流線と水深平均流速の流線を示したものである。これより、合流部付近の底面流線は、(1)CaseA-1では本川の $X=0.25\text{m}$ まで右岸側に向けて流下し、その後左岸側へ向かうこと、(2)CaseA-2では合流部周辺で右岸側へ曲げられる流線もあるが、CaseA-1に比べてその曲がり小さく、また、下流側では左岸側へ向かう流線であること、(3)CaseA-3ではCaseA-1, 2でみられた右岸側への曲がりはなく、いずれも左岸側へ向かう流線であることなどが確認できる。また、合流部付近の水深平均流速の流線と比較すると流線は大きく異なり、特にCaseA-1では底面流線は左岸側へ向くのに対し、水深平均流速流線は右岸側へ向くことから、3次元性の強い流れが生じていると考えられる。

次に、CaseBの実験結果に基づいて、合流部周辺の河床変動について考察する。図-4は、CaseBの河床コンターを示したものである。これより、(1)CaseB-1では合流部左岸と右岸 $X=1.00\text{m}$ 付近の水衝部で局所洗掘されること、(2)CaseB-2では水路中央付近と右岸 $X=1.00\text{m}$ 付近の水衝部で局所洗掘が生じるとともに、合流後左岸側に土砂が堆積すること、(3)CaseB-3では局所洗掘は認められず、合流部左岸側に土砂が堆積すること、(4)CaseB-1, 2では流れに沿った流路ができていたが、CaseB-3では認められないこと、などが確認できる。合流角度や流量比等が異なり定性的な比較しかできないが、これらの結果を従来の実験結果と照らし合わせてみると、CaseB-1の形状はWeerakoonら¹⁾、舩屋ら²⁾、著者ら³⁾の実験結果と、CaseB-2の形状は出口ら⁴⁾、著者ら³⁾の実験結果と類似している。また、CaseB-3は、実河川の合流部で生じる寄州に類似している。

以下では、上記のような河床変動が生じるメカニズムについて、合流部周辺の流れの考察と併せて考察する。CaseB-1については、(1)図-4に示す左岸側の局所洗掘が生じる区間では、支川の流勢が強いため、図-2に示すように右岸側へ向かう流れが生じる。(2)この流れにより、左岸側壁付近の砂が右岸方向へ流されるとともに、図-3の底面流線に示すように、そこでの砂は下流まで流送される。(3)そのため、合流部付近では局所洗掘が生じ、左岸側への流れが生じる下流では土砂が堆積する。(4)また、支川の流れに沿った流路は右岸側に到達し、側壁の影響により左岸側へ流向を変化させるので、局所洗掘が生じる。CaseB-3については、左岸側へ向かう流れのみが生じるので、合流部下流に土砂が堆積する。CaseB-2については、CaseB-1, 3のメカニズムが混在する状況で、合流部付近では、底面で右岸側へ流れが生じる区間($Y=0.2\sim 0.3\text{m}$)と左岸側へ流れが生じる区間が現れ、合流部直下流で土砂が堆積するとともに、水路中央付近で局所洗掘が生じる。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。

4. おわりに

本研究では、合流後の流れの変化が河川合流部周辺での流れと河床変動に及ぼす影響を、固定床と移動床で実験を行い検討した。その結果、合流部周辺の流れと河床変動には以下のような特徴がみられた。(1)合流前の流れが合流部の堰上げによって減速される場合、支川の流勢が強くと本川の流れが対岸側へ押し付けられ、これに伴い底面では右岸側へ向かう流れが生じ、局所洗掘を引き起こす。一方、(2)支川の影響が小さくと本川に沿った流れが生じる場合、底面付近で左岸側へ向かう流れが生じ、合流部下流で土砂が堆積される。これらの特徴は、本川の合流前後の水面形の形によって決定されると考えられる。しかしながら、実験ケースが少なく断定はできない。そのため、今後は数多

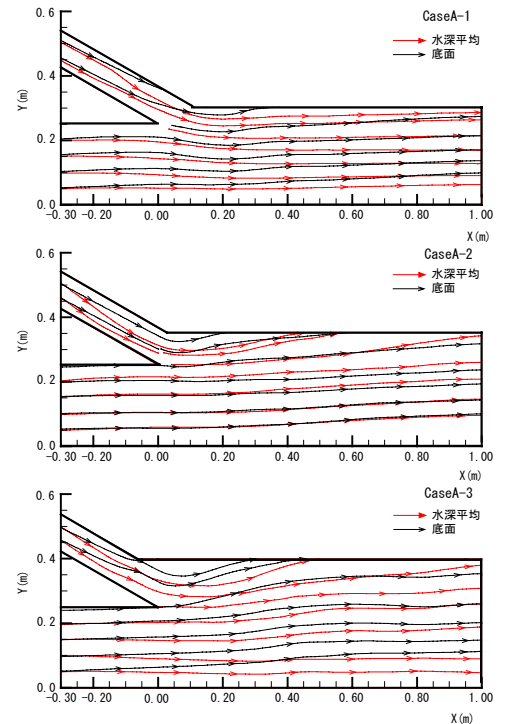


図-3 底面と水深平均流線

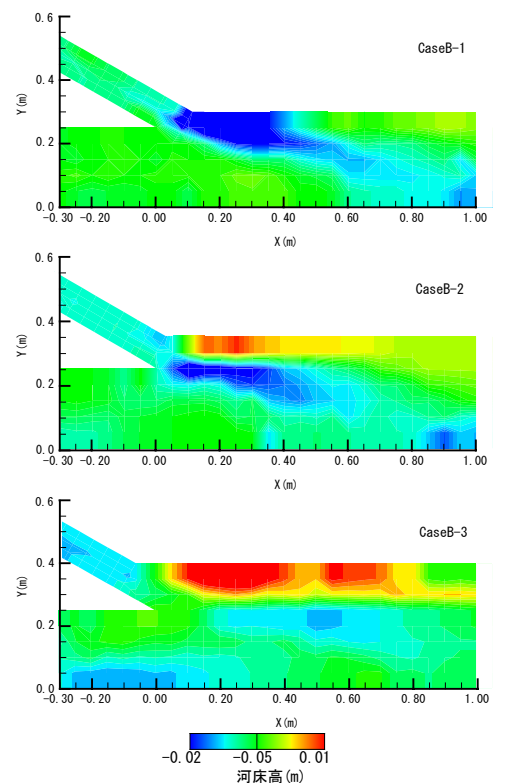


図-4 河床高コンター

くの条件下で実験を行い検討したいと考えている。

参考文献

- 1) Weerakoon, S. B. Tamai, N. and Kawahara, Y.: JSCE, No.34, pp.307-312, 1990.
- 2) 舛屋繁和, 清水康行, 舛甚甲介: 応用力学論文集, Vol.9, pp.1007-1014, 2006.
- 3) 重枝未玲, 秋山壽一郎, 森山拓士: 水工学論文集, 第53巻, pp.793-798, 2009.
- 4) 出口 恭, 藤田一郎, 椿 涼太, 大藪政志: 水工学論文集, 第51巻, pp.823-828, 2007.