

# 導流工設置による水制工周辺の洗掘抑制に関する研究

指導教員 富永晃宏 教授

富田 和希

**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<sup>1)</sup>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のかを検討した。

**2. 実験方法**：実験水路は、長さ13m、幅60cmの直線開水路で、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、移動床実験では中央粒径 $D_{50}=0.950\text{mm}$ の砂を厚さ11cmに平らに敷き詰めた。固定床実験では砂を散布し粗度を与えた鉄板を敷くことで水路全体を一様な河床とした。水路勾配は1/500に設定した。水制の模型は、針金、金網で造った型枠に細礫を詰めて作成し、底面からの高さ6cm、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、底面からの高さ3cm、幅5cm、長さは5cmと10cmの2ケースとした。空隙率はいずれも体積比で約24%である。水制の位置は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。移動床実験では模型は水路の底面に付け設置した。水制と導流工の設置間隔 $d$ は0cm、5cm、10cm、15cmの4ケースとした。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、移動床実験では通水開始から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。固定床実験ではcaseA-0, 3, 6, 7の実験を行い、流速計測には2成分電磁流速計を使用し、水面形の計測にはポイントゲージを使用した。

**3. 実験結果及び考察**：図-1にcaseA-0とcaseA-7の河床形状を示す。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。caseA-7では洗掘形状が変化し、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洗掘が減少している。また、最大洗掘発生位置はcaseA-0より上流に位置している。

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 $Q$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	水深 $h$ [cm]	フルード数 $Fr$
caseA-0			7.0	0.0106	5.0	0.511
caseA-1		0	6.3			
caseA-2	5	5	5.6			
caseA-3		10	4.7			
caseA-4		15	4.8			
caseA-5			0			
caseA-6	10	5	4.0			
caseA-7		10	3.3			
caseA-8		15	2.9			
caseB-0			9.9	0.0168	7.0	0.489
caseB-1		0	8.5			
caseB-2	5	5	8.2			
caseB-3		10	7.6			
caseB-4		15	7.0			
caseB-5			0			
caseB-6	10	5	8.6			
caseB-7		10	7.4			
caseB-8		15	6.2			

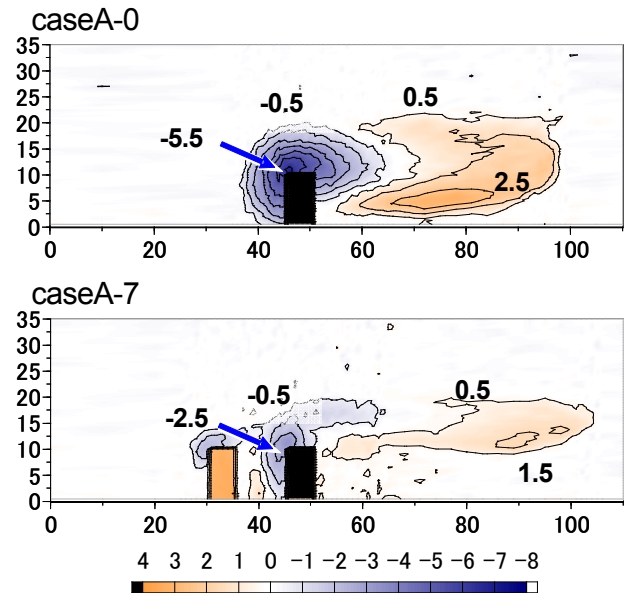
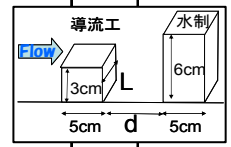


図-1 河床高コンター

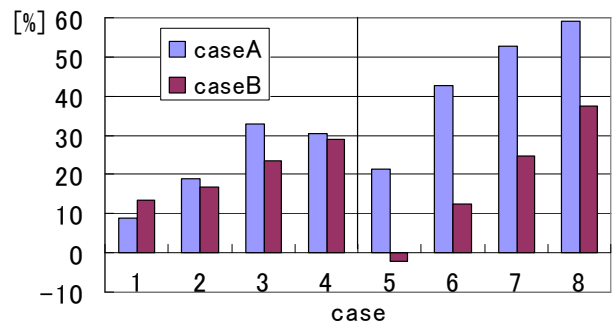
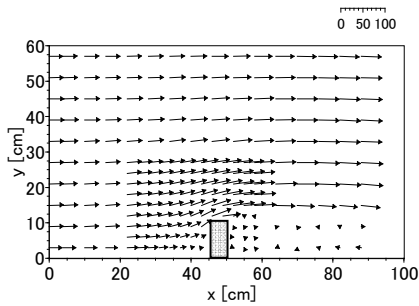
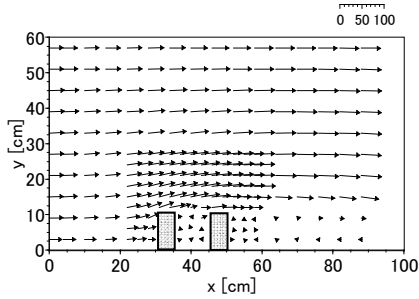


図-2 最大洗掘深軽減率

図-2に各ケースの最大洗掘深の軽減率を示す。これはcase0の最大洗掘深と各ケースの最大洗掘深の差のcase0の最大洗掘深に対する割合で表したものである。他ケー

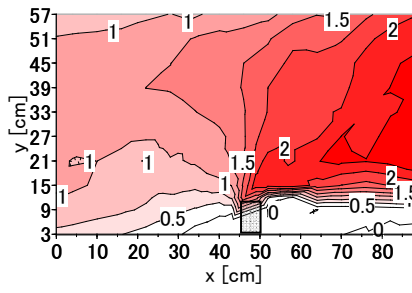


(a) caseA-0

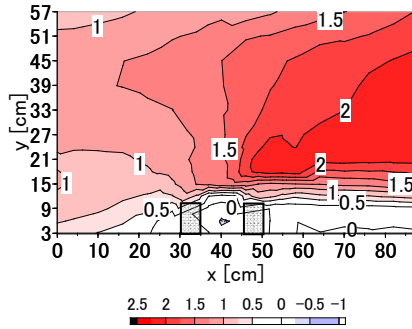


(b) caseA-7

図-3 x-y平面流速ベクトル  
(z=2cm)

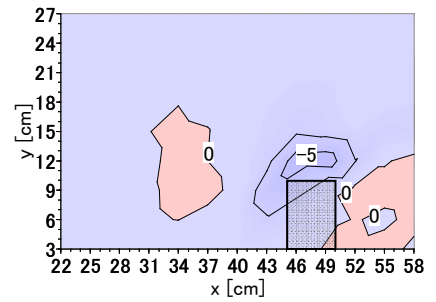


(a) caseA-0

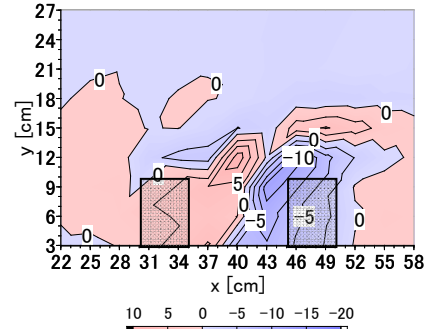


(b) caseA-7

図-4 無次元底面せん断応力  
 $\tau_{bx} / \overline{\tau_{bx0}}$  コンター



(a) caseA-0



(b) caseA-7

図-5 流速 W コンター  
(z=1cm)

スにおいても水制単体のケースよりも最大洗掘深が軽減されるが、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率を表したものである。他ケースにおいても水制単体のケースよりも最大洗掘深が軽減されるが、設置間隔が広がるほど軽減率が大きくなる。導流工長が 10cm のケースでは非越流時に大きな軽減率を示すが、越流時は軽減効果が小さくなった。

図-3 に caseA-0 と caseA-7 の x-y 平面流速ベクトル (z=2cm) を示す。水制上流側では水制による堰上げ効果が見られ、右岸の水制に近づくにつれて流速が減少している。caseA-0 では水制先端付近ではベクトルが水路中央側に向き流速が上昇し、水はねが見られるが caseA-7 では導流工と水制の間では流速が小さくなっており、水はねも小さくなっている。水制背後では流速がほとんど 0 となっているが若干の直進性が見られるため水制の透過性が認められる。

図-4 に x=0cm における平均の底面せん断応力  $\overline{\tau_{bx0}}$  で無次元化した流下方向の無次元底面せん断応力  $\tau_{bx} / \overline{\tau_{bx0}}$  の分布を示す。なお、底面せん断応力  $\tau_{bx0}$  は z=1cm における流速  $u_b$ 、 $v_b$  を用いて次式より算定した。

$$\tau_{bx} = \frac{\rho C_f}{2} u_b \sqrt{u_b^2 + v_b^2} \quad (1)$$

水制の前方と背後では流速の低下に伴い、底面せん断力は低下している。caseA-0 では水制斜め前方から底面せん断応力が增大しているが水制の斜め下流のほうが値は大きくなっている。caseA-7 は水制斜め前方で底面せん断応力は小さくなっており、水制前面では負のせん断応力

が発生している。導流工を設置することにより流れの供給量を減らし、水制斜め前方で発生する底面せん断応力を減少させている。

図-5 に x=1cm における鉛直方向流速 W のコンター図を示す。caseA-0 では大きな変動は見られないが水制先端付近で下降流が発生している。caseA-7 では水制前面では下降流、導流工背後では上昇流が発生している。また、水制先端の下降流が強くなっている。これは導流工を越流することにより水制前面の横断渦が強められることによるものである。

河床形状と比較すると底面せん断応力が上昇している箇所や渦の影響による下降流が発生している箇所で大いなる洗掘が発生しており、この二つが相互に影響し洗掘を発生させているといった傾向が見られる。

4. おわりに：導流工を設置することによる水制工周辺の洗掘に対する効果を以下にまとめる。

1. 水制への流れの供給量を減らすため水制斜め先端での水はねがあまり見られなくなり、水制周辺の底面せん断応力を低下させ全体として洗掘を減少させる。
2. 導流工を越流することで水制前面の横断渦を強化する。発生した渦に伴って水制前面の下降流を強化し、逆流や上昇流を発生させる。そのため、水制前面の洗掘はあまり減少しない。

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