

1. はじめに

水制は水による侵食作用から河岸や堤防を保護するために設けられている。近ごろでは水制周辺の流れが変化する機能を活用した河川の景観保護及び水生生物の生息環境の創造などといった多自然川づくりの考え方が提唱されている。木曾三川の下流部において干潟の減少が問題になっており、水制を連続して並べた水制群を各所に設置し、水制の機能の一つである土砂の堆積による干潟の再生を期待している。しかし、出水時において河川の流量の増加に対する水制の越流による水底の土砂の巻き上げ及び流出の増加によって河床の土砂が減少し干潟を造成するための土砂の堆積がままならないことが指摘されている。そこで木曾川における水制群の一部を参考にし、出水時に水制群が堆積促進にどのように影響しているかを実験的に検討したものである。主に浮遊砂による堆積及び水制間での流れに着目し、固定床において水制間の土砂の堆積、流出状況及び流れの構造を調べた。また、土砂の堆積をより促すための水制の間隔、形状（T字型、L字型）についても検討した。

2. 実験条件

土砂堆積実験で使用する水路は長さ 6m、幅 $B=30\text{cm}$ 、水路勾配 $I=1/1000$ のアクリル製長方形断面水路とする。今回使用した水制の形状について図-1 に示す。水深は水制を越流する状況のため、最後尾の水制から 1m 下流で 5cm とし、下流の堰によって調整した。実験水路は固定床とし、貯水槽に 250L の水と 8 号砂 6kg を入れ、攪拌した状態でポンプにより循環させた。8 号砂は掃流砂・浮遊砂が混在する条件になっている。実験条件を表-1 に、実験ケースを表-2 に示す。I 型については、水制間の距離を 15cm、20cm、10cm と変化させ、L 型、T 型については 15cm 間隔のみ行った。水を 1 時間循環させた後、砂の堆積形状をレーザー距離計で測定した。測定は第 1、第 2 水制間、第 3、第 4 水制間及び第 5、第 6 水制間で行った。

PIV 実験で水路は、長さ 7.5m、全幅 0.3m の可変勾配開水路を用いた。側面はガラス張りであり、レーザーによる光の反射を防ぐために、全水路底及び設置構造物を黒く塗装した。実験条件及び実験ケースについては土砂堆積実験と同様とし、測定位置についても同じとした。PIV 計測の流れの可視化には、直径 80 ミクロン、比重 1.02 のナイロン樹脂粒子を用い、厚

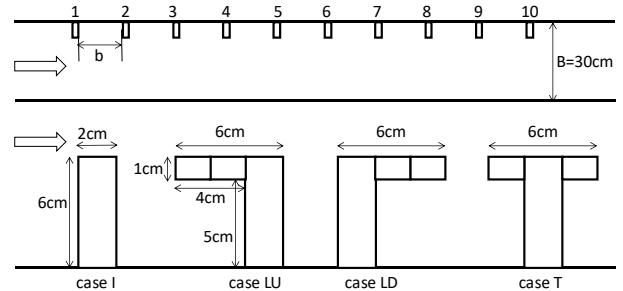


図-1 水制の形状（上：水制配置、下：水制形状）

表-1 実験条件

discharge Q (L/s)	water depth h (cm)	mean velocity U_m (cm/s)	Froude number Fr	bed slope I
3.4	5.0	22.7	0.32	1/1000

表-2 実験ケース

Case	Interval length b (cm)	Type
case-I1	15	I 型
case-I2	20	I 型
case-I3	10	I 型
case-LU1	15	上流向き L 型
case-LD1	15	下流向き L 型
case-T1	15	T 型

さ約 3mm のシート状にしたアルゴンレーザー光を開水路水平断面に照射した。レーザーシートの照射位置は、水平断面に 5mm 間隔で 9 断面($z=0.5\sim 4.5\text{cm}$)設定した。この可視化画像は高速度カメラ(ディテクト)を用いて 1/200s で撮影した。PIV 解析ソフト FlowExpert (カトウ光研)を用いて相互相関法により画像を解析し、16 秒間で 3200 データの流速ベクトルを得て統計処理を行った。

3. 土砂堆積実験

図-2 に各ケースの第 1-2 水制間の河床高コンターを示す。図の横断方向には $y=10\text{cm}$ までを示しており、主流域では河床波状の掃流砂輸送が発生していることに注意されたい。

いずれのケースにおいても、第 1 水制後方において砂が堆積しているのが観察された。これは第 1 水制を越流した流れがはく離によって水制後方へ回り込む流れを伴って、浮遊砂を堆積させたものと考えられる。この堆積量は下流向き L 型及び T 型のケースで大きくなる。一方上流向きの L 型のケースでは、この堆積が縮小し、堆積の下流には非堆積域が見られる。これは第 1 水制を越流した流れの再付着と主流部から流入した流れによって掃流されたことによると考えられる。水制間距離が長い case-I2 ではこの

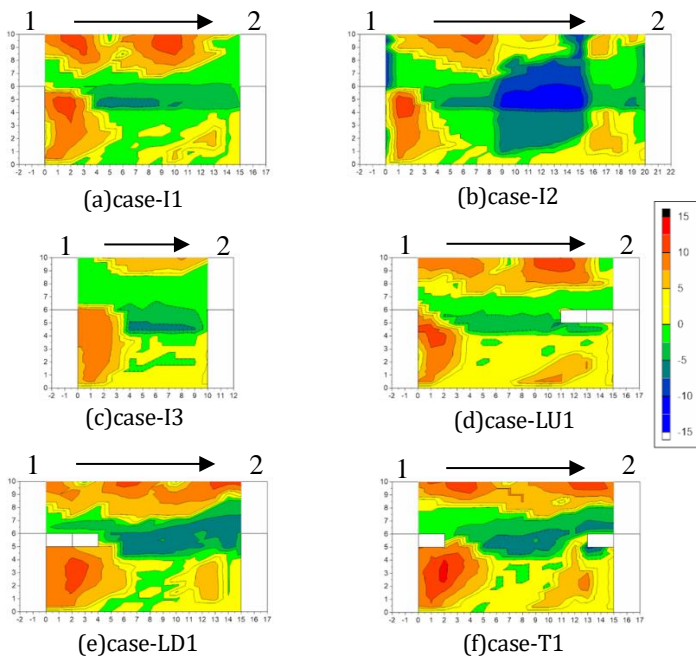


図-2 水制間の河床高コンター(1-2間)

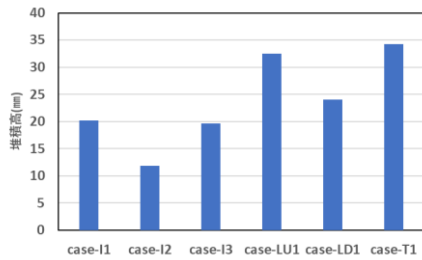


図-3 平均堆積高の比較

非堆積域が拡大している。これは主流域からの流入の影響が大きくなったためと考えられる。非堆積域の下流で第2水制の上流側にも堆積が見られ、これは第2水制による減速効果によると考えられる。ただし、第2水制直上流では、水制に衝突した流れが下降する流れ構造により堆積がなくなる。そのため水制間距離が短い case-I3 では第2水制上流の堆積が見られなかった。

第3-4水制間及び第5-6水制間においては全堆積量が第1水制後方に比べて減少していることが確認された。ただし、case-I1 及び case-I2 では水制間中央域の土砂の堆積の増加が確認された。これは第1-2水制間では第1水制による水はねの影響が大きかったのに対して、水制群の下流で主流域の流れが安定し、拡散効果により土砂の堆積が促されたためだと考えられる。

図-3 に水制間の堆積量の合計を水制間の面積で除した平均堆積高を示す。水制間の距離で見ると水制間距離が長くなると堆積量が減少することがわかる。水制形状では、水制が上流方向に凸形状である case-LU1、水制がT字の形状である case-T1 において堆積量が増大することがわかった。

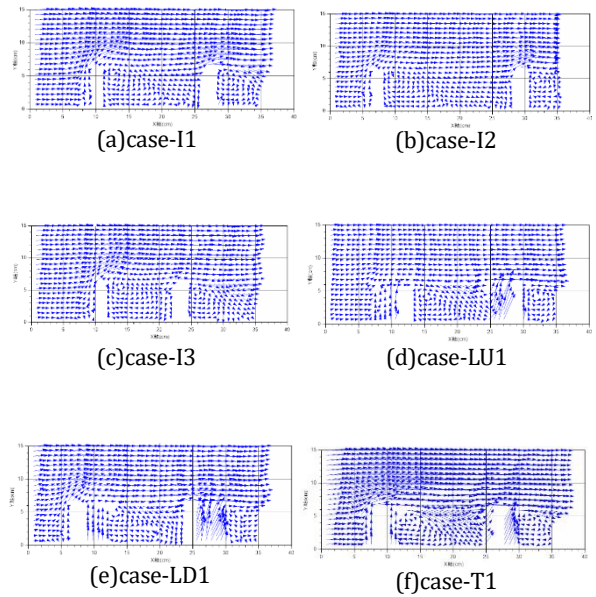


図-4 各ケースの1-2間の平均流速ベクトル(z=0.5cm)

4. PIV 実験

図-4 に各ケースの $z=0.5\text{cm}$ の断面においての第1-2水制間の平均流速ベクトルを示す。図の横断方向は $y=30\text{cm}$ まで存在しているが主に $y=0\sim 10\text{cm}$ までの範囲を着目する。

いずれのケースにおいても第1水制の後方において時計回りの渦が発生していることが確認された。これは主流から流入してきた流れが第2水制に衝突し水制間内を循環しようとする流れを形成したためだと考えられる。水制間の間隔が短い case-I3 では水制間全体で渦が生じた。上流向き L 型の case-LU1 と T 型の case-T1 では水制間に流入する平均流速が大きいことが確認され、このことが堆積量の増加に影響したと考えられる。下流向き L 型の case-LD1 では水制の平行工の内側での流速ベクトルが小さいことが確認された。

第3-4水制間及び第5-6水制間では第1-2水制間と同様に渦が生じていることが確認されたが後方の区間になるほど渦の面積が減少した。上流向き L 型の case-LU1 と T 型の case-T1 では水制間に流入する流れの平均速度も小さくなることが確認された。これは前方の水制群による減速効果が原因として考えられる。

5. おわりに

本研究によって水制の間隔及び形状による土砂の堆積状況の違い及び断面ごとの流れ構造について確認され、それぞれの結果を照らし合わせて堆積の傾向をある程度把握することができた。流量及び時間ごとの変化、養浜を施した状態での堆積形状の変化などについても把握してより土砂を定着させやすい条件などについても確認していきたい。