

明石工業高等専門学校専攻科 学生員 ○泉 佳甫  
 明石工業高等専門学校 正会員 神田 佳一

1. はじめに

近年，従来の治水や利水に加え，環境にも配慮した多自然川づくりが提唱されている．ここでは，多自然河川工法の一つである，ブランチブロック護岸工法を取り上げる．本工法は，ブランチブロック（写真1）によって，自然石の空石積みを一体化させるものである（写真2）．自然石の空石積みが水生生物の生息場や植物の生育場となり，永続的な多自然化が期待される．また，護岸表面には，鉛直及び傾斜した2本のブランチ部材が露出し，水理学的には棧型粗度として捉えることができる．本研究では，護岸模型を設置した実験水路において模型実験を行い，ブランチ部材によって護岸表面に形成される棧型粗度が，流れや河床に及ぼす影響を検討する．



写真1 ブランチブロック<sup>1)</sup> 写真2 施工例（出石川）<sup>1)</sup>

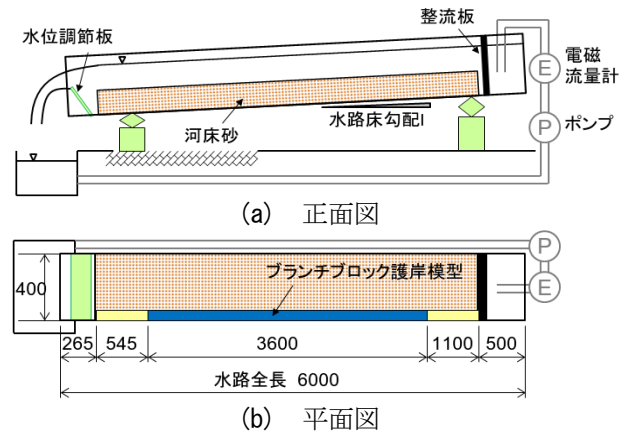


図1 実験装置の概略図（単位：mm）

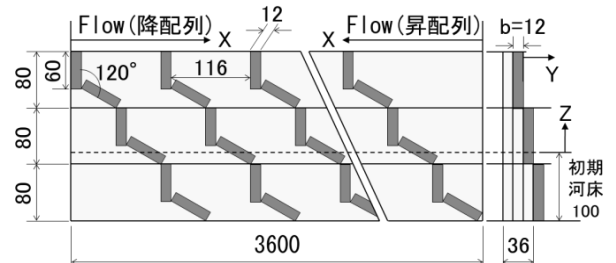


図2 ブランチブロック護岸模型（単位：mm）

2. 実験概要

実験には，図1に示す全長6.0m，幅0.4m，高さ0.28mの長方形型断面水路を用い，そのほぼ全区間にわたって平均粒径 $d=0.88\text{mm}$ の一樣砂を10cmの厚さで敷き均した．ブランチブロック護岸模型は，既成のブランチブロックの諸元に基づき，1/15スケールで作製した．また，背面の石材までを平面と仮定し，図2に示すように，1段の高さが80mmの板上に，幅12mm，厚さ12mm，長さ60mmの直方体を鉛直及び $120^\circ$ 傾斜させて設置したものの3段分を1セットとし，流下方向に116mmの間隔で，水路壁面に27セット設置した．ここで，流れの方向により，模型に沿って水面に向かう流れが生ずる場合を昇配列，逆の場合を降配列とする．なお，模型設置区間の最上流端より流下方向にX軸，護岸壁面から水路幅方向にY軸，初期河床面から垂直方向にZ軸をとった（図2）．

実験は，模型配列，水路床勾配I，流量Qをパラメータとして変化させ，計12ケース行った．実験条件は表1に示す通りである．表より，全ケースにおいて $u_* / u_{*c} \geq 1$ であり，水路全体で流砂が生じる動的条件であることが分かる．実験手順は，まず10cmの厚さに河床砂を均し，初期河床位を測定した．その後，所定の流量で通水し，排水後に通水後河床位を計測した．通水中には，表面流速を測定する為に，平均粒径 $50\mu\text{m}$ のプラスチック微粉末をトレーサーとして流し，その動きをビデオカメラで撮影した．なお，表面流速の解析にはLSPIV法を，その解析には，藤田ら<sup>2)</sup>が開発した解析プログラムを用い

表1 実験条件

Run No.	模型配列	水路床勾配 I	流量 Q[l/s]	摩擦速度 $u_*$ [cm/s]	$u_* / u_{*c}$	Fr	Re
Run1	降配列	1/1000	5.0	2.237	1.02	0.347	12500
Run2			7.5	2.620	1.19	0.323	18750
Run3			10.0	3.240	1.47	0.228	25000
Run4		1/500	10.0	3.402	1.55	0.557	25000
Run5			12.5	3.759	1.71	0.527	31250
Run6			15.0	4.407	2.00	0.384	37500
Run7	昇配列	1/1000	5.0	2.259	1.03	0.337	12500
Run8			7.5	2.426	1.10	0.407	18750
Run9			10.0	3.225	1.47	0.231	25000
Run10		1/500	10.0	3.653	1.66	0.450	25000
Run11			12.5	3.887	1.77	0.467	31250
Run12			15.0	4.132	1.88	0.467	37500

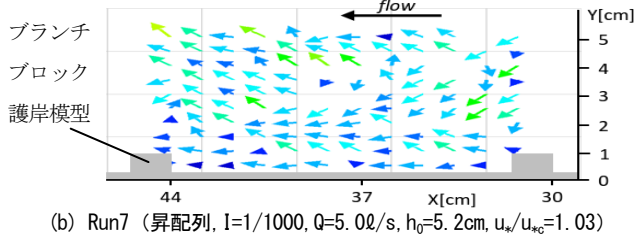
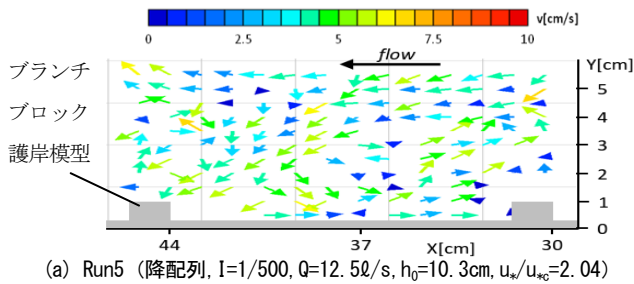


図3 ブランチブロック模型周辺の表面流速

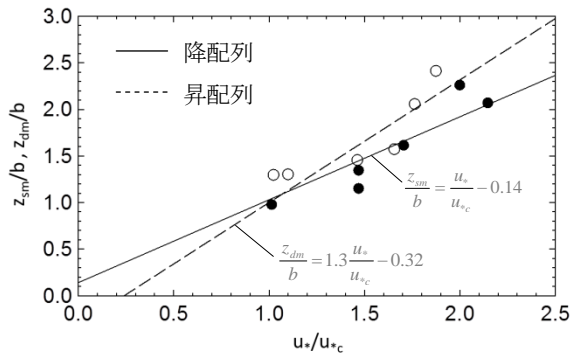


図5  $u_*/u_{*c}$  と  $z_{sm}/b$ ,  $z_{dm}/b$  の関係

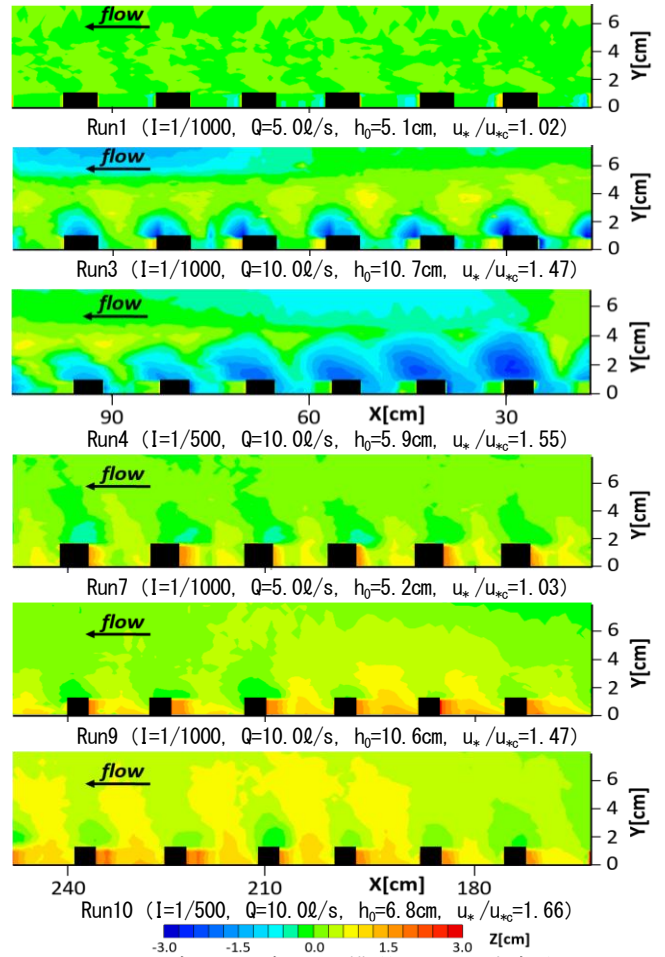


図4 ブランチブロック模型周辺の河床変動量

ている。河床位はレーザ変位計を用いて、水路縦断方向に1cmピッチ、水路幅方向に0.25cmピッチで測定した。

### 3. 結果及び考察

図3にブランチブロック模型周辺の表面流速の結果を示す。Xは第1模型先端からの縦断距離、Yは水路横断距離である。図より、降配列の場合にはブロック周囲でブロックを回り込む形の渦状の流れが確認できた(a)。一方、昇配列の場合には、ブロックから離れる方向の表面流が卓越している(b)。これは、降配列、昇配列ともにブロックの斜面方向に流れが生じていることを示しており、表面流は鉛直方向の流れの影響を受けると考えられる。

図4にブランチブロック模型周辺の河床変動量を示す。降配列 (Run1,3,4) の場合には、いずれのケースにおいてもブロック周囲で局所洗掘が見られた。これは、ブロックの形状に沿って下降する流れが生ずる為である。Run3( $I=1/1000$ )とRun4( $I=1/500$ )より、勾配が増加するに従って局所洗掘の深さと影響範囲が大きくなっていることがわかる。また、Run1( $Q=5\ell/s$ )とRun3( $Q=10\ell/s$ )より、流量の増加に伴って洗掘深が増加している。一方、昇配列の場合には堆積傾向を示した。図5は、横軸に摩擦速度  $u_*$  と河床砂の移動限界摩擦速度  $u_{*c}$  との比  $u_*/u_{*c}$ 、縦軸に最大洗掘深  $z_{sm}$  (降配列) 及び最大堆積高さ  $z_{dm}$  (昇配列)

をブロックの厚さ  $b=12\text{mm}$  で除した無次元量  $z_{sm}/b$ ,  $z_{dm}/b$  をとって、流量と勾配の変化に対する洗掘深の変化を示したものである。図より、 $z_{sm}/b$  及び  $z_{dm}/b$  は  $u_*/u_{*c}$  の増加、すなわち流量と勾配の増加に伴って線形的に増加していることが分かる。また、近似曲線の傾きから、ブロック周辺の河床変動量は昇配列の方が大きくなるといえる。

### 4. まとめ

降配列の場合、表面の流れは、ブロックの周囲で小規模の渦を形成し、河床では、ブロックの周囲で局所洗掘が生じた。また、流量と勾配の増加に伴い、局所洗掘の深さが線形的に増加し、その影響範囲は指数関数的に増加する傾向にある。一方、昇配列の場合、表面の流れは、降配列よりも大きなスケールの渦を形成し、河床では、ブロックの上部に砂が堆積した。また、流量と勾配の増加に伴い、ブロック上部の堆積高さ及びブロック前面の堆積高さが線形的に増加する傾向にある。

### 参考文献

- 1) 榊吉工園, <http://www.kikkouen.com/bbb/bb.html>, 平成23年8月28日取得
- 2) 藤田一郎: PIV技術の実河川表面流速への応用, 河川技術論文集第4巻, pp.41-46, 1998