

1. はじめに 近年の河川整備には、「治水」、「利水」だけでなく「環境保全」に重点を置いた整備がなされている。このような多自然川作りが広まることにより、河道内における導流工やわんどの役割が大きくなってきた。しかし、このわんどにはどのような流量に対してもわんど凹部内で流速が小さく、土砂堆積が発生しやすいという問題点がある。これまでに土砂堆積抑制法として凹部内の再循環流を強くし、土砂を排出する方法を検討してきたが¹⁾、本研究ではわんど内に主流域から引き込む流れを導流工によって発生させる方法を採用し、導流工がわんど内の流れ構造にどのような影響を与えるか PIV 計測、土砂堆積実験によって検討した。

2. 実験方法 実験水路は、長さ 7.5m、全幅 0.3m の可変勾配開水路を用いた。側面はガラス張りで、レーザーによる光の反射を防ぐために、全水路底及び設置構造物に黒く塗装した塩化ビニル板を使用している。実験は図-1 に示すように台形と長方形のわんどを設け、導流工を図のように設置した。わんどの上流端は水路上流端から 380cm の位置に設置した。導流工高さは 5cm とし、非越流条件下で実験を行った。実験条件は表-1 に示す。また、導流工は表-3 に示すように導流工長さ l (cm) が 2cm, 3cm, 導流工(とわんど上流端までの)距離 a (cm) が 3cm, 4cm, 5cm, 導流工(と流下方向のなす)角度 θ が 45°, 90°と変化させた計 13 パターンで実験を行った。

PIV 計測の流れの可視化には、直径 80 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

表-1 PIV 実験条件

Q (l/s)	h (cm)	B (cm)	U_m (cm/s)	Fr	I
2.3	3.5	20	33.1	0.56	1/1000

表-2 土砂堆積実験条件

Q (l/s)	h (cm)	B (cm)	U_m (cm/s)	Fr	I
3.5	4.5	20	39.0	0.59	1/1000

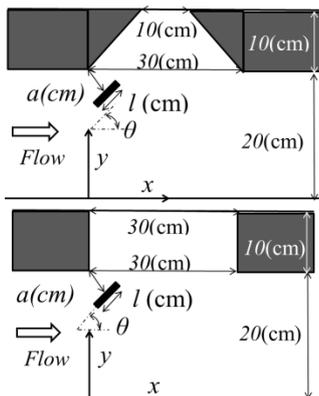


図-1 模型配置図

表-3 実験ケース

case	導流工長さ l (cm)	導流工距離 a (cm)	導流工角度 θ
non			
I2a3	2	3	45.90
I2a4		4	45.90
I2a5		5	45.90
I3a3	3	3	45.90
I3a4		4	45.90
I3a5		5	45.90

面に照射した。レーザーシートの照射位置は、水平断面に 5mm 間隔で 6 断面($z=0.5\sim 3$ cm)設定した。この可視化画像は高速度カメラ(ライブラリー)を用いて 1/200s で撮影した。FlowExpert(カトウ光研)PIV 解析ソフトを用いて相互相関法により画像を解析し、3200 データ 16 秒間平均値を流速ベクトルデータとした。

土砂堆積実験では、浮遊砂・掃流砂混在となる 0.13mm(8 号砂)、掃流砂主体となる 0.3mm(6 号砂)の珪砂を用い、貯留水槽に 250l の水と 6kg の各々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。また、堆積過程把握のために、60 秒毎のインターバル撮影による写真撮影を行い、通水後の長方形わんど内の堆積形状をレーザー変位計により計測した。

3. 実験結果 図-2 に水平断面を水深平均した case non, caseI3a545, caseI3a590 の台形断面の時間平均流速ベクトル図を示す。導流工配置が無い case non では、凹部内に反時計回りの循環流が形成されている。case I3a545 では、導流工により縮流状態になり加速された水流が凹部内に 3cm ほど流れ込んでいる。この流れにより、凹部内では導流工なしの場合と同様の反時計回りの渦が発生している。これに対し、caseI3a590 では導流工により縮流状態になった高速な水流が凹部奥まで流れ込み凹部下流から流出している様子が見て取れる。水流の一部は主流部と凹部の境界付近を逆流し、時計回りの渦を形成している。また、図-3 には長方形断面の時間平均流速ベクトル図を示す。形成される水流は、どのケースでも近似していたが、模型配置パターンが長方形断面の場合では、どの導流工の配置パターンにおいても上流側の凹部奥において反時計回りの渦が形成されていた。さらに、水流の流れ構造は、いずれの導流工配置においても、上記に示したような、凹部と主流域の境界付近を流れる挙動を示すか、凹部奥まで縮流状態になった水流が流れ込む挙動といったような、2 パターンの挙動を確認でき、導流工長さが 3cm かつ導流工角度が 90°の時に後者の挙動を示す傾向があり、その他では前者の挙動を示すことが多かった。

ここでは、模型配置パターンが長方形断面の場合の結果についてさらに詳しく検討する。図-4 に $z=1.5$ cm における水平断面のレイノルズ応力図を示す。case non では、凹部境界付近でレイノルズ応力が発達しており、特に凹部境界の上流側で発達していた。case I3a545 では、導流工によって 2 分化された水流の流れに沿ってレイノルズ応力が発達していた。特に

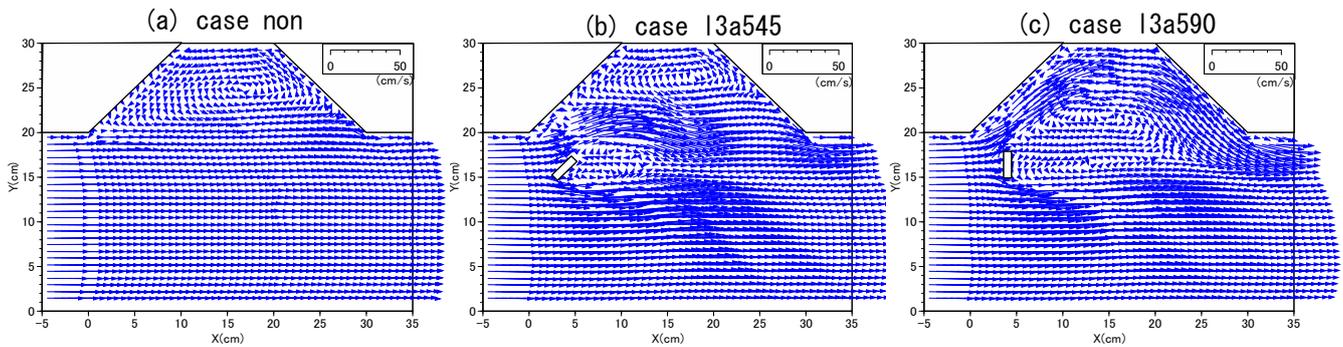


図-2 横断面における時間平均流速ベクトル(台形断面)

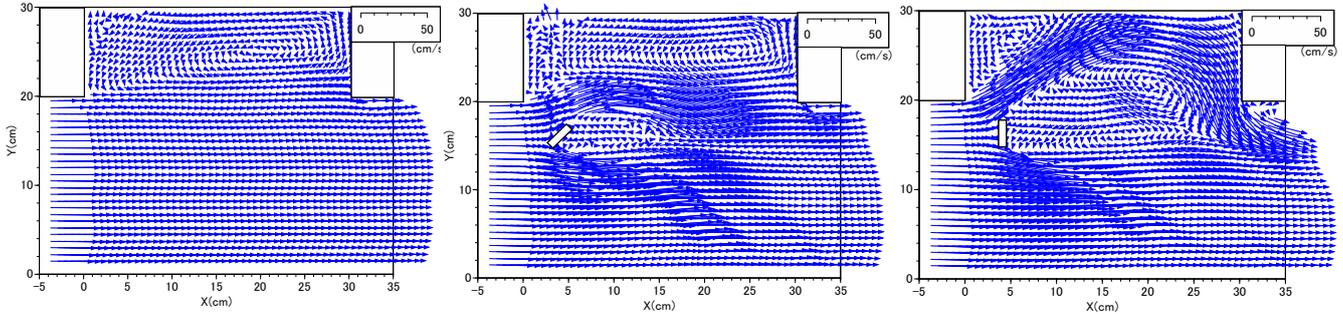


図-3 横断面における時間平均流速ベクトル(長方形断面)

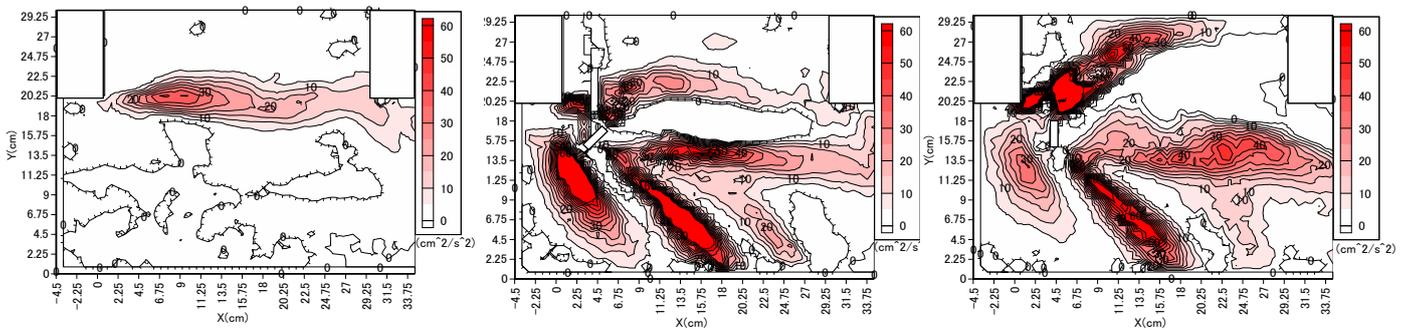


図-4 横断面におけるレイノルズ応力図(z=1.5cm)

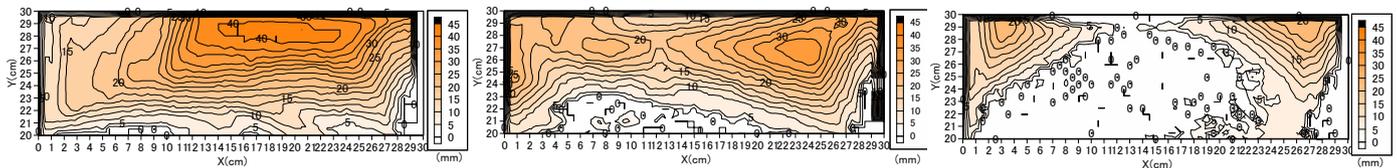


図-5 各ケースの凹部内における土砂堆積形状(8号砂)

凹部境界の上流側流入部分や $x=0\text{cm}$, $y=14\text{cm}$ と $x=9\text{cm}$, $y=11\text{cm}$ を中心に下流・右岸壁方向に顕著に表れていた。case13a590 では、導流工によって凹部内へ縮流状態となって流れる水流や導流工によって2分化され主流域へ流れる水流、凹部内に流入した水流と主流域との境界付近などでレイノルズ応力が発達していた。

土砂堆積実験では、6号砂と8号砂は堆積形状が近似していた。図-5に8号砂における土砂堆積実験の結果を示す。case non では、凹部の全域に土砂堆積が起こっていた。case 13a545 では、2山が凹部内に形成されていた。case13a590 では、case 13a545 と同様に山が凹部内に形成されていた。いずれのケースにおいても、流速が小さく循環流が形成されている地点、レイノルズ応力が小さくなる領域で土砂

が多く堆積していた。

4. おわりに わんどにおける流れ構造において、わんどの上流部に導流工を配置することにより、主流域から引き込み流を発生させることができると確認できた。導流工によるわんど内への影響は、導流工長さ、導流工距離、導流工角度のいずれの影響も受ける。また、流速ベクトル、レイノルズ応力、土砂堆積形状にはそれぞれ相関が見受けられ、流速が小さく、レイノルズ応力が小さい領域で堆積する傾向があった。今後は、導流工がわんどに与える影響を評価できるよう、種々のパラメータについて探求し、数値シミュレーションによる流れ構造の予測可能性を検討する。

【参考文献】

1) 富永晃宏, 小島直也, 加藤智道: 導流工による河岸凹部の土砂堆積制御に関する研究, 水工学論文集, 第60巻, pp.541-546, 2016.