

河川狭窄部における深掘れ発生要因に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 ○原悠二
名古屋工業大学大学院 学生会員 鈴木僚

名古屋工業大学 フェロー会員 富永晃宏
名古屋工業大学大学院 学生会員 加藤智道

1. はじめに 木曽川では、砂利採取やダムの建設に伴い土砂供給量が減少し、河床低下が確認されている。またいくつかの箇所では河床低下に伴う局所的な洗掘が発生しており、最大 20m 程度の深掘れも確認されている。このような洗掘の拡大は周辺の構造物の不安定化や破損を招く可能性がある。また、他の河川においても同様の洗掘が発生することも懸念される。本研究では、木曽川上流から 37km 地点における特に洗掘深の大きい箇所を対象とし、流路の収縮が洗掘にどのような影響を与えるかに着目して移動床実験と数値計算により検討した。

2. 実験方法 実験水路は長さ 14m、幅 $B=59.3\text{cm}$ の勾配可変型開水路を使用し、水路勾配 $I=1/1000$ とした。実験は移動床実験で、平均粒径 $d_m=0.611\text{mm}$ の一様砂を厚さ 11cm で敷き詰め実験を行った。上流からの供給土砂は 0 としている。図-1 に示すように、木曽川上流から 37km 地点の洗掘区間では左岸砂州の張り出しと右岸の突出が特徴的であり、実験ではこれらをモデル化した。以下、河岸の張り出し部を左岸側水制、右岸側水制と記述する。設置する水制は、右岸側から張り出し角度が 60° 、左岸側から 30° となるように高さ 10cm、厚さ 3mm のアルミ板を組み合わせ設置した。水制設置箇所は右岸側水制と左岸側水制が 20cm 重なるようにした。張り出し La 、 Lb は可変とした。実験ケースは右岸、左岸側の張り出しを固定したケースと、現地に最も近い配置のケースとした。流量はインバータモーターにより調節し、流量 $Q=8.5\text{L/s}$ の際に移動床区間の上流端で水深 $h=5\text{cm}$ となるように調節した。ここで、平均流速 $U_m=28.7\text{cm/s}$ 、フルード数 $Fr=0.41$ である。通水開始から 120 分後の河床の高さをレーザー距離計を用いて x 軸方向に 1cm 間隔、 y 軸方向に 0.5cm 間隔に計測した。左岸側水制 2 つの水制の位置関係を図-2 に、実験ケースを表-1 に示す。



図 1-現地写真

表 1-実験ケース

	$La(\text{cm})$	$Lb(\text{cm})$
case1	15	6
case2	15	0
case3	6	15
case4	0	15
case5	12	6

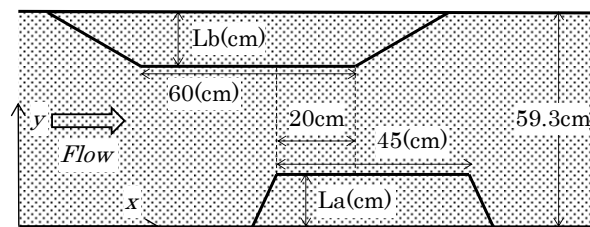


図-2 水制の位置関係

3. 実験結果 図-3 に case1, case3, case5 の河床形状コンターを示す。

case1 については、張り出しの大きい右岸側の剥離の影響が強く、水路流速が加速され右岸側水制周辺で洗掘が発生していることがわかる。特に右岸側水制上流側では最大 10cm 程度の洗掘が見られた。また、流路中央付近では最大 2cm 程度河床低下している。右岸側水制背後では洗掘箇所の掃流砂が堆積していることが確認された。一方、左岸側では堆積は見られない。これは張り出しが大きい右岸側水制の水はね効果によるものと考えられる。左岸側水制上流端付近でも洗掘は見られるが、最大 4cm 程度で右岸側ほど剥離流の影響は出ていない。

次に case3 について考察すると、洗掘深は左岸側で最大 4.5cm、右岸側で 9cm 程度となっている。張り出しは左岸側の方が大きい右岸側の剥離流による洗掘深が大きくなっていることより、張り出しの大きさよりも角度が流れに影響を与えることがわかる。流路中央付近では、case1 と同様に 2cm 程度の河床低下が確認された。水制背後ではどちらも掃流砂の堆積が確認できた。

case5 についても、右岸側、左岸側共に剥離流による洗掘が見られ、どちらも水制上流側のエッジ部に洗掘が生じている。右岸側水制付近では最大 8cm 程度の洗掘が確認できた。

また、case2 では case1 と、case4 では case3 と類似した傾向が確認できた。いずれのケースでも右岸側水制の剥離流の影響が強く出ており、最大洗掘深は全ケース共に右岸側水制上流端付近で表れている。実河川で発生しているような流路中央への流れの集中による洗掘は再現することはできなかったが、流路が収縮したことによって流速が速くなるため、縮流部中央付近では他の箇所より河床が低くなっていることが確認できる。

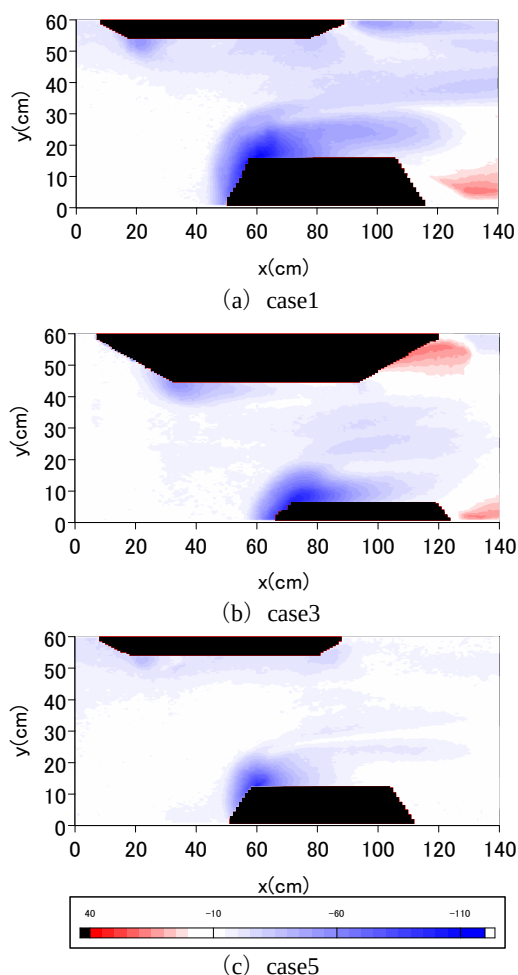


図-3 河床形状コンター

4. 数値計算 狭窄部における底面せん断応力 τ_{bx} の変化を検討するため水深平均の k- ϵ モデルによる計算を試みた. 図-4に数値計算で得られた case1, 3, 5 での τ_{bx} のコンターを示す.

case1 は右岸側水制の水はねによって水制前方の τ_{bx} が大きくなっていることが分かる. さらに左岸側の水はねによって流路中心付近に流れが集中し, 流路中心付近で最も高い値を示している. 一方, 右岸側水制背後では τ_{bx} が負の値を示しており, 逆流域が存在することを表している.

case3 では張り出しの大きい左岸側の水制による流れの変化よりも, 張り出し角度の大きい右岸側の水制による流れの変化が大きくなっており, 右岸側水制前方で最大の τ_{bx} の値を示している. このケースでは左岸側水制背後の逆流域が広がっている. いずれのケースでも τ_{bx} は, 両水制の水はねにより流路中央付近で高い値を示す傾向がある.

図-5に case5 の底面せん断応力 τ_{by} を示す. τ_{by} が大きい箇所と洗掘箇所はよく一致しており, 右岸側水制上流端で洗掘が発生し, 水はねにより加速された流れが流路中央部に集中することで洗掘が拡大していくと考えられる.

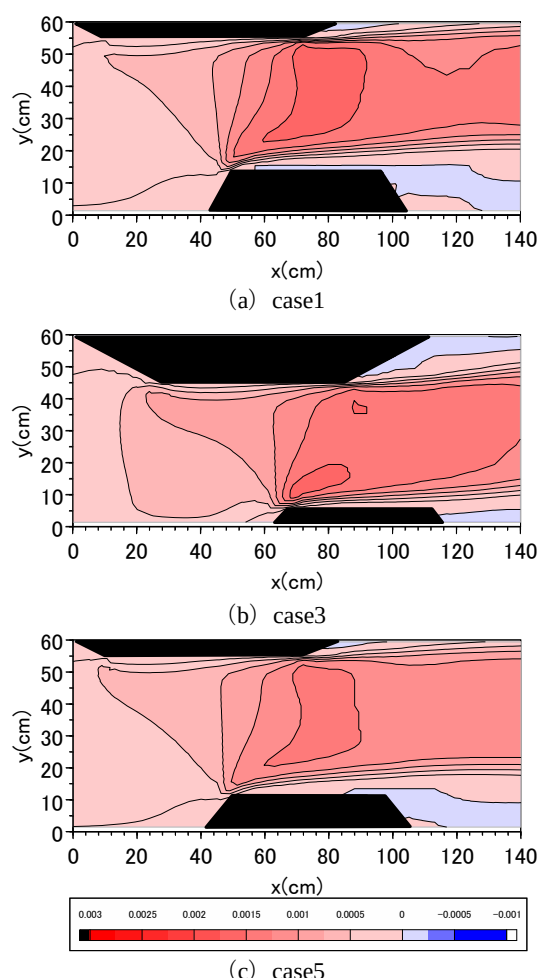


図-4 底面せん断応力図 τ_{bx}

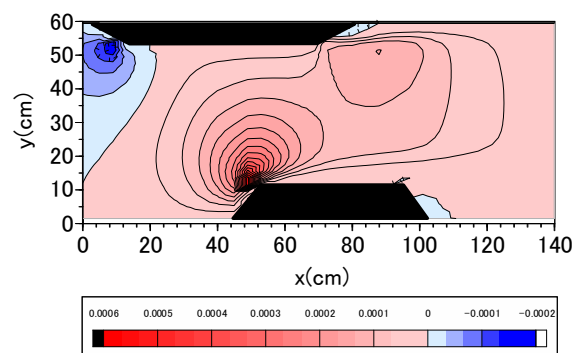


図-5 case5 の底面せん断応力図 τ_{by}

5. おわりに 今回の研究から流路の収縮が洗掘へ及ぼす影響を述べる. 水制によって流路が収縮する際に, より洗掘深が大きくなるのは水制の張り出し角度が大きい水制の上流端付近で, 水はねによって流れが流路中央に集中することで洗掘が進行していく. しかし今回の実験では実河川で起きているような洗掘は再現できなかった. 流れを流路中央に集中させること以外に, 流路中央付近で三次元的な流れを発生させるような方法や, 水制エッジ部が洗掘されないような条件を検討する必要がある. 今後も移動床実験を通じて, 実河川で確認されている洗掘を再現できる条件を検討していきたい.