

没水型水制によるワンドの形成について

熊本大学工学部 学生員 ○鶴岡哲也
 熊本大学工学部 正 員 大本照憲
 熊本大学大学院 学生員 井手賢正

1 はじめに

水制には、流れに対する粗度要素としての流速低減効果および水はね作用としての流向制御効果の2つの働きが有る。従来、両者の作用に着目し、河岸浸食および護岸破損の防御、低水路法線の修正、航路確保等の治水・利水目的のために利用されてきたが、近年、水制周辺の流れが多様なために河岸植生や水棲生物にとって良好な環境が創造されことから、生態系の保全・育成を目的とした水制の設置が見られる。本研究では水制の環境機能に着目し、没水型水制によって形成された人工ワンド周辺の流れ場に与える水制の向きの影響について実験的に検討した。

2 実験装置および方法

実験に用いた水路は、長さ10m、幅40cmの亚克力樹脂製可変勾配水路である。移動床実験では、河床材料として、中央粒径 $d_{50}=0.94\text{mm}$ の均一に近い珪砂が用いた。河床材料は水路全域に亘って厚さ6cmで一様に敷均し、幅18mm、高さ30mm、長さ5cmの直方体の木片で作られた水制を、図-1に示すように初期河床から高さ $\Delta=18\text{mm}$ 、その間隔が水制長の整数倍となるように設置した。実験は、静的平衡河床を対象とし、上記の境界条件および表-1の水理条件で通水され、120分経過後に超音波測深器により河床形状の測定が行われた。固定床実験では、同一の水路に、幅18mm、高さ18mm、長さ5cmの直方体の木片で作られた水制を水制長の3倍の間隔で設置した。なお、水制の向きは、直角($\theta=0^\circ$)、上向き($\theta=10^\circ$)および下向き($\theta=-10^\circ$)の3種である。流速測定には、二成分電磁流速計を使用し、流速の主流方向成分と横断方向成分、および横断方向成分と鉛直方向成分の同時計測が同一地点で行われた。

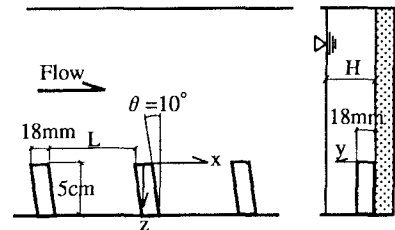


図-1 水制概要

表-1 実験条件

流量	$Q=5.83(\text{l/sec})$
水深	$H=5.0\text{cm}$
平均流速	$U_m=29.88\text{cm/sec}$
摩擦速度	$U_* = 2.21\text{cm/sec}$
水路勾配	$I_0=1/1000$
レイノルズ数	$Re=14940$
フルード数	$Fr=0.43$
無次元掃流力 τ_*	$\tau_* = 0.032$
砂粒レイノルズ数 Re_s	$Re_s = 20.8$

3 実験結果

座標系は、水制先端部の河床位置を原点とし、主流方向にx軸、鉛直上方にy軸、横断方向にz軸を取る。図-1は、直角、上向および下向の3種の没水型水制を、各々、水制長の3倍の間隔で21基設置した場合の各位置での極大洗掘深を示す。全般的に、直

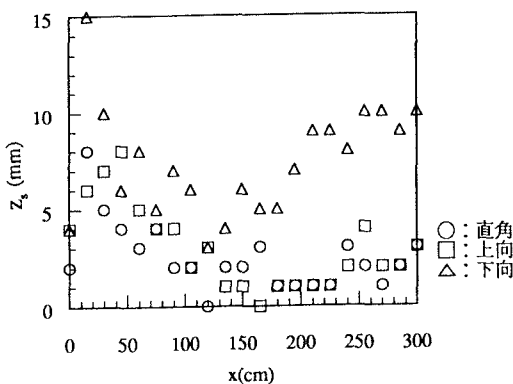


図-2 極大洗掘深 z_s の流下方向変化

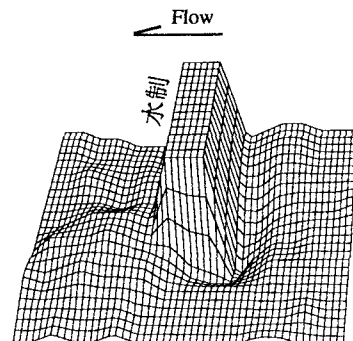


図-3 直角水制周辺の鳥瞰図

角水制と上向水制の極大洗掘深は、何れも流下方向に一樣に減少し、 $x=150\text{cm}$ よりも下流では、ほぼ一定で、河床は平衡状態に達していることが分かる。一方、下向水制の極大洗掘深は、先端から $x=150\text{cm}$ の範囲では直角、上向水制に類似した減少傾向を示すが、 $x=150\text{cm}$ よりも下流以降は上昇傾向に転じ、最も大きな値を示していることが着目される。なお、何れの水制群も、先頭の水制の河床からの高さは $\Delta/2=9\text{mm}$ としているため、 $x=0$ における極大洗掘深が小さく押さえられている。図-3は、一例として先頭から第4番目の直角水制の河床高さの鳥瞰図を示す。図より水制前面で洗掘が生じ、特に頭部の上流側で顕著な洗掘、下流側で堆積が生じていることが分かる。図-4は、先頭から第4番目に当たる直角、上向および下向水制の周辺における河床高の等値線を示す。図より、静的平衡河床においては、直角、上向および下向水制周辺の河床高は、ほぼ類似の変化を示し、水制頭部上流側で洗掘、下流側で堆積を生ずるが、洗掘深は直角、上向および下向水制の順で大きくなり、堆積位置に関しては3者で顕著な差違はなく、水制背後に土砂の流入が見られる。なお、静的平衡河床で流れが穏やかなため、下向水制において越流による水制根付けおよび河岸近傍における深掘れは生じていない。図-5は、直角、上向および下向水制群の各中央部における主流速の等値線および二次流ベクトルを示す。図より主流速の等値線は、全般的に河岸に向かって突出し、主流速が自由水面付近で小さくなっていることが認められる。また、水制域で主流速は減少しているものの逆流域はなく、ワンド内に特有の循環流は形成されていない。この原因としては、水制が没水型であり、越流により運動量が輸送されることと水制長が比較的短いことが挙げられる。二次流ベクトルは、全般的には水平成分が卓越し、 $x=6\text{cm}$ の半水深付近では河岸方向に向きを取り、直角および上向水制においては自由水面近傍で、河岸から離れる方向に向きを取ることが分かる。また、何れの水制も $x=12\text{cm}$ の水制前面においては上昇流が生じ、特に河岸において顕著であることが認められる。なお、水制群においては主流速が減速傾向にある遷移域においては、連続条件より水制域から流出する流れが生じ、水制域内および周辺において洗掘が生じるとの指摘もあるが、本実験では河床堆積位置が水制域内に入り込んでいる。これは、本実験では主流速が平衡状態に達し、二次流ベクトルが河岸方向に向きを取ったためであることが考えられる。

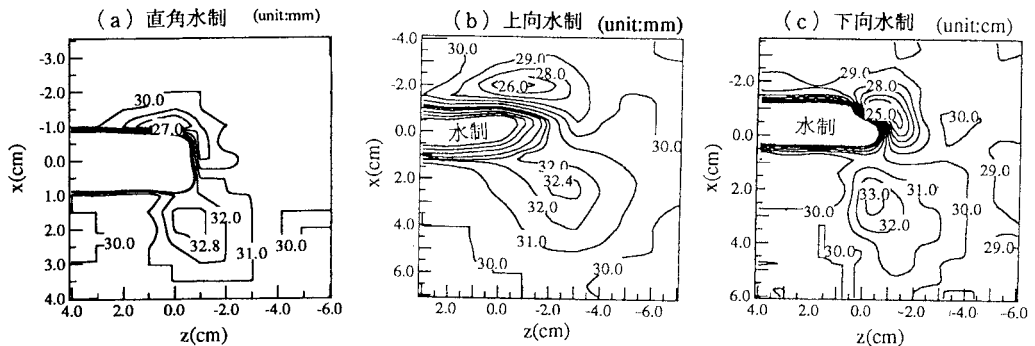


図-4 河床高の等値線

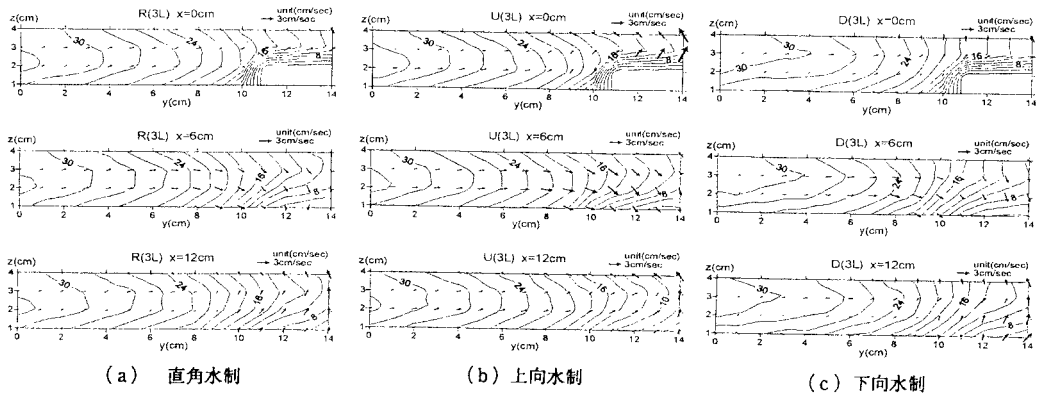


図-5 主流速の等値線および二次流ベクトル