

1. はじめに

水制は、川の流速を低下させたり、流れの方向を変えたりするために河岸から流れの中心に向かって突き出して設置される構造物である。川の流れに変化を与えて護岸を保護する治水構造物としての機能と、多様な流れ場を創造して豊かな自然環境を提供するという環境構造物としての機能を有している。治水、自然環境の面どちらを考慮するにしても、水制水制周辺の流れ構造を把握することが必要である。特に後者の面において透過水制は、自然材料を用いた水制構造物であるということ注目されている。しかし、流速を構造物内部に貫流させ、透過する水の流速を弱める働きする透過水制は、その周辺の流れ構造も複雑であり、過去の研究でもあまり行われていない。そこで、本研究ではその透過性に注目し、その周辺流れを過去の不透過水制のデータと比較、検討する。間隙率を変化させ、また越流型不透過水制では設置角度により流れ構造に大きく変化することがよく知られていることから、今回は透過水制において設置角度の違いが周辺流れに及ぼす影響について注目し、可視化PIVを用いて実験を行い、検討した。

2. 実験条件

この実験では、長さ $l=5.0\text{cm}$ 、幅 $b=2.0\text{cm}$ 、水制高 $d=4\text{cm}$ の寸法の直方体を網で作り、その中に平均粒径 0.5cm の石詰めた間隙率 45% の透過水制モデルを用いた(図-1)。実験水路は、水路幅 $B=0.3\text{m}$ 、長さ $L=8\text{m}$ 、の長方形勾配可変型水路を用い、左岸側壁に沿って図-2に示すような2個の連続水制モデルを上向、直角、下向に配置し、水制長 l と水制間隔 s のアスペクト比が $s/l=2$ 水制間隔にして実験を行った。それぞれのケース名を tv 、 td 、 tu とする。その時の角度 $\theta=60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$ とした。また、直角水制において、平均粒径 1cm の石を詰めた間隙率 55% の透過水制を作り、実験を行った。ここで、間隙率 55% の大きいほうを tr とする。また、過去のデータから不透過水制の流れを取り出し、今回の透過水制と比較した。直角、上向、下向それぞれのケース名を fv 、 fu 、 fd とする。

流れの可視化には、比重 1.02 、粒径 50micron のナイロン樹脂粒子を用い、 500mW アルゴンレーザー光を開水路鉛直縦断面($X-Z$ 平面)と水平断面($X-Y$ 平面)に照射した。レーザーシートの照射位置は、鉛直縦断面として7断面(水制側側壁から $5, 15, 25, 35, 45, 55, 70\text{mm}$)、水平断面として8断面(底面から $5, 10, 20, 30, 35, 45, 50, 55\text{mm}$)を設定した。

その他の実験条件は表-1に示す。



図-1 水制の写真

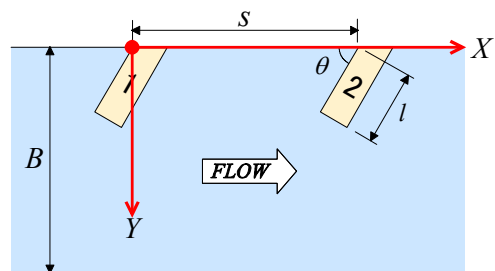
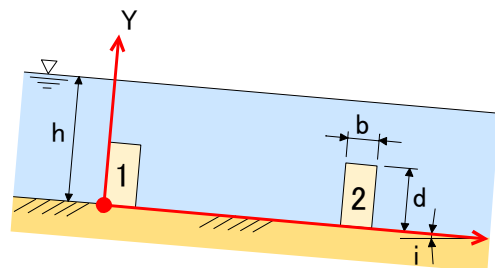


図-2 水制配置

$Q(l/s)$	$h(\text{cm})$	l	$s(\text{cm})$	s/l	Fr	Re
4.1	8	1/2000	10	2	0.193	9080

表-1 実験条件

3. 実験結果とその考察

3-1. 水制設置角度変化が周辺流動に及ぼす影響

ここでは、透過水制と不透過水制について角度を変化させたケースを比較・検討する。

直角、下向、上向それぞれのケースで $Y=25\text{mm}$ の鉛直縦断面流速ベクトルを図-3、図-5、図-7に、同じように $Z=5\text{mm}$ の水平断面流速ベクトルを図-4、図-6、図-8に示す。

直角水制について、図-3を見ると不透過水制では第1水制底面部前面で横断渦が見られる。これは河床掘削に繋がる流れと思われるが、透過水制では見られない。図-4では第1水制前面に平面渦が生じている。また、水制域内において第一水制を透過した流れにより渦の中心位置に違いが生じている。

次に、下向水制について図-5をみると第2水制前面で不透過は、越流からの流入である下降流が顕

著に出ているが、透過水制は全体的な横断渦が現れていて違いが出ている。図-6を見ると、水制域内において不透過では水制域外へ流出しているが、透過では第1水制を透過した流れと逆流の衝突する流れが見られる。このため下向の底部水制域内では、特に複雑な流れとなっている。

上向水制について、図-7を見ると不透過水制では水制域内全体に横断渦が見られるが、透過水制では透過流れの影響により逆流した流れが第2水制頂部に回り込む流れが見られた。図-8を見ると不透過では水制域内に流入する流れが顕著であるが、透過では水制域内全体に平面渦を形成している。

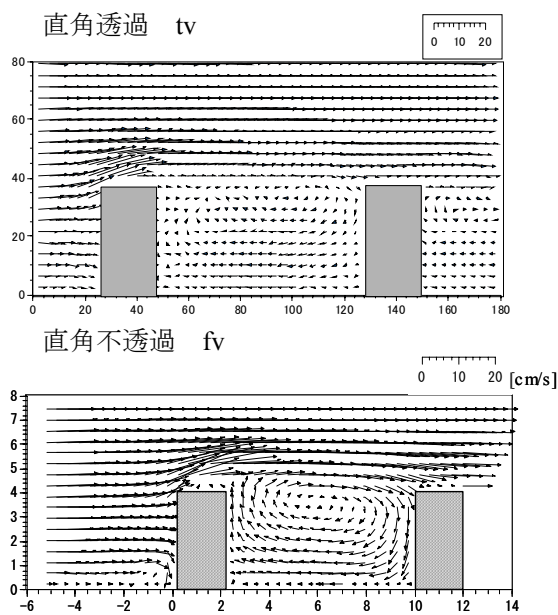


図-3 $Y=25\text{mm}$ の鉛直縦断面流速ベクトル

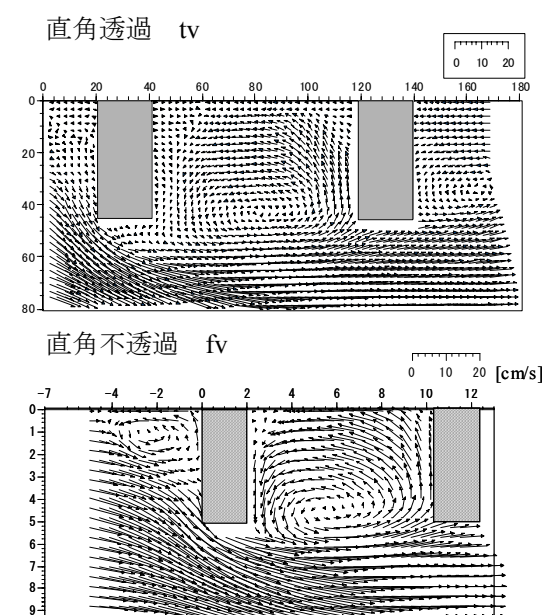
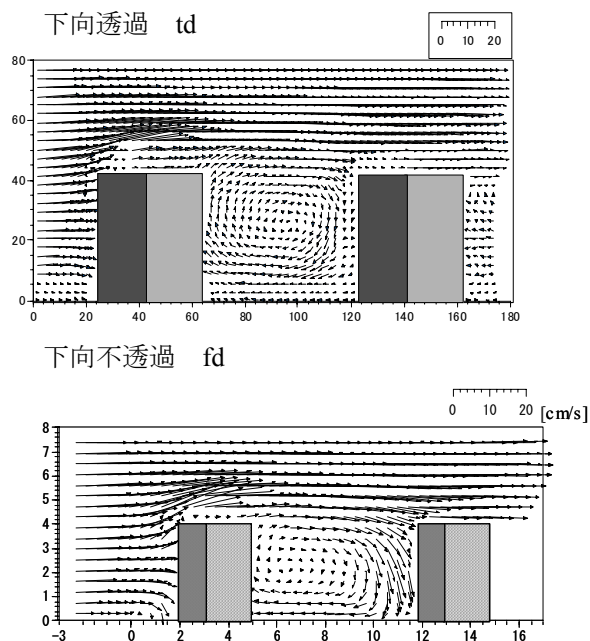
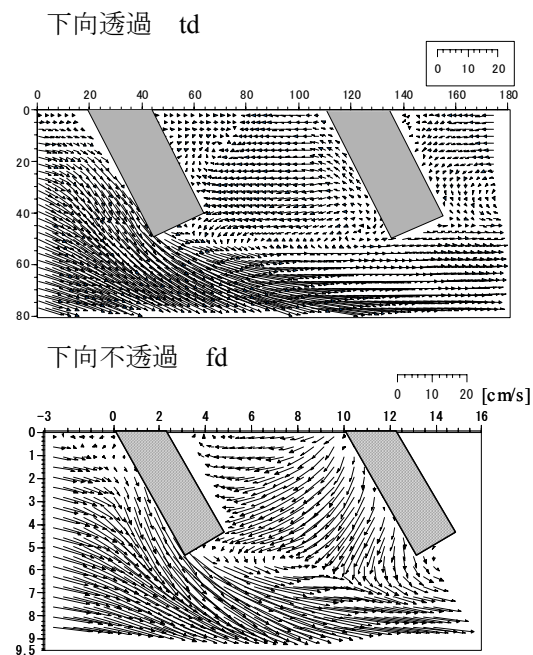


図-4 $z=5\text{mm}$ の水平断面流速ベクトル



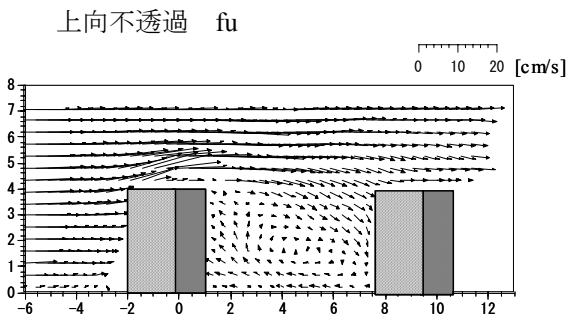
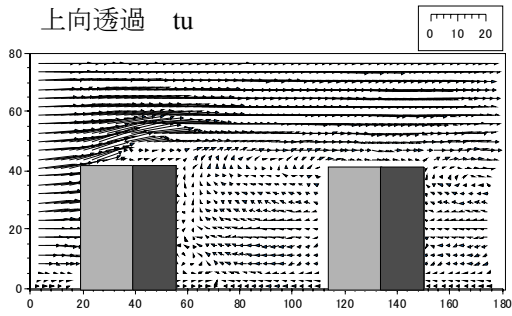


図-7 Y=25mm の鉛直縦断面流速ベクトル

以上、まとめると水制域内に関しては透過流れの影響により流出入の違いが現れており、それによってもなつて渦構造にも変化が現れていた。特に底部は透過と不透過の違いが顕著に現れる傾向がある。また、角度の影響による透過する流れの違いも大きく現れている。

3-2. 透過流れの変化が周辺流動に及ぼす影響

次に、間隙率を変えた2ケースについて比べてみる。図-9に $z=5\text{mm}$ の水平断面流速ベクトルを示す。この2ケースをみると共に第1水制を透過する流れが見られるが、平面渦の中心を見ると tv のケースは 80mm 、 tr のケースは 100mm の位置に現れている。透過した流れは水制域内を逆流してきた流れと衝突し、主流方向への流れに変化している。 tr は tv に比べて透過流れが大きいいため、流出の範囲が大きい。

これらのことから、間隙を変えることにより、透過流れの大きさの変化につなげ、水制域内の渦構造など変化させることができると考えられる。また、透過水制の場合は、第1水制前面の透過流れだけではなく、図-9を見てみると、第2水制背面からも透過してくると思われる流れがある。特に水制の根元部は、不透過では、水制根元部は流れが弱い箇所であるので、水制域内全体に流れ循環に関しては透過水制の方が優位であると考えられる。

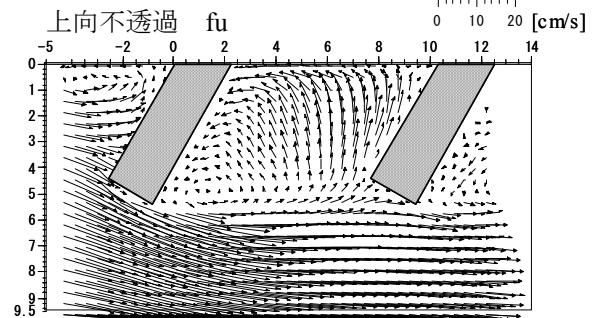
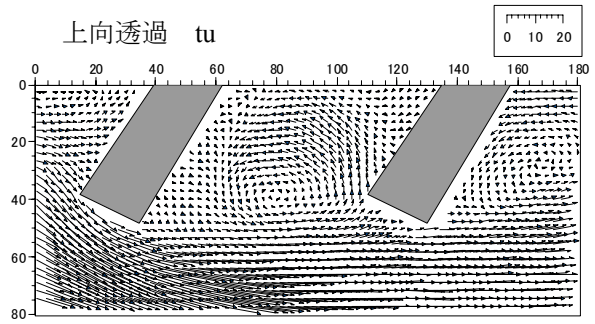


図-8 $z=5\text{mm}$ の水平断面流速ベクトル

3-3. 水はね、越流強さの検討

図-10に $y=50.5\text{mm}$ の横断方向流速分布の水制底部である $z=5\text{mm}$ を、図-11に $y=20\text{mm}$ の水平方向流速分布の水制頂部である $z=40\text{mm}$ を取り出したものである。図-10をみると、水はねの強さは直角、下向は透過の方が弱く現れていて、上向は透過とほとんど変わっていない。また、流れの変化に関して不透過は急激な変化として現れているが、透過では緩

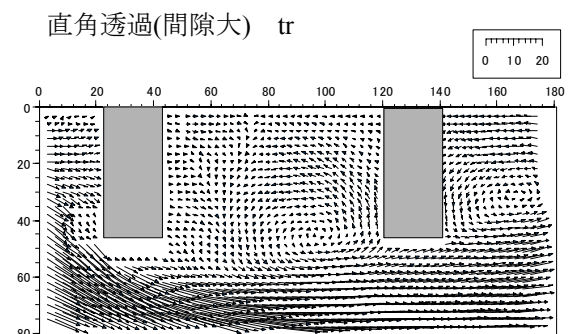
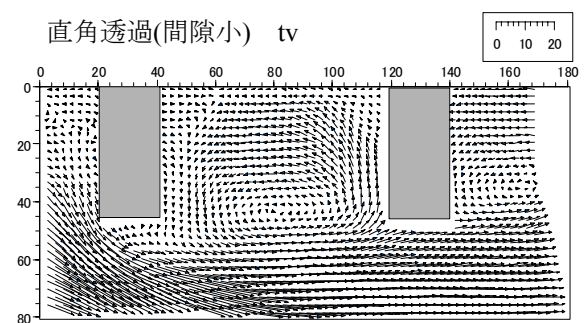


図-9 $z=5\text{mm}$ の水平断面流速ベクトル

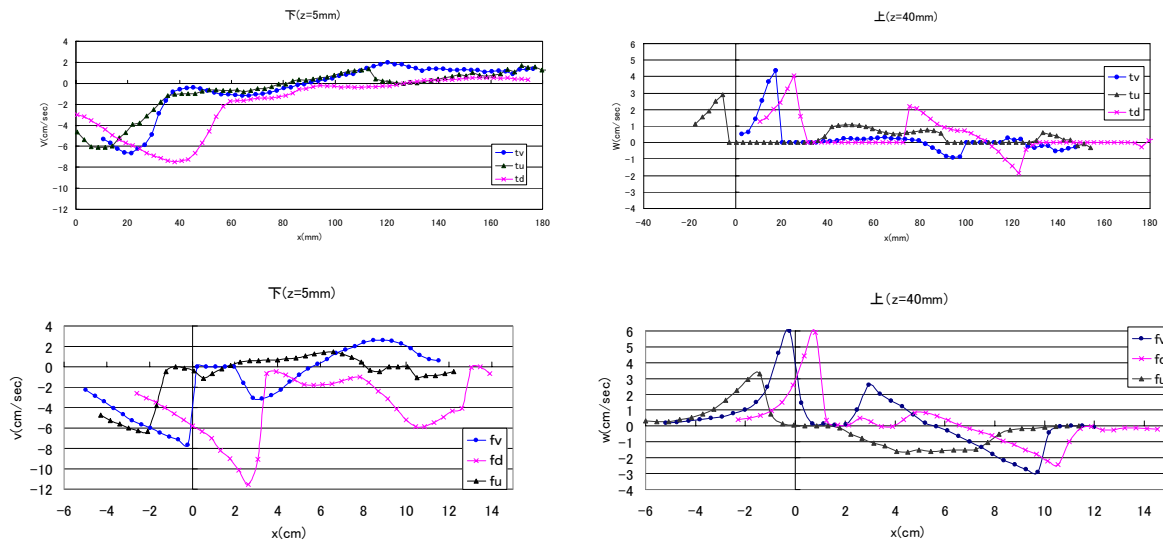


図-10 y=50mm の横断方向流速分布

図-11 y=20mm の縦断方向流速分布

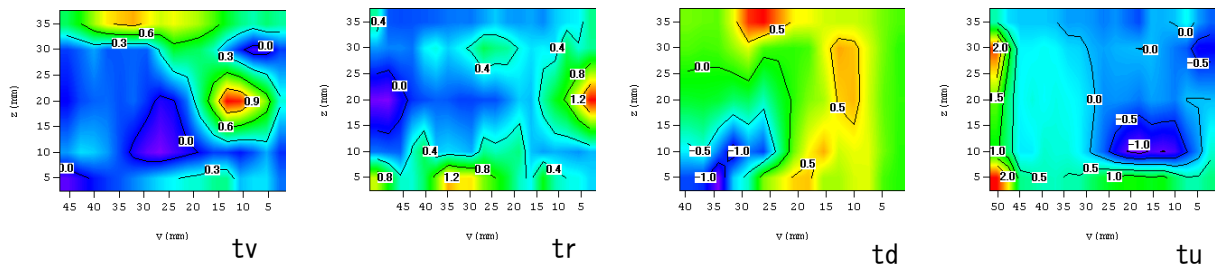


図-12 透過水制の第1水制背面の流速コンター

やかな変化となっている。図-11 を見てみると少しの差であるが、全体として透過の方が越流が小さく出ている。次に角度に注目してみると、直角、上向き水制をみると全体的に透過でも不透過と似たような傾向が現れている。下向き水制に関しては、透過の方がかなり小さく値がでてい

いる。以上をまとめると、透過水制のほうが透過する流れのある分、比較的水はね・越流流れが弱く現れている。

3-4. 透過流れの検討

次に図-12 に透過水制の背面流速コンターを示す。これを見ると、角度変化、また間隙率の変化により透過の流れ大きく影響を与えることが分かる。直角では底面、また根元付近で透過の流れが見られ、下向きでは底面の先端を除いて全体的に、上向きでは底面の先端付近に透過流れが見られている。透過する流速値もケースにより違いが生じており、間隙の違いだけでなく設置角度によりその透過する流れに大きく影響している。これらを見ると、透過流れは水制域内の渦構造によりその流入に大きな変化が生じると考えられる。

4. おわりに

透過水制は、不透過水制ほど水流の方向を変化させることはないが、流水を減少させるという面では、不透過水制に劣らず十分その機能を果たしていると思われる。水制周辺に与える影響として、透過水制は不透過水制ほど河床に与える影響が少なく、河床の変動を目的とせず、川に変化を与えるということならば適した水制であると思われる。河岸域に関しては、透過水制は底面の流れ、越流した流れにおいて護岸方向へ影響は少ない。

透過水制の間隙率による違いについては、特に水制域内の変化としてあらわれるので、目的に応じて使い分けられることができると思われる。

透過水制の角度については、水制域内では底部の流れに大きな変化を与える。水制域外については不透過に比べて流れが緩やかとなってあらわれるが、透過流れの変化、渦構造などは大きく変化するため、使いわけが必要になってくると考えられる。