

八連水制間の流れ構造が土砂堆積に及ぼす影響に関する研究

指導教員 富永晃宏 教授

中川智世

1. はじめに わんどは様々な自然環境を形成するため、河川に生物多様性をもたらす要素である。そのため近年では、人工的に作られるケースが増えている。しかしわんどが土砂堆積によって機能が低下したり水質悪化することなどが問題として挙げられる。そこで本研究では、2009年3月に施工が完了した庄内川の上条水制間を研究対象とし、現地での堆積土砂の粒度調査および植生調査、UAVによる地形計測、数値計算によってわんどの土砂堆積について検討した。

2. 現地観測 庄内川の河口より21.9km~36.6km地点は河床勾配1/540の礫床河川である。河口より約30km地点に設置された上条水制は八連水制であり、水制長20m、設置間隔60mで、角度は上向き70°、天端高は平水位+0.75mとして設計されている。構成材料は金網に碎石を詰めたカゴマットが用いられている。このうち堆積の多い第6基目と第7基目の上流側の堆積土砂を採取し、ふるいわけ試験を行った。また、堆積上にある植生を調査した。さらにUAVレーザー計測による地理データを用い、各水制及び水制周りの土砂体積量を算出した。それぞれの結果を以下に示す。

堆積土砂は中砂、細砂が主な成分だった。主流部は礫床河川であるが、粒径の小さいものが堆積しているため、浮遊砂の堆積が支配的であり、また小出水時にも堆積していると考えられる。

第1基目と第8基目周りの植物は主に山里に生息するものが生えており、第2基目~第7基目周りは主に荒地に生息するものが生えていた。また、全体に富栄養化の指標となる植物が生えていた。よって、平水時では第1基目と第8基目は流れがあり、第2基目から第7基目は流れが淀むと推測される。

UAVによる地形計測の結果を図-1に示す。なお、水制の体積の目安を赤線で示した。水制3~8の堆積が多いことがわかる。

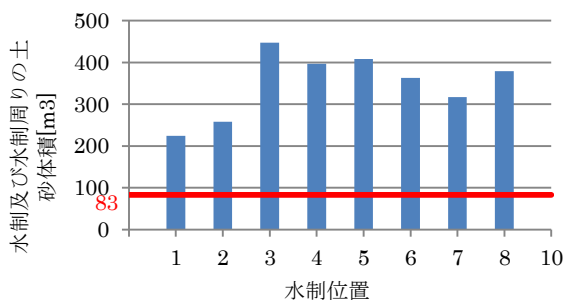


図-1 水制及び水制周りの土砂体積量

3. 計算方法 河川流シミュレーションソフトウェア iRIC の2次元計算モデルである Nays2DH を用いて、庄内川の上条水制の土砂堆積変化を流れの観点から調べた。河川モデルは水制施工前に測量されたデータを用い、さらに水制の高さを追加した。また、本計算では混合粒径の移動床を扱うことができ、先行論文より粒径加積曲線を設定した。施工直後の堆積土砂の粒度分布は現地で粒度分布調査を行った水制7に関する結果を用いた。出水による流れ構造と土砂堆積の関係を見るために代表的な流量ハイドログラフを与えた。水位が水制高を超えない非越流時は2013/7/18のものを、水制高を超える越流時は2011/9/20のものを使用した。水制を非越流時は障害物セル、越流時は大きい粒径のセルで表した。計算条件を表-1に示す。

4. 計算結果と考察

(1) 流れのみの計算結果

a) 越流時 図-2は7時間20分後（流量ピーク近く）の流速コンターとベクトルを示す。図-2より、わんど1~3を超える流れが高速で乱れており、水制1は主流に最初にぶつかること、水制1・2は越流水深が長いことが原因だと考えられる。わんど1~3とは対照的に、わんど5~7は流下方向に流れ構造が安定していた。しかし、流量が多い時間にわんど6・7の高水敷上に渦が見られた。

b) 非越流時 わんど1、わんど5~7は比較の流れ構造が安定して渦ができていた。主流は水制1や水制2によって剥離し、水制4方向に向かっていった。主流の動きによってわんど1・2は強い流れが、わんど3~7は弱い流れが流入していた。

(2) 河床変化計算結果

a) 越流時 流量ハイドログラフを与えた計算では、河床変動が不自然で途中で破綻したため、計算を簡略化するため流量をピーク近くの値(2000m³/s)で一定にし、さらに粒径分布を設定せず掃流砂と浮遊砂に変更したパターンで計算した。図-3は2時間後の河床変化と掃流砂量ベクトルを示す。図-3よりわんど1の奥部、水制3周り、わんど4、わんど6・7の

表-1 計算条件

	流れ	河床(非越流)	河床(越流)	植生
乱流モデル	ゼロ方程式	渦動粘性係数一定	ゼロ方程式	
掃流砂量ベクトル	芦田・江頭・劉の式	渡邊の式		
浮遊砂浮上量式	板倉・岸の式			
移流項の差分方法	CIP法	風上差分		CIP法

高水敷に堆積が見られた。UAVによる地形計測の結果と比較して、わんど1の堆積以外は大方一致する結果となった。地形計測の結果で特に堆積が顕著だった水制3周りは計算の結果でもよく再現されていた。流れのみの計算の越流時と比較して、流れが乱れていたわんど、また高水敷に渦ができていた部分に堆積していた。よって、流れが乱れるわんどや流量が多い時間に渦ができる箇所に堆積しやすいと考えられる。また、わんど4~7内は掃流砂量が少ない。また、掃流砂量ベクトルは水制上を流れており、主流からわんどに入る流れはあまり見られない。よって水制上の流れに運ばれた土砂がわんど1~3に堆積し、わんど4~7に含まれる掃流砂量が少なくなったと考えられる。

b)非越流時 図-4は2時間後(ピーク時)の河床変動コンターを、図-5は流速コンターを示す。図-4と図-5を比較して、流速が0.1m/s以上ある部分に堆積する傾向にあった。流れのみの非越流時と比較して、強い流れが見られたわんど1・2は堆積する傾向が見られなかった。これは主流が水制1・2によって剥離した流れがわんど内を通り、主流に戻るためだと考えられる。渦が安定して見られたわんど5~7はわんど3・4と比較して流速が見られた。

(3)水制上に植生が繁茂した場合の計算結果

図-6は越流条件における7時間後の流速コンターとベクトルを示す。これより、最大流量時でも植生によって水制上の流下能力が低くなっていた。また、水制上を剥離している流れが見られた。水制上を避けて流れているため、水制よりも右岸側の高水敷上にも流れが存在しており、これによって水制で本来果たしたはずの右岸側の流れの抑制が失われている。この要因として植生によって水制上の流れが抑制されたことが挙げられる。

5. おわりに

八連水制間のわんど域の位置の違いによる土砂堆積特性を流れ構造と関連付けて検討した。越流時は流れが高速で乱れるわんどや、流量の多い時間に高水敷に渦ができていた箇所に堆積しやすく、流れ構造が安定しているわんどは堆積しにくいといえる。非越流時では0.1m/s以上流速がある、流れ構造が安定して渦ができていたわんどが堆積しやすい傾向にあった。また、今後さらに増えるであろう植生は治水の面より適宜剪定や間伐をする必要があるといえる。

今後は、年に数回起こる中規模の越流時についての考察や、水制付近の堆積の原因についての考察をする必要がある。

参考文献

1)山本裕治：カゴマットを用いた透過型水制周辺の流れ構造と洗掘特性，名古屋工業大学卒業論文，2009

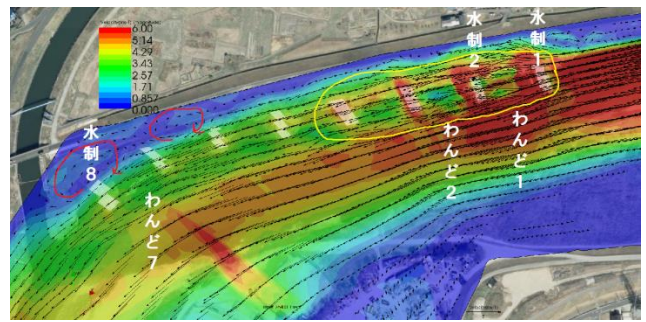


図-2 流れのみ 越流時：7時間20分後 流速コンターとベクトル

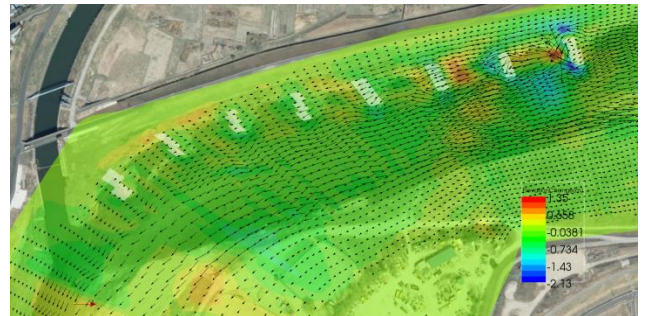


図-3 河床変化 越流時：2時間後 河床変化と掃流砂量ベクトル

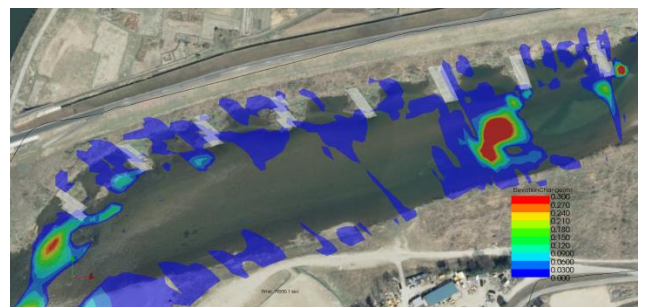


図-4 河床変化 非越流時：2時間後 河床変化

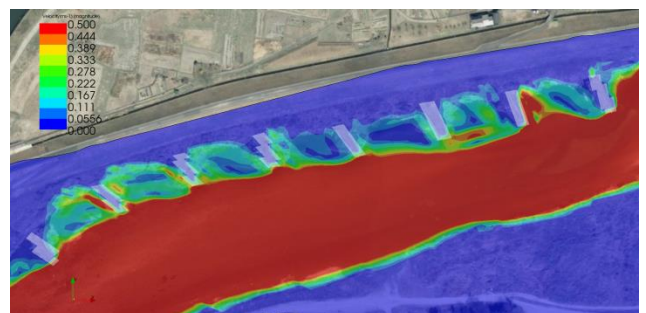


図-5 河床変化 非越流時：2時間後 流速コンター

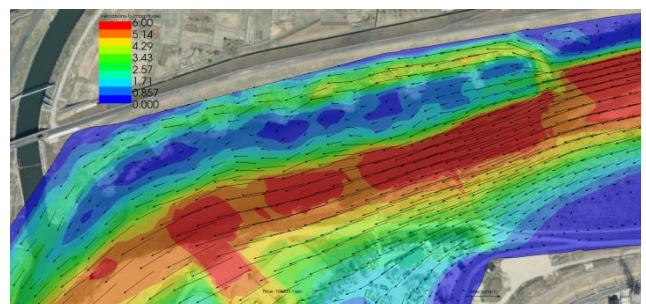


図-6 植生 越流時：7時間後 流速コンターとベクトル