

1. はじめに 頻発する豪雨災害に対して高度経済成長期では洪水対策としてコンクリート護岸工法が多用されていた。経済的・効率的に河岸を護る面ではその機能を果たしていたが、本来、川が持つ自然景観や生物の生息空間は失われていった。そこで現在では、河川環境の整備と保全の両面を期待されている「水制」が利用されている。しかし、水理的には不明の点が多く工法が確立しておらず、さらなる研究の余地がある。そこで本研究では、実際の水制形状に近いように台形の越流型水制について PIV 解析を行い、台形形状や水制幅の変化が水制周辺の流れ構造に及ぼす影響について検討した。

2. 実験方法及び条件 実験水路は幅 $B = 30\text{cm}$ 、長さ $L = 7.5\text{m}$ 、勾配 $i = 1/2000$ の長方形断面直線水路を用い、左岸側壁に沿って 2 個の連続水制を直角に設置した。流量 $Q = 2.0\text{ lit/s}$ の定常流量を通水し、水深 $h = 5.0\text{cm}$ とした。台形水制は側面と先端が 45° の角度を持ち、角度を一定にして水制頂部幅を変化させた。また、水制間隔は第 1 水制の下流側末端と第 2 水制の上流側先端との距離を 10cm とした。PIV 計測の流れの可視化には $50\ \mu\text{m}$ のナイロン樹脂粒子を用い、アルゴンレーザー光

を照射した。この可視化画像を高速ビデオカメラで撮影し、VISIFLOW(AEA Technology)PIV システムを用いて画像解析を行った。

3. 実験結果及び考察

3 - 1. 流速ベクトル図による考察

図 2 に縦断面流速ベクトル、図 2 に水平断面流速ベクトルを示す。縦断面について、TS は第一水制を乗り越える流れが水制間内で再付着することで横断渦を形成しているのに対し、水制幅の長い TW では乗り越え流れが水制頂上で再付着して水制間に形成される横断渦が TS に比べて小さくなっていることがわかる。水制根元や中央付近どちらもこの傾向を示しているが、横断渦の規模は河岸近くの水制根元付近が大きい。次に水平断面について、底面の水平断面ベクトル図では TS では第一水制で水はねが発生しており水制間に入り込む流れが大きく平面渦を形成しやすいが、TW ではみずはねが生じておらず水制間への流れや平面渦の規模が小さい。水制高頂点付近では底面での逆流が第一水制下流端側の斜面を上昇して湧き上がっている様子が見られる。

水制幅が長い場合、水はねが非常に小さく、また水制を乗り越える流れが水制上で再付着することで、水制間内に及ぼす影響が縮小される傾向にあると考えられる。

図 4 は直方体水制の流速ベクトルであるが、第一水制での乗り越え流れや水はねは大きく、横断渦・水平渦が水制間全体で形成されていることがわかる。これと比較すると、台形水制は水制間前方で横断渦・平面渦が発生しており、その規模は小さく水制間後方では河岸方向への流れが強い。また、斜面上で発生する上昇流が特徴的であると考えられる。

3 - 2. 境界面の流速分布図による考察

図 5 に $z = 20\text{mm}$ での鉛直方向流速 W 縦断分布、図 6 に $y = 50\text{mm}$ での横断方向流速 V 縦断分布を示す。

表 1 水理条件表

流量	水深	水路幅	勾配	流速
q (lit/s)	h (cm)	B (cm)	I	V (cm/s)
2.0	5.00	30.0	1/2000	13.33

表 2 水制条件表

ケース名	水制幅上面	水制幅底面	水制長上面	水制長底面	水制高	斜面角度
	B_1 (cm)	B_2 (cm)	l_1 (cm)	l_2 (cm)	d (cm)	
TS	1	5	5	7	2	45°
TM	2	6	5	7	2	45°
TW	3	7	5	7	2	45°

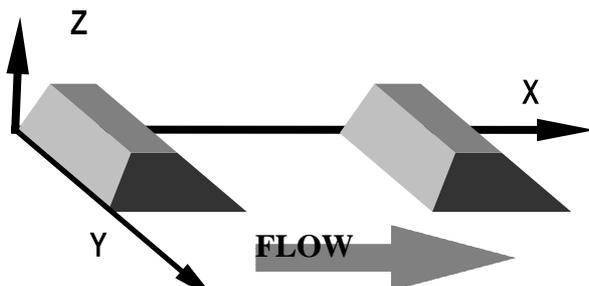


図 1 水制形状図

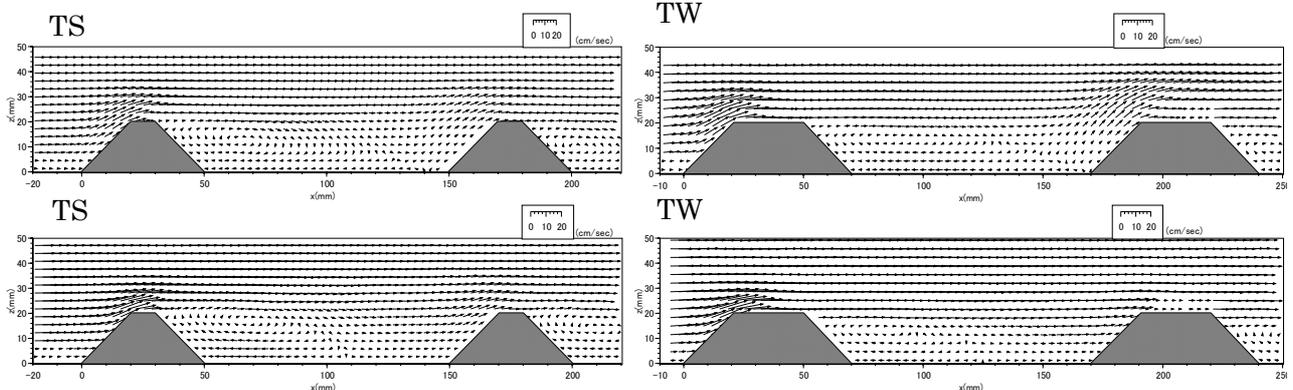


図2 縦断面流速ベクトル図 上：y=5mm 下：y=25mm

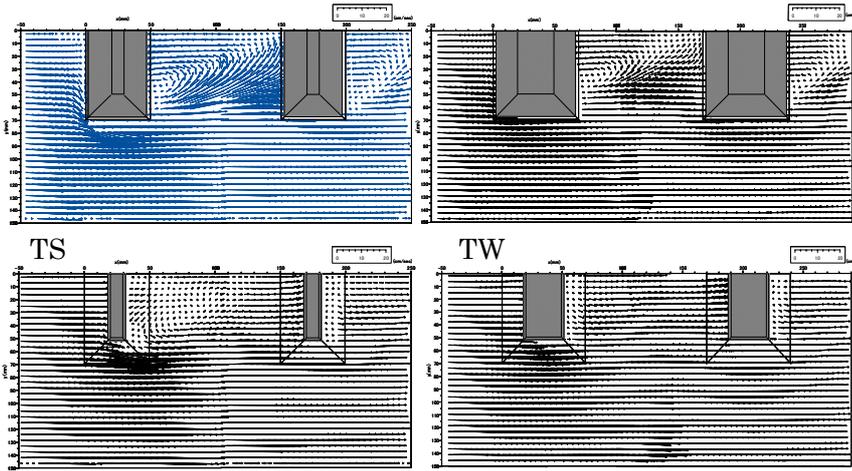


図3 水平断面流速ベクトル図 上：z=5mm 下：z=18mm

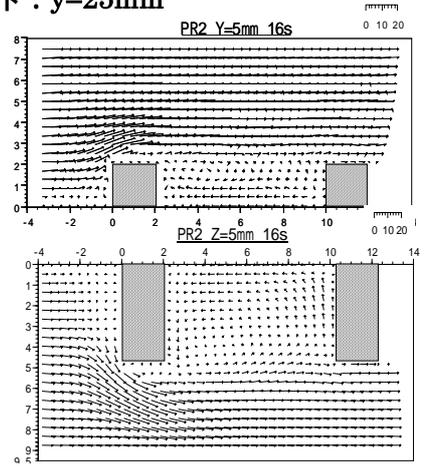


図4 直方体水制流速ベクトル図
上：縦断面 下：水平断面

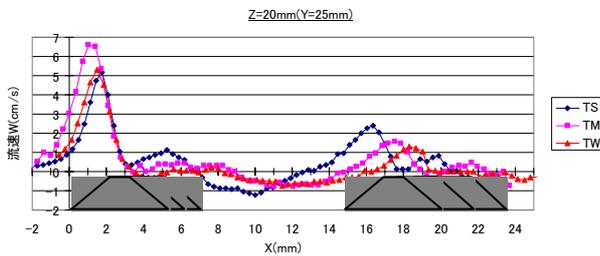


図5 鉛直方向流速 W 縦断分布

図5について水制間付近をみるとわかるように、TSでの水制間に入り込む下降流が他ケースに比べて非常に大きく、水制間へ及ぼす影響が大きいと思われる。また、TWの第一水制上での流速が鉛直下向きであることから、水制を乗り越えた流れが水制上に再付着していることがわかる。次に図6について、TSで水制間に入り込む流れが非常に大きいのにに対して、TWでは水制間への流れが小さく、主流方向への流れが強いと思われる。

4. 結論 水制先端・側面を斜面とした台形水制は、直方体水制と比較すると、第一水制を乗り越える流れや水はねが小さく、水制間での横断渦・平面渦は直方体では全体で形成されるが、台形で

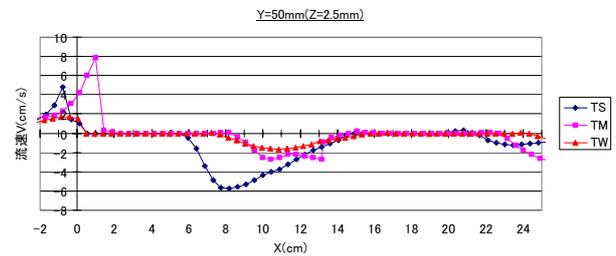


図6 横断方向流速 V 縦断分布

は水制間前方寄りであり、後方では河岸に向かう流れが強く河床変動に大きく影響すると予想される。また、水制幅が長い場合、水はねは極めて小さく、乗り越え流れは水制頂点上で再付着しやすいことで、水制間に及ぼす影響は縮小されると考えられる。斜面の存在によって、水制付近では直方体水制に比べて偏流が小さくなる傾向が強いように思われる。台形を実際の河川で設置する水制の形状に近い模型といっても、対象とする河川によって最適な水制の形状は大いに異なり、河岸保護や生物環境には柔軟な知識や見解が必要とされる。今回の研究がその足掛かりの一つとなれば、と思う。 指導教官 富永 晃宏