

導流工設置による水制工周辺の洗掘抑制に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 ○富田和希

名古屋工業大学 フェロー会員 富永晃宏

1. はじめに：近年，河川流域の開発や都市化の影響により，流域内の保水機能が失われ，従来に比べ河川に急激な出水をみたり，洪水流量が著しく増大する傾向が見られる．一方，各河川ではダム建設や砂利採取が盛んに行われて上流からの土砂の供給が減少した結果，全体的な河床低下がもたらされているとともに，砂州が固定化し局所的な深掘れの傾向が顕在化している．こうした傾向をもつ河道内にある水制の先端に発生する局所洗掘が水制自体の致命的被害をもたらしていることがある．そこで本研究では過去の研究¹⁾を参考に水制の前方に障害物となるものを設置し，その長さ，設置場所の違いにより，各々が水制単体に対し，どの程度洗掘を抑制するかを検討した．

2. 実験方法：実験水路は，全長 13m，幅 60cm の勾配可変型長方形水路で，水流が安定する上流側より 4.5m から 10.5m の 6m を移動床区間とし，中央粒径 $D_{50}=0.950\text{mm}$ の砂を厚さ 11cm に平らに敷き詰めた．水路勾配は 1/500 に設定した．

水制の模型は，粒径 3～4.76mm の細礫，線径 1.65mm の針金，線径 0.55mm×8 メッシュの金網を用いて作成し，高さ 17cm，幅 5cm，長さ 10cm とした．また，障害物(以下導流工とする)の模型は水制と同様の材料を用いて作成し，高さ 14cm，幅 5cm，長さは 5cm と 10cm の 2 パターンとした．空隙率はいずれも体積比で約 24% である．水制の位置を移動床区間の上流側から 300cm に 1 基設置し，導流工を水制の上流側に 1 基設置した．模型は水路の底面に付け水制は砂面から 6cm，導流工は砂面から 3cm だけ出るように設置した．水制と導流工の設置間隔 d は 0cm，5cm，10cm，15cm の 4 パターンとした．流量は模型を設置しない状態で流量を調整し移動床の下流端の水深が 5.0cm，7.0cm となるように調整し，非越流時を $0.0106\text{m}^3/\text{s}$ ，越流時を $0.0168\text{m}^3/\text{s}$ とした．

表-1 のようにケースを設定し，通水開始から 90 分後の河床の高さをレーザー距離計によって計測した．計測は水制の 45cm 上流から開始し，洗掘区間は 1cm 間隔，堆積区間は 3cm 間隔，横断方向には 0.5cm 間隔で行った．

表-1 実験条件

ケース名	導流工長 L [cm]	設置間隔 d [cm]	最大洗掘 深さ [cm]	流量 Q [m^3/s]	水深 h [cm]	フルード数 Fr
caseA-0	5		7.0	0.011	5.0	0.511
caseA-1		0	6.3			
caseA-2		5	5.6			
caseA-3		10	4.7			
caseA-4		15	4.8			
caseA-5	10	0	5.5			
caseA-6		5	4.0			
caseA-7		10	3.3			
caseA-8		15	2.9			
caseB-0			9.9			
caseB-1	5	0	8.5	0.017	7.0	0.489
caseB-2		5	8.2			
caseB-3		10	7.6			
caseB-4		15	7.0			
caseB-5	10	0	10.1			
caseB-6		5	8.6			
caseB-7		10	7.4			
caseB-8		15	6.2			

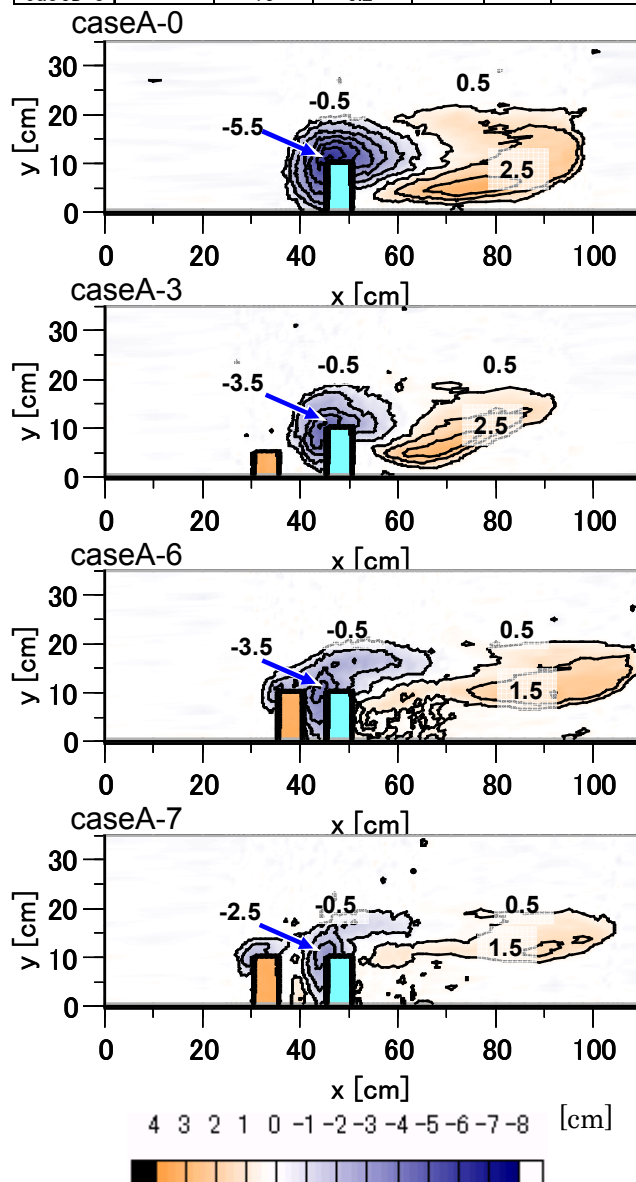
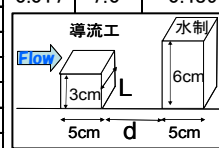


図-1 河床高コンター

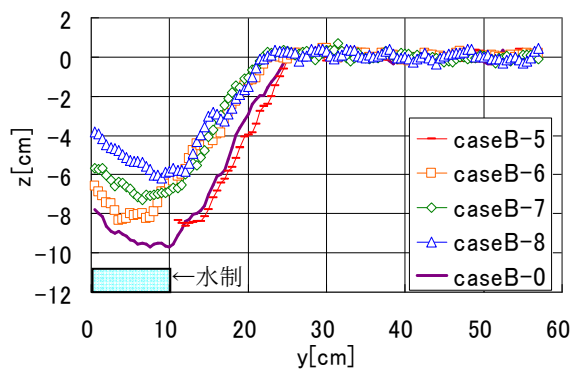


図-2 河床変動横断面図 (x=44cm)

3. 実験結果及び考察：図-1 に規定時間通水後の caseA-0, 3, 6, 7 の河床高コンター図を示す。砂の粒径とレーザー距離計の相性が悪く、測定値が大きいくずれる箇所が発生したため、隣接平均法によりスムージングをかけた。caseA-0 と caseB-0 が水制単体で設置したものであり、これを基本として各ケースの洗掘を考察していく。

水制が単体のケースでは水制斜め前方を中心に洗掘されている様子が見られ、水制先端から後方にかけて洗掘が伸びている。導流工の設置によりいずれのケースでも洗掘深の低減がみられる。caseA-7 では水制斜め前方の洗掘が最も減少したが洗掘パターンが変化し、水制前面の洗掘が側壁側へ広がり、水制先端から下流にかけての洗掘が減少している。導流工の設置間隔を短くした caseA-6 では、caseA-7 と同様の形状で導流工の斜め前方の洗掘と一体となって洗掘が深くなっている。caseA-7 の導流工長を短くした caseA-3 は導流工周辺での洗掘がほとんどなく caseA-0 と同様の形状で洗掘が減少している。ただし、水制斜め前方あたりでは等高線の間隔が一定ではなく、一つの段が出来ている。

図-2 は caseB-0 と caseB-5~8 の水制前面 1cm の $x=44\text{cm}$ における河床変動横断分布を示したものである。図-3 は caseB-0 と caseB-5~8 の水制先端より 1cm の $y=11\text{cm}$ の位置における河床変動縦断分布である。これによると水制単体のケースと導流工との設置間隔が 0cm のケースの二つと導流工を水制と間隔をあけて設置したケースと洗掘形状が 2 分化されている。水制前面では導流工との間隔 d が大きくなるにつれて洗掘が小さくなっているが、水制先端から水路中央にかけての洗掘形状はほとんど同様であり caseB-0 より洗掘が抑制されている。

導流工の影響は流下方向のせん断応力による洗掘を減少させることと、導流工と水制の間に横断渦を発生させることである。横断渦により水制前面での

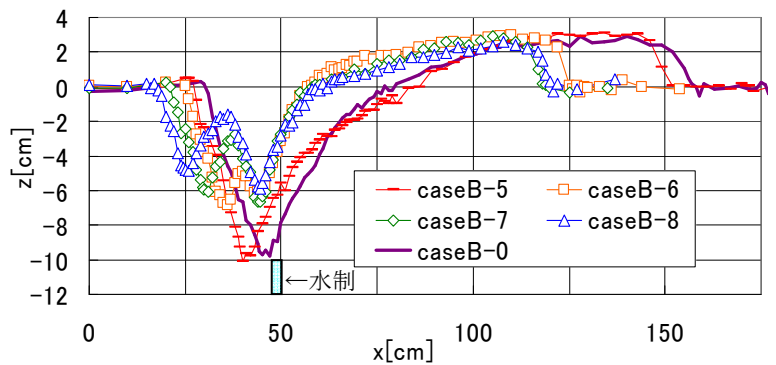


図-3 河床変動縦断面図 (y=11cm)

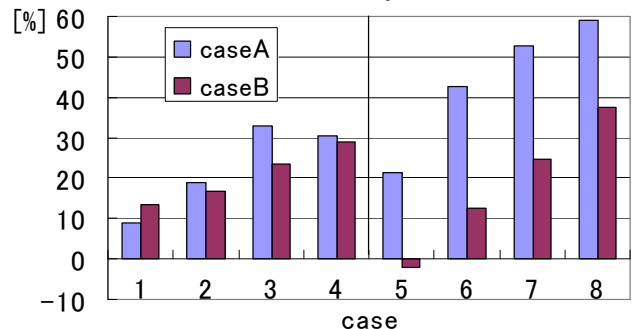


図-4 最大洗掘深軽減率

洗掘が大きくなり先端のせん断応力の減少により水制先端あたりの洗掘が小さくなったものと考えられる。

図-4 に各ケースの最大洗掘深の軽減率を示す。これは case0 の最大洗掘深を 100% とし、各ケースの最大洗掘深の軽減量を表したものである。これによると、全体的に越流時より非越流時の軽減率が大きくなっている。導流工長については、非越流時では導流工が長い方が軽減率は大きいですが、越流時では設置間隔が短いときは導流工が小さい方が軽減率は小さくなっている。設置間隔に注目すると間隔が大きいものほど洗掘の抑制効果が大きくなっている。これより、導流工により流下方向のせん断応力が小さくなるが設置間隔が狭いと逆に横断渦を強くする要因になり、渦による洗掘が大きくなると考えられる。また、越流時では非越流時よりも横断渦が強いため軽減率が小さくなったものと考えられる。

4. おわりに：移動床実験を行い、河床変動を測定した結果、導流工を設置することにより水制の局所洗掘を抑制することができ、設置間隔が狭いとその効果が小さくなることが分かった。今後、河床変動後の流速を計測するなどしてメカニズムを詳しく解明していく必要がある。

参考文献：1) 富永・榊・山本：カゴマットを用いた水制周辺の現地観測と河床変動, 第 65 回 土木学会 年次学術講演会論文集 II -238,475-476,2010