

越流型水制群を有する移動床流れに及ぼす水理条件の影響

名古屋工業大学 学生会員 加藤 敦
名古屋工業大学 武藤 淳

名古屋工業大学 学生会員○今野 威一郎
名古屋工業大学 正 会 員 富永 晃宏

1. はじめに 水制に関しては、近年様々な研究がなされているが、移動床流れについては、いまだ説明されていない点が多くある。特に、水制をすぎる相対水深や流速などの水理量の変化は、水制群周辺の河床変動や水制域内の流れ構造に大きな影響を与えると思われる。そこで本研究では、移動床において越流型の水制を複数設置し、越流水深及び断面平均流速の変化が河床変動や水制域の流れ構造にどのような影響をもたらすかを検討した。

2. 実験方法 実験水路は、長さ 13m、幅 59.3cm の勾配可変型水路を用い勾配は 1/3000 とした。水制は、幅 3cm、高さ 3cm、長さ 10cm（ただし、先頭から 3 番目までは長さをそれぞれ 4cm・6cm・8cm とした）の越流型を計 27 基設置した。水制の形状と配置に関するパラメータを図 1 に示す。また、各ケースの基準点水深 h （第 12 水制上）、断面平均流速 U_m の条件を表 1 に示す。水制群周辺の河床変動への影響を調べるため平均粒径 0.05cm の砂を水制群上流 1.4m から下流 4.0m まで厚さ 10cm で敷き詰め移動床とし、頭部洗掘の進行状況、最終洗掘形状を計測した。流速は 2 成分電磁流速計を用い、同計測点において L 型電磁流速計で主流速と鉛直流速、I 型電磁流速計で主流速と横断流速をそれぞれ 1 断面 529～628 点、水深方向には 4～7 断面、一ケース最大 3802 点計測し、第 12・13 水制間の詳細計測及び第 5・6、第 9・10、第 19・20 水制間での横断方向分布を計測した。水深はサーボ式波高形を用い、水面形を時間ごとに計測した。

3. 実験結果 図 2 に、頭部洗掘深の流下方向変化を示す。流速が遅い場合、先頭から洗掘深が徐々に減少し、そして、第 19 水制付近から、水制下流部での水深の低下により洗掘深が増大していく傾向にある。 $U_m = 22\text{cm/s}$ のケースでは、頭部洗掘深は流下方向にあまり変化していない。また、水制頭部洗掘深は、時間の進行とともに、それぞれのケースで相似形で増大していることがわかる。

図 3 に、全水制（27 基）の平均頭部洗掘深時間変化を示す。これは、いずれのケースも頭部洗掘深は時間とともに増大し、その変化量が減少している様子がわかる。基準点水深 $h=6\text{cm}$ 、 4cm のケースとともに、洗掘深は U_m に比例し増大している。また、 U_m が同じ場合、 $h=4\text{cm}$ より、 $h=6\text{cm}$ の方が頭部洗掘深が大きくなっている。

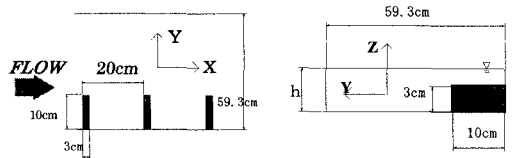


図 1 水制の形状

表 1 実験ケース

U_m \ h	4cm	6cm	8cm
18cm/s	4-18	6-18	8-18
20cm/s	4-20	6-20	8-20
22cm/s	4-22	6-22	8-22

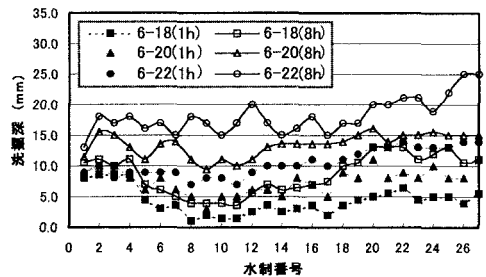


図 2 頭部洗掘深流下方向変化

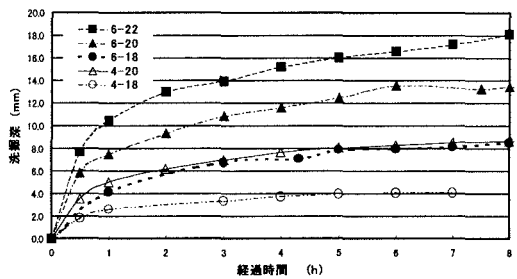


図 3 水制頭部平均洗掘深

図4に、第12・13水制間中央部、 $z = 1.5\text{cm}$ における平均主流速 U 、乱れ強度 u' の横断方向分布を示す。水深の違いによりこれらの分布形状に違いが見られた。

$y=400\sim 200\text{mm}$ の領域では、 $h=6\text{cm}$ のケースの方が、 $h=4\text{cm}$ のケースに対して du/dy が大きく、より広い

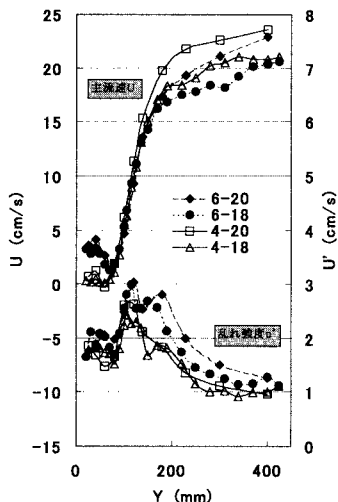


図4 主流速 U 、乱れ強度 u' の横断方向分布 ($z=1.5\text{cm}$)

範囲に水制の影響が

域では、各ケースほぼ同様な分布を示す。 $y=80\sim 0\text{mm}$ (水制域内)では、 $h=6\text{cm}$ のケースでは、流下方向に流れを持つのにに対し $h=4\text{cm}$ のケースでは、非常に遅い流れになる。乱れ強度のピークは各ケースとも水制頭部から $2\text{cm}\sim 3\text{cm}$ 主流側付近に生じ、 $2.5\text{cm/s}\sim 3\text{cm/s}$ となった。乱れ強度の強い領域の幅は、 $h=6\text{cm}$ のケースのほうが、大きくなっている。図5は、水制前面 2cm での主流速 U の横断方向分布 ($z=1.5\text{cm}$)である。 $h=6\text{cm}$ では、水制前面にぶつかる流れが $3\text{cm/s}\sim 5\text{cm/s}$ あるのに対し、 $h=4\text{cm}$ では 1cm/s 以下になっていることがわかる。水制前面にぶつかる流れは、水制前面で左右に分かれる流れと、下降流とに分かれ、これが洗掘をひきおこすと考えらることから、この流速の違いが越流水深による頭部洗掘深の差をもたらすと推測される。このことから、図3の結果が説明できる。図6～図7に、ケース4-18、6-18の xy 平面流速ベクトル図を示す。ケース4-18では、水制域内の流れは、非常に弱く、水平渦構造を示しているが、ケース6-18では、流下方向の流れが存在し、水制頭部に当たっていることがわかる。また、このような水制域内での流れの変化は、水制間隔による違いに類似していることも特徴的である¹⁾。

4. まとめ 今回の実験で、越流水深が、水制域の流れに大きな影響を及ぼし、それが水制頭部の洗掘に関係していることがわかった。したがって、水制頭部の洗掘深には、主流の平均河床せん断応力とともに、越流水深も大きく関係している。

<参考文献>

1) 富永・加藤 水制群による流れ構造と河床変動に及ぼす影響 土木学会中部支部論文集 pp185-186 1998

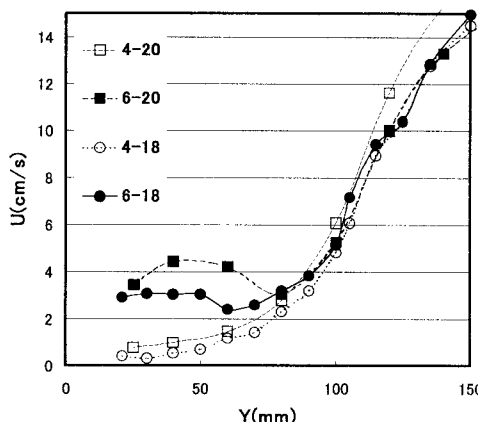


図5 水制前面流速 U 横断方向分布

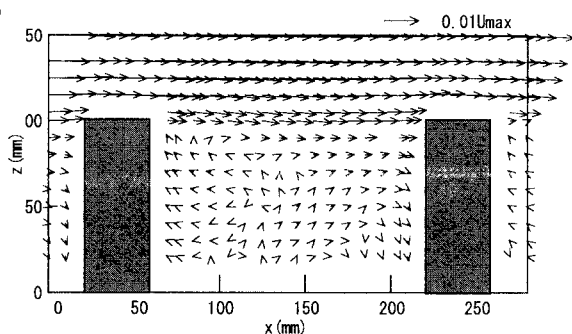


図6 ケース4-18の xy 平面流速ベクトル図 ($z=1.5\text{cm}$)

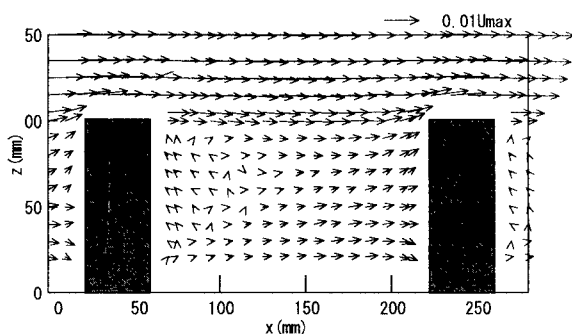


図7 ケース6-18の xy 平面流速ベクトル図 ($z=1.5\text{cm}$)