

水制周辺の流速分布について Velocity Distributions around a Spur-Dike

崇田徳彦*・渡邊康玄**・清水康行***

By Naruhiko MUNETA, Yasuharu WATANABE and Yasuyuki SHIMIZU

In river planning, it is necessary to study the influence of river construction to the river flow and the river bed. A flow affected by the river construction is a three-dimensional complicated flow.

Sand deposition and scour around the construction is caused by this complicated flow which make it difficult to grasp the river change with the construction.

To investigate the mechanism of flows induced by spur-dike, we need the field survey around a spur-dike.

we are reporting new results obtained from the occurrence of secondary flow behind the spur-dike.

Keywords: spur-dike, secondary flow, field survey

1. はじめに

水制施工計画立案には、水制によって生じる河床変動について数値計算^{1)~5)}や模型実験^{3), 6)}を行い、水制長や水制間隔等を決定する必要がある。しかし、現地における観測は行われておらず、数値計算や模型実験がどの程度現地の現象を再現しているかは不明である。

本研究は弯曲部に設置されている水制周辺の流れを計測し、水制背後の土砂堆積に伴う2次流の効果について検討した。

2. 現地および調査概要

十勝川は大雪山連峰十勝岳に発し、流域面積9,100km²、流路延長156kmの一級河川である。旅来地区は十勝川河口から約10km上流に位置し、平成4年8月新たに5基の水制が設置された。設置当初の水制長は17mであり、平成6年8月二期目の工事により長さ34mに延長された。昭和61年度に行われた河床材料調査によると、この地区の河床材料粒径は約1cmである。水制施工前の旅来地区の航空写真を写-1に示す。

調査日は平成5年5月1日と平成6年10月14日であり、流量は両日とも年平均流量とほぼ同量の250m³/sである。

*正会員 北海道開発局開発土木研究所
(062 札幌市豊平区平岸1-3)

**正会員 工博 北海道開発局開発土木研究所
(同上)

***正会員 工博 北海道大学工学部
(060 札幌市北区北13条西8丁目)

また着目した 5 基の水制は現在のところ水制長に対して水制間隔 (約 150m) が充分長いため、1 基の水制に着目したとき単独水制と見なすことができる。このため最前列の水制についてのみ観測を行うこととした。

着目水制近傍の河床変動に影響を与える出水は、新設、延長工事に対してそれぞれ施工直後に発生しており、平成 4 年 9 月に流量約 $2,500\text{m}^3/\text{s}$ (水位 6.9m)、平成 6 年 9 月に流量約 $2,200\text{m}^3/\text{s}$ (水位 6.8m) が発生した。また、平成 5 年の融雪出水は規模が小さく河床の変化に対しては有意ではなかった。水制施工、観測日およびその間の出水の関係を図-1 に示す。

3. 計測装置

平成 5 年 5 月 1 日の測定には、3 次元電磁流速計 (ALEC 製) を用いた。電磁流速計を棒の先端に固定し、人力により所定の水深となるよう調節し、水深方向に 20cm 間隔で流速を測定した。測定は電磁流速計の針を直接目視して行った。なお、測定時間は一点につきほぼ 4~5 秒である。

平成 6 年 10 月 14 日の測定には超音波多層式流速計 ADCP (米国 RD Instruments 社製) を用いた。ADCP は測定部を水中に水没させ水面から超音波を発射して超音波のドップラー効果を利用す



写-1 旅来地区航空写真

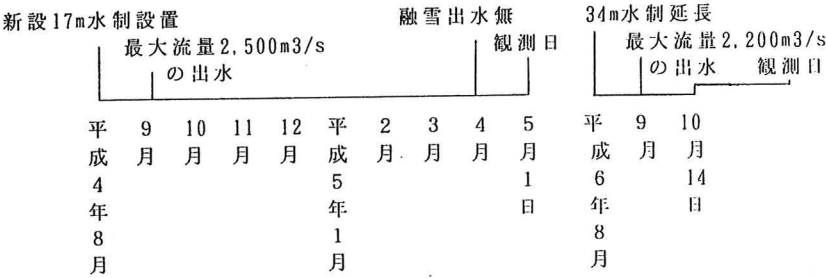
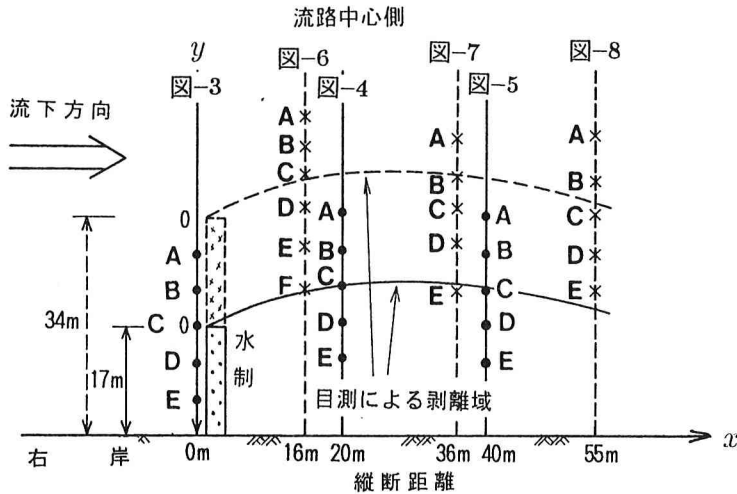


図-1 観測日と出水の関係



● H5年5月1日の観測点 × H6年10月14日の観測点 (水制長 17m) (水制長 34m)

図-2 測定点平面図

ることにより水深別の3次元の流速がデジタルデータとして得られるものである。測定時間は0.2秒間隔で60秒間行い、25cm層厚(ただし、水面から1mは測定不能)で測定した。

4. 調査結果

測定点周辺の平面図を図-2に示す。水制の延長方向を y 軸(流路中心から右岸側が正)としそれに対して直角方向に x 軸(水制下流方向が正)、水深方向に z 軸(河床から表面が正)をそれぞれとることとする。A, B, C, D, E, Fは測定個所であり、水制先端から連ねる線が目測による剥離域である。

平成5年5月1日に行った調査結果を図-3, 4および5に示す。また平成6年10月14日に行った調査結果を図-6, 7および8に示す。 x , y , z 軸に対して流下方向流速 u 、横断方向流速 v 、鉛直方向流速 w がそれぞれ対応する。図は手前が上流、左側が流路中心であり、縦軸は標高(T.P)、横軸は水制先端からの距離を示す。また、破線は水面を示し、測定個所を連ねる実線は河床を示す。

4-1 流速

水制上流域の調査結果図-3によると、水制によって遮られた流れが河床付近に潜り込み流路中心側に向かっている。横断方向流速を見ると測点BおよびCで表面付近と河床

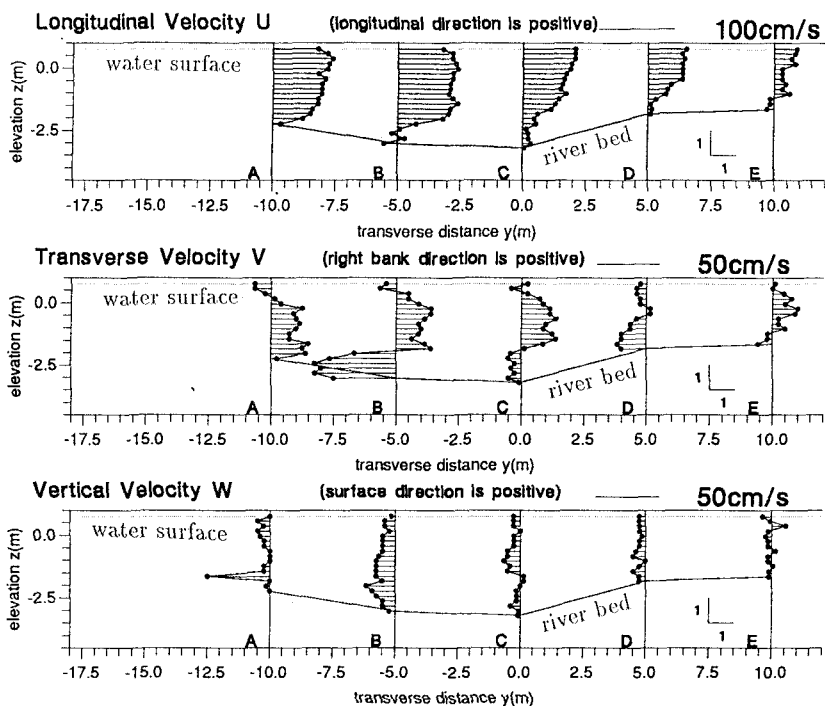


図-3 水制上流側 0m(平成5年5月1日観測結果)

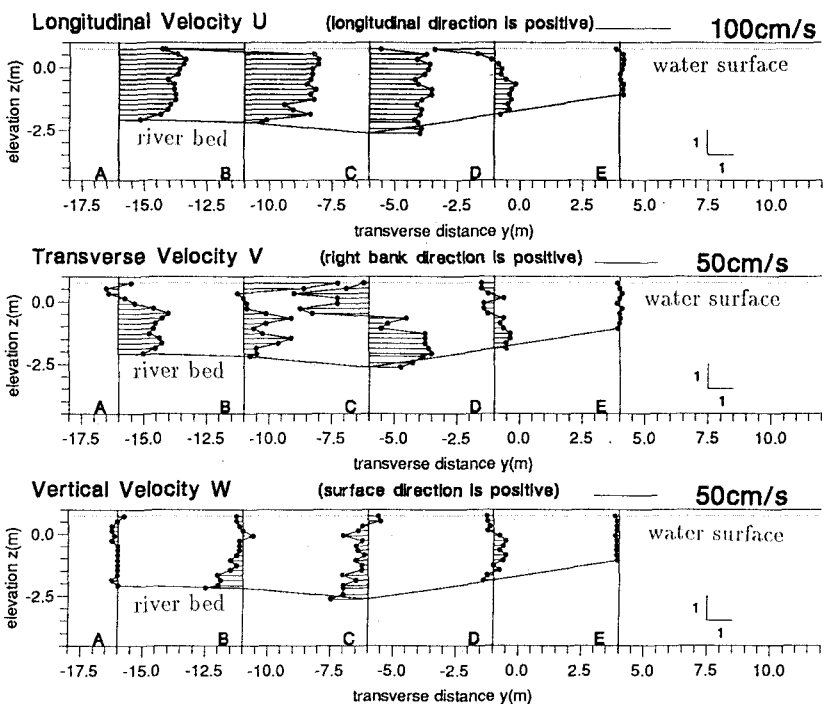


図-4 水制下流側 20m(平成5年5月1日観測結果)

付近で流速が逆向きになっている 2 次流が生起している。特に測点 B の河床付近では流速 75cm/s であり、ほぼ流下方向流速と同程度の流速が生じている。

水制下流側 16m 及び 20m の調査結果図-6 及び 図-4 によると、図-6 の測点 B の流下方向流速は河床付近で流速が膨らんでいる。これは水制によって遮られた上流域の流れが河床付近に入り込んだことによるものと考えられる。しかし、この地点から縦断的に 4m 下流の測点である図-4 の測点 C ではこのような流速分布をしていないことから、水制先端部で発生している河床付近で膨らんだ流下方向流速分布は水制のごく近傍でしか生起していないものと考えられる。

図-4 の測点 C および D、図-6 の測点 B および C の横断方向流速は河床付近で流路中心側から右岸側へ向かい、表面付近で右岸側から流路中心側へ向かう 2 次流がよく示されている。この 2 次流は水制上流側で発生している 2 次流とは向きが逆になっている。今回行った 2 回の調査では、水制からの縦断的な測定位置が多少異なる (16m および 20m) もののほぼ同規模の 2 次流が発生しており、水制長の違いによる 2 次流の大きさの違いは認められなかった。

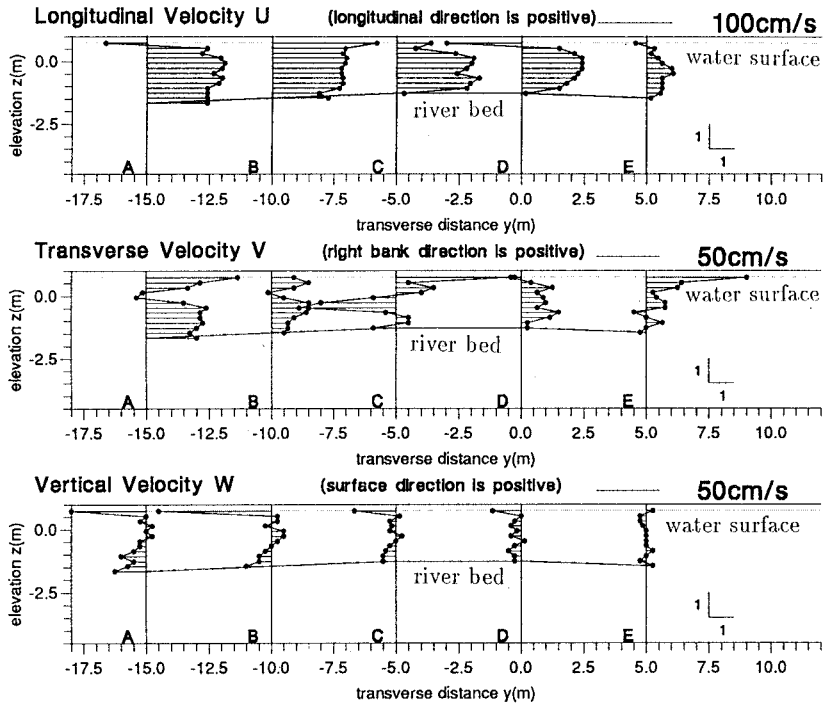


図-5 水制下流側 40m(平成 5 年 5 月 1 日観測結果)

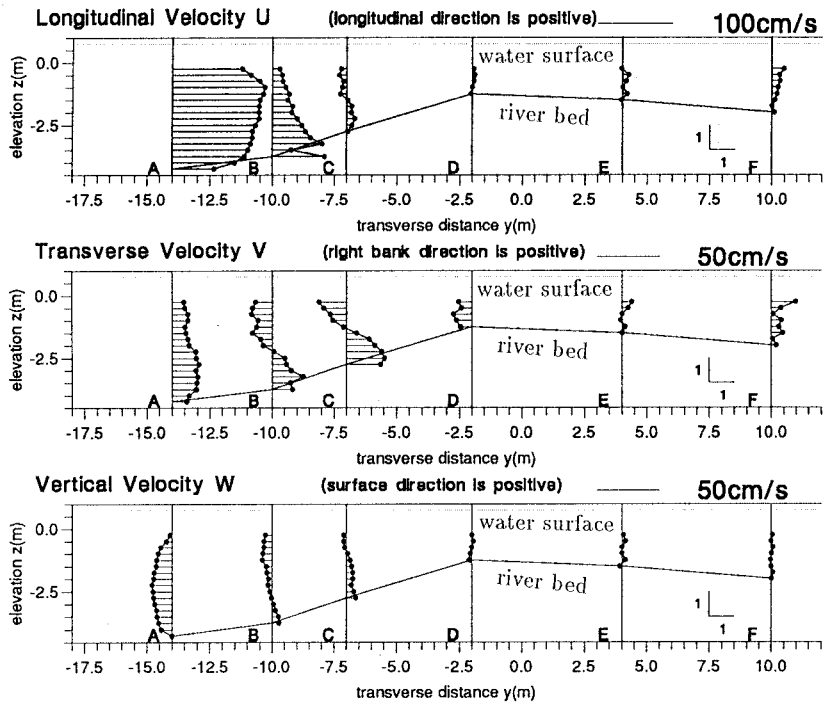


図-6 水制下流側 16m(平成 6 年 10 月 14 日観測結果)

図-4 の測点 C および D において鉛直方向流速は測点 C では下向き、測点 D では上向きの流れが生じている。また同様に図-6 の測点 B の河床近傍では上向き、それ以外では下向き、測点 C では上向きの流れが生じている。これによって下流に向かってらせん流が発生しているのが明確に伺える。室内基礎実験によると⁷⁾、水制背後に生じる 2 次流は流下方向流速に対し 1 オーダー小さな値を示しているが、今回の調査結果では流下方向流速とほぼ同規模の流れとなっている。

水制下流側 40m の観測結果である図-5 によると、横断方向流速が水深方向に不連続な分布形となっている。水制から 40m 下流の位置であることから水制により生じた流れが不安定になっているため 1 点につき 4~5 秒の観測時間では不十分であったと考えられる。

4-2 河床

H6 年 10 月 14 日の観測結果である図-6 および図-7 では、測点 D を頂点として水制によって発生する 2 次流により土砂が堆積している。H5 年 5 月 1 日の観測においては、2 次流により生じたと考えられるマウンドはない。この異なった現象の理由として以下のことが考えられる。H5 年 5 月 1 日の観測は施工直後の出水から

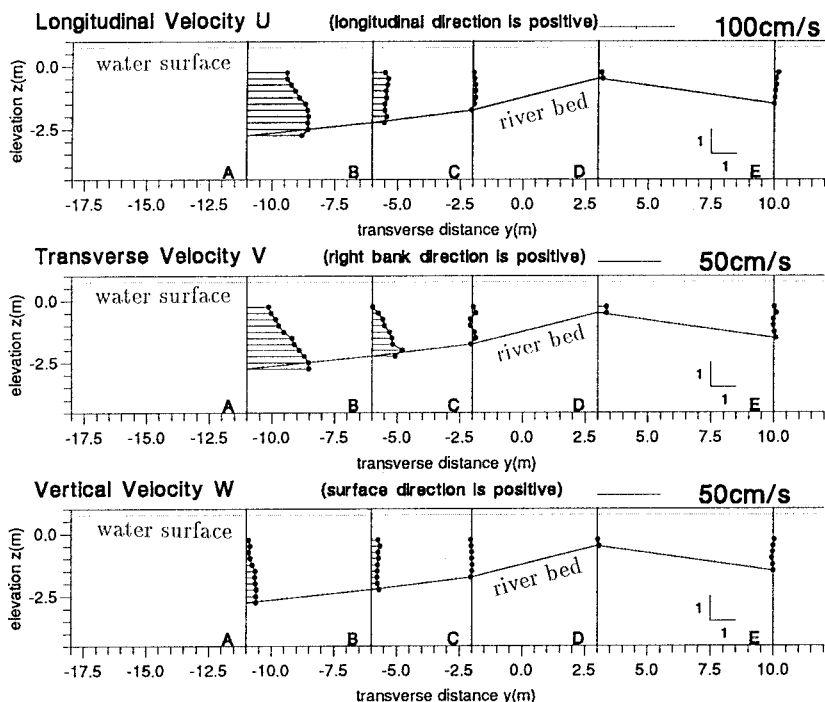


図-7 水制下流側 36m(平成 6 年 10 月 14 日観測結果)

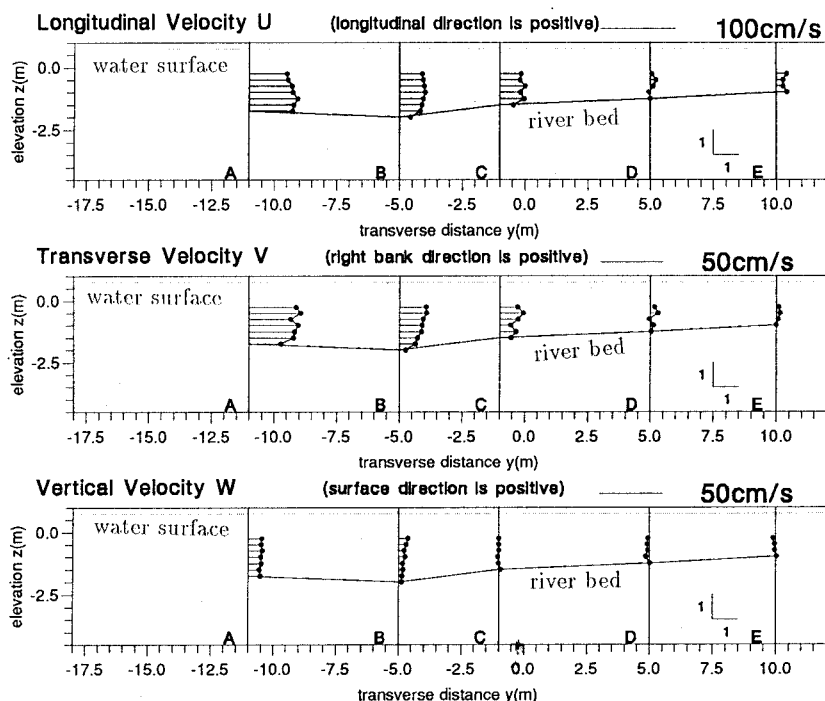


図-8 水制下流側 55m(平成 6 年 10 月 14 日観測結果)

半年程度経過していることから、出水時の2次流によりマウンドは形成されたが、その後乱流拡散による浮遊砂がマウンド周辺に堆積したため、2次流により生じたマウンドは見えなくなった。このことは、水制からの縦断距離がほぼ同じである図-5と図-7の河床形を比較したとき、図-7のマウンドの頂点の高さが図-5の河床の高さにほぼなっていることから上記のことが考えられる。

流れと河床変化について検討を加えると以下ようになる。水制背後の剥離域を境界として2次流が発生しており、この2次流の働きにより剥離域を縁取る形で土砂が堆積する。つまり水制背後では2次流によってマウンドが形成される。マウンドが形成されることで、さらに水制背後では乱流拡散による土砂堆積が促進されるものと考えられる。

5. 結論

今回の観測結果をまとめると以下ようになる。

- (1) 川幅が水制長に対して充分広い場合、水制長が異なっても出水規模が同程度の場合、ほぼ同規模の2次流が発生している。
- (2) 水制先端から下流域に広がる剥離域近傍で発生している2次流により水制背後の土砂堆積が生起している。このことから、水制背後の積極的な土砂堆積を考える場合には、段階的に水制を延長した方が効果的と考えられる。

このように、水制背後の土砂堆積は、水制によって発生する2次流が大きな要因となっていると考えられる。一般に水制に関する基礎実験は室内で行われてきた。しかし室内の限られた水路幅に対して対岸の側壁の影響が発生しないような水制長を想定すると、水制を水路幅に対して短くするか水深を小さくしなければならない。また、水制長を短くすると水制側の側壁により水制によって生じる2次流が抑制される。さらに水深を小さくするとせん断力が小さくなり、河床材料を小さくしなければならないと言った問題が生じる。このため、2次流による土砂堆積は室内の基礎実験では再現することが非常に難しくなっている。今後水制背後の基礎実験を行う場合、以上の点を考慮する必要がある。

今回の現地調査によって、水制周辺に発生する2次流を捉えることができた。特に ADCP を用いての計測では、鉛直方向流速についても妥当と思われる値を観測することができ、河川流況調査に ADCP が非常に有効な観測機器であることが示された。

今回の検討は、流速調査をもとに検討したものであり、今後水制背後に堆積する土砂の粒度分布調査を行うとともに、水理的な検討を含め水制背後の土砂堆積の検討を行う必要がある。

謝辞

ADCP の計測に関して (株) S E A の下田氏より、著者らの昼夜の質疑さらに観測現場からの質疑に対して機敏な対応をしていただいた。心から謝意を表す。

参考文献

- 1) 板倉忠興, 黒木幹男, 森明巨: 水制の機能と効果に関する研究, 水域経営に関する基礎的研究, pp.101~121, 1991
- 2) 道上正規, 檜谷治: 水制周辺の平面 2 次元河床変動計算に関する研究, 水工学論文集, pp.61~66 第 36 巻, 1992
- 3) 福岡捷二, 渡辺昭英, 西村達也: 水制工の配置方法の研究, 土木学会論文集, pp.27~36, No.443, 1992
- 4) 清水康行, 西本直史: 水制による河床変化の数値計算, 開発土木研究所報告, pp.1~24 No.98, 1993
- 5) 崇田徳彦, 清水康行: 水制を含む流れの準 3 次元数値計算モデルの開発, 土木学会論文集, pp.31~39, No.497, 1994
- 6) 加治昌秀, 竹本成行, 福田義昭, 北條紘次: 効果的な水制工の配置に関する研究, 土木学会北海道支部論文集, pp.369~374, No.48, 1992
- 7) 崇田徳彦, 清水康行, 橋本識秀: 水制を含む流れの実験的研究, 年次学術講演会概要集, pp.180~181, No.47, 1993