

1.はじめに

水制は元々流勢を弱め、河岸侵食を防ぐ治水構造物として古くから利用されていたが、最近では河川環境に多様性を与える構造物として多自然型川づくりの一工法にもなっている。しかし水制による周辺河床への影響を詳細に予測することは極めて困難であり、水制工の施工前に、設置してから河川にどのような多様性を生むかまでは考慮されていないのが実情である。そこで本研究では、庄内川に設置された上向き水制群が周辺の河床に与えた影響を観測によって明らかにし、また模型水路による実験を行うことでその要因を検討することとした。

2.現地観測

2.1 観測方法 観測場所は庄内川下流域にあたる、河口から13.6kmで枇杷島観測所から2.1km下流の「下河原の水制」と呼ばれる地点で行った(写真-1)。miniADPと小型双胴船、無線により構成された超音波ドップラー方式の計測システムであるリバーキャットを用いて、水深と水深ごとの流速を計測した。移動しながら行う断面計測と、一定時間固定して行う定点計測の2種類を行った。



写真-1 航空写真(斜め写真)

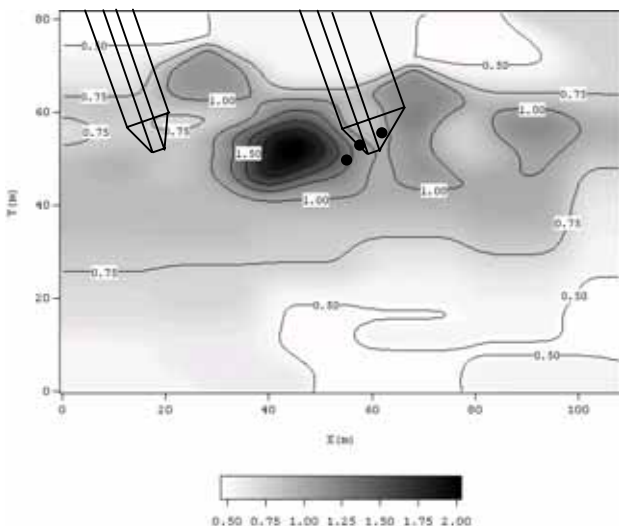


図-1 河床高コンター

2.2 結果と考察 図-1は水制周辺の河床高コンターである。洗掘域は上流から下流にかけて帯状に広がっており、流れに対して角度はほとんどないことがみてとれる。大きな洗掘は、第1水制先端から30m程度上流の地点と、第1水制先端付近の上流側、第1水制先端から15m程度下流の地点、水制間の中心からやや第2水制よりの地点の4つが挙げられる。特に第1水制先端から15m程度下流の洗掘が大きく、水深が2m以上になっている。水制付近の洗掘は水制の影響によってできたものと考えられるが、第1水制先端から30m程度上流の洗掘は水制による影響ではなく、その上流側で河川幅が変化しているためであると思われる。水制間の堆積は河岸に沿って形成されており、第2水制先端付近でまた堆積域が発達して、逆コの字型を形成している。

図-2は水制周辺の主流速ベクトル図である。第1水制先端で流れの向きが河心に向かうものと水制間内に入り込むものに分かれていることが見てとれる。河心に向かう流れは全体的に速いが、逆に水制間内に入り込む流れは遅くなっている。さらに、水制間内に入り込む流れは第1水制の後方に再付着するように逆流しており、第2水制後方ではそのような挙動が見られない。また、第1水制先端の後方では平面渦が発生していることがわかる。第2水制先端では流れにあまり変化がなく、その後方の流れはやや河心方向に傾いている。

図-3は第1水制先端付近の定点における流速の鉛直分布である。計測点を図-1に示している。Vaは水制の軸に対して平行で根元から先端への向きを正とした流速で、Vbは水制の軸に対して直角で流下方向を正とした流速である。水制前方の流れの最深部でほとんど流速がな

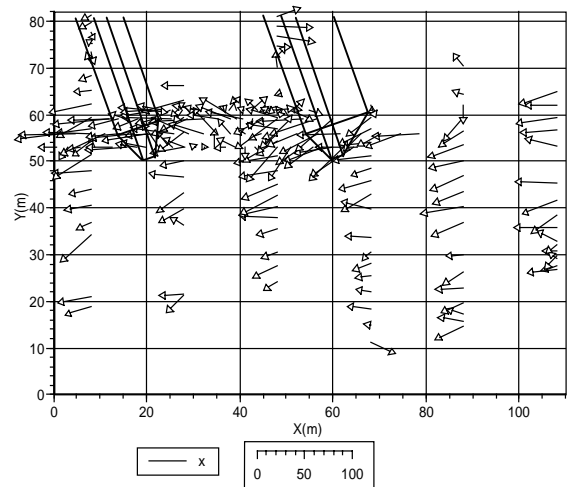


図-2 主流速ベクトル図(表面流)

くなっていることがわかる。これは水製の法面に流れが衝突したためと思われる。また、水深 1.0m 前後で水制後方の流速が前方の流速より大きくなっており、さらに後方で、より大きくなっている。このことから水制に衝突した流れが減速しながら上流側法面を昇り、下流側法面を滑り降りながら加速して河床を洗掘していると推測される。

3. 河床変動実験

3.1 実験方法 本実験は、実河川の水制が周辺河床に与えた影響とその要因を検討することを目的とするため、実河川の地理条件と水製の構造条件に、水平縮尺 1/200、垂直縮尺 1/50 の縮尺をかけた歪み模型を作成して実験を行った。流量は、観測された洪水時の流量をフルード相似則により設定した。本実験では砂の平均粒径を 0.4mm とした。表 - 1 に水理条件を、表 - 2 に水制条件を示す。

3.2 結果と考察 図 - 4 は河床変動コンターである。第 1 水制先端上流の洗掘は、時間経過とともに大きく深くなっていくことがわかる。また、第 1 水制先端の洗掘は、時間とともに埋め戻されて堆積している。これは、上流の洗掘域が大きくなったためにその影響を受けたためと考えられる。堆積域は、洗掘域の後方で形成されているものと、水制間内に形成されたものがある。洗掘域後方の堆積域は、洗掘の発達に比例して大きくなり、洗掘域を取り囲むように発達していることから、洗掘によって運ばれた掃流砂で出来たものと考えられる。水制間内に形成された堆積域は、はじめは 2 つの水制ごとにできていたものが、時間が経って繋がるようにコの字型に発達している。全体として洗掘の規模に比べて堆積規模は小さく、堆積域はあまり発達しなかったといえる。

洗掘域が水制後方で流れに平行に発達している点と、第 1 水制後方で発達する洗掘域の形状が似ている点で現地観測の結果と酷似した結果となった。ただし、第 1 水制上流の洗掘域の発達が著しい点や、第 1 水制の上流側根元付近で洗掘が起きている点は現地観測の結果と異なる結果となった。水制を含む凹部の形状を直線的な模型にしてしまったことによる影響が考えられる。堆積域に関しては、水制間に形成された堆積形状が、現地観測の結果と似ているものの全体的に堆積が少なかったことから、現地の堆積はその大半が浮遊砂によってできたものであると考えられる。実際、水制間の堆積砂の粒径は周辺の砂洲の粒径よりかなり細かった。

表 - 1 水理条件

Q (lit/s)	H (cm)	B (cm)	I	V (cm/s)	R (cm)	Fr	Re	U _* (cm/s)	U _{*c} (cm/s)
8	7.2	44.8	1/1000	24.8	5.4	0.295	13736	2.311	1.71

表 - 2 水制条件

ケース名	時間 (h)	水制群数g	水制向き	最大水制高d (cm)	最大水制幅B (cm)	水制長l (cm)
TU2h	2	2	上向き 15°	3.7	3.1	15
TU8h	8					

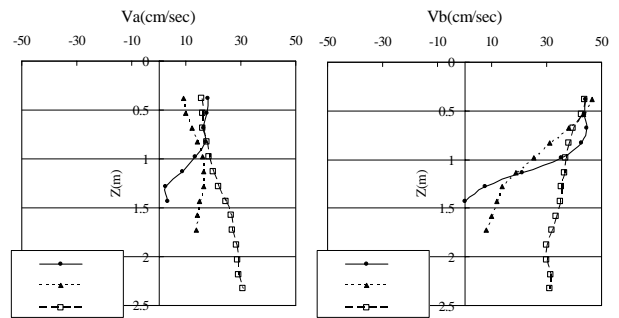


図 - 3 流速鉛直分布

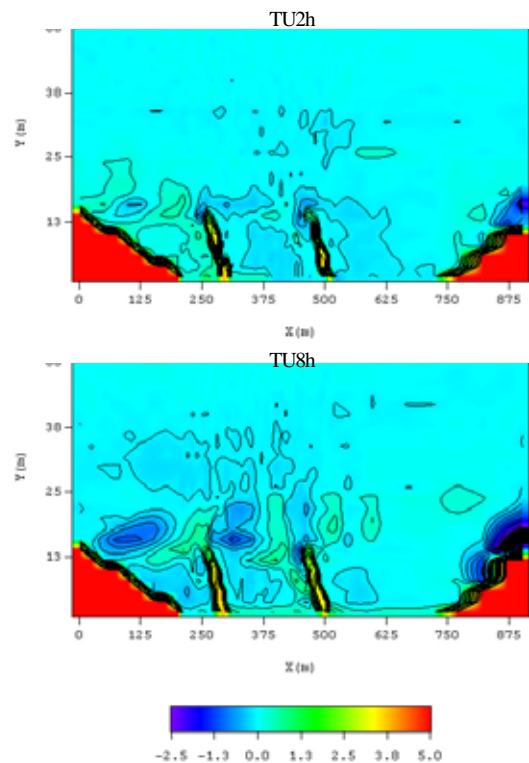


図 - 4 河床変動コンタ

4. おわりに

水制先端が台形であることから、第 1 水制先端を昇って滑り降りるような流れが起き、下流に大きな洗掘を引き起こした要因になったと考えられる。流れに平行で帯状に広がる洗掘域は、この水制が大きなわんどのような河川凹部に造られたためと考えられ、模型実験でも凹部を再現することで同じような洗掘域が形成されたことから明白であるといえる。この水制群によって水制間内でも流れの速い地点や遅い地点、水深の深い地点や浅い地点も形成され、堆積した砂洲の形状も水制の前後で変化しているなど、流れに多様性を与えていることが確認された。また、水制先端での大きな洗掘が見られないことから、水制自体の安定性も高い。模型水路による実験では洗掘形状に類似性が認められたものの、堆積域に関しては浮遊砂を含めた実験が必要であるといえる。実河川における水制の影響を正確に把握するためには継続的な観測が必要であり、また、異なる条件の水制を観測することも重要であると考えられる。