

様々な形状を有するわんどの流れ構造と土砂堆積について

名古屋工業大学 ○米山彩貴 名古屋工業大学大学院 学生会員 鄭 載勲
 名古屋工業大学大学院 学生会員 堀部扶実 名古屋工業大学 正会員 富永晃宏

1. はじめに 近年、環境への意識の高まりから河川管理においても自然環境保全、復元の取り組みとして多自然川づくりが注目されるようになった。その中でもわんどは水辺の生物の生息域として人工的に設置されることもあり、水交換、土砂堆積等のわんどを対象とした研究が進んでいる。庄内川右岸 13.6 km地点に見られるわんどは開口部が下流側にあり奥部が上流側に入り込んでいる形をしており、内部にわんど域を越流する流れによって発生したと考えられる特徴的な土砂堆積が見られる。この堆積にはわんどの形状が影響していると考えられるため、本研究では様々な形状を持つわんどの流れ構造および土砂堆積について検討した。

2. 実験方法 流速計測実験と土砂堆積実験の2種類の実験を行った。前者の実験水路は長さ 7.5m, 幅 30cm, 勾配 1/800 の勾配可変型開水路, 後者の実験水路は長さ 6m, 幅 30cm, 勾配 1/800 のアクリル製長方形断面水路を用いた。両実験が同条件になるよう左岸側を奥行き 15cm, 高さ 4cm の塩ビ板を設置することで高水敷をつくり、本流幅をすべてのケースにおいて 15cm となるように設定し、上流端の整流域から 3m の位置に解放区を設け、わんど域とした。本実験では、わんどを越流しない場合と越流する場合を想定し、非越流の場合の水深 H は 3.5cm, 越流の場合の水深 H は 6cm, 高水敷の水深 h を 2cm になるように水路下流部の堰上げにより調整した。整流区間は上流約 3m の範囲とした。なお、それぞれのケース名およびわんど形状を図-1 に、実験条件を表-1 に示す。

流速計測実験ではわんどの流れ構造に着目した可視化 PIV 法による流速ベクトル計測を行った。PIV 計測の流れの可視化には、直径 50 ミクロン、比重 1.02 のナイロン樹脂粒子を用い、厚さ約 3mm のシート状にしたアルゴンレーザー光を開水路水平断面および鉛直縦断面に照射した。レーザーシートの照射位置は、非越流時は水平断面に 5mm 間隔で 6 断面 ($Z=5\sim 30\text{mm}$), 越流時は水平断面に 5mm 間隔で 11 断面 ($Z=5\sim 55\text{mm}$), 鉛直縦断面に 9 断面 ($Y=15,45,75,105,135,150,165,195,$

225mm) を設定した。この可視化画像は高速ビデオカメラ (ライブラリー) を用いて 1/200s で撮影した。画像計測には VISIFLOW (AEA Technology) PIV システムを用いて相互相関法により画像解析し、3200 データ 16 秒間平均値の流速ベクトルデータを取得した。

土砂堆積実験では、平均粒径 0.13mm の珪砂を用い、貯水槽に 200l の水と 6kg の砂を入れ攪拌した状態でポンプにより 2 時間循環させた。全ケースの堆積形状を写真およびレーザー変位計により計測し、わんど内の土砂堆積量を測定した。

3. 実験結果と考察 今回は越流時の結果に着目し、わんど形状の違いによる流れ構造および土砂堆積について考察する。ケース tw2, shw2, udw2 の水平断面 ($Z=5,40\text{mm}$) および鉛直縦断面 ($Y=15,75\text{mm}$) の流速ベクトルを図-2 に、ケース tw2, shw2, udw2 の堆積の様子を図-3 に、ケース tw2, shw2, uhw2, sdw2, udw2 の堆積量を表-2 に示す。ただし、ケース shw2 のベクトル図 $Y=15\text{mm}$ では $X=250\text{mm}$ で、 $Y=75\text{mm}$ では $X=200\text{mm}$ で上下流の画像データを合成している。

ケース tw2 では、 $Z=5\text{mm}$ で平面渦の中心が $Y=50\text{mm}$ にでき、全体に広がっている。下流部からの流入が見られ、壁面に沿って流れが生じており、上流部から流出している。したがって、堆積の山が渦中心位置あたりに発生し、開口部下流側では堆積が見られない。堆積は山が中流部あたりまで延び、わんどの奥部まで広がった。わんど上流側の壁面に沿って多く堆積したのは、高水敷から落ちてきた掃流砂が溜まったものだと考えられる。鉛直断面を見ると、上流部に横断渦が発

表-1 実験条件

	Q(l/s)	H(cm)	h(cm)	Um(cm/s)	I
非越流時	1.17	3.5	2.0	22.29	1/800
越流時	3.33	6.0		27.75	

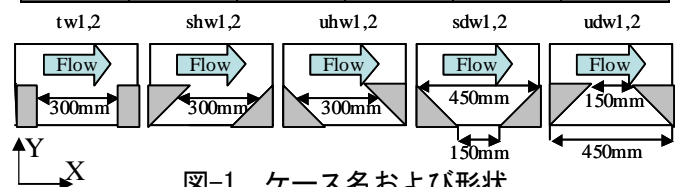


図-1 ケース名および形状

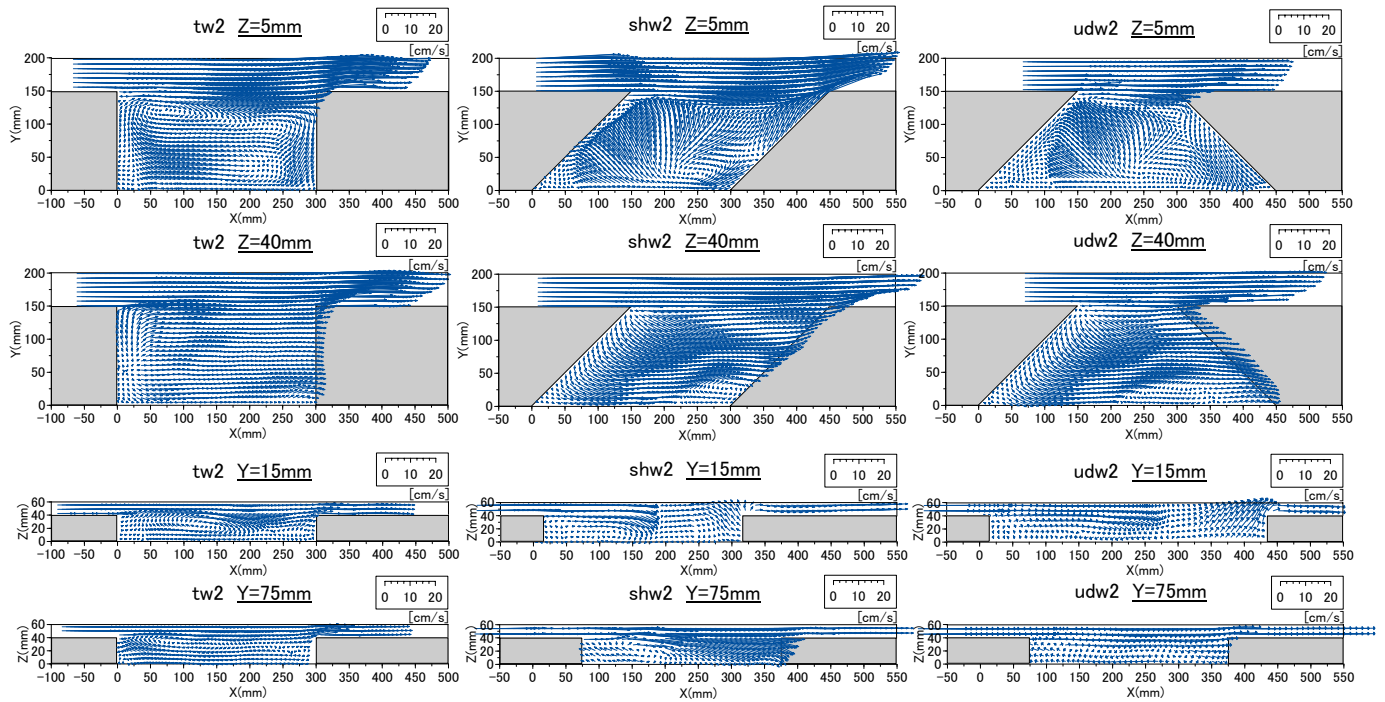


図-2 流速ベクトル図 (上：水平断面, 下：鉛直縦断面)



図-3 堆積の様子

表-2 堆積量

	tw2	shw2	uhw2	sdw2	udw2
堆積量 (g)	437.1	485.2	481.6	570.5	350.2

生し、下流部ではZ方向上向きの流れが見られる。開口部付近では本流の影響を受け横断渦が弱まり、わんど奥部に行くに従い強くなるので、わんど奥部での浮遊砂堆積が少なくなった。

ケース shw2, udw2 は共にはっきりとした平面渦は見取れず、高水敷からわんど域に流入した際に生じる横断渦の影響を大きく受けた流れになった。ケース shw2 では中流部で流入が見られるが、Y=125mm 付近で流入が遮られているため、ケース tw2 と堆積の様子を比較すると堆積の山が奥部まで広がるのを抑えられた。下流部からの流入がなく流出方向にベクトルが伸びており、下流部壁面にぶつかる強い下降流が Y=75mm で見られることから、下流部の広範囲で洗掘され堆積が見られない。これは上流部壁面が流下方向に対し傾いていることから横断渦の流れも流下方向に対し傾いてしまい、それがわんどを越流する流れに影響し下流部壁面に対しほぼ直角に作用するような流れ構造となっていることが要因であると考えられる。

ケース udw2 では、わんど上流部の流れ構造はケース udw2 とほぼ同様であった。しかし、下流部におい

ては流入が見られ、主に下流側奥部で沸き上がる流れとして流出している。Y=15mm を見ると、X=200~275mm で下降流が見られ、堆積形状と比較すると X=150~300mm, Y=0~50mm 付近まで堆積が見られず、この下降流によって洗掘された可能性が高い。これはケース shw2 と同様の流れが下流部壁面に作用し、本流と下流部で発生した流れとの境目で循環流が起こり、洗掘作用が発達したのではないかと推測できる。ケース shw2 と比べ下流側壁面に対する下降流は弱いので、洗掘域は小さくなった。

4. おわりに わんど上下流部の壁面形状が堆積域や洗掘域の変化に大きく影響していることがわかった。しかし、高水敷の掃流砂が一定量で流入したと考えると、堆積量はわんど形状に関係せず、開口部長の影響が大きかったと言える。今後は、非越流時との比較や水交換の観点からも検討して行きたい。

<参考文献> 池田駿介, 河村一弘, 福元正武, 佐野貴之, 水工学論文集, 第44巻, pp.795-800, 2000