

木工沈床群により創出された流れ構造について

名古屋工業大学 学生会員 ○佐藤 理佳子
 名古屋工業大学 フェロー会員 富永 晃宏

1. はじめに 近年多自然川づくりが全国的に進められる中で、伝統的河川工法の存在が再び注目されてきている。伝統的河川工法は自然素材を用いているため、河川景観に馴染み易く、また多孔質であるため水生生物の生息場所としての機能も期待される。しかし、伝統的河川工法は経験的に発展してきたため、その水理的機能は明確にわかっていない。伝統的河川工法の1つである木工沈床は本来根固めとして河床保護を目的としたものであるが、本研究では、それを透過構造物として河岸の流れに多様性を創出するために用いることを想定し、木工沈床周りの流れ構造を PIV 計測によって検討した。

2. 実験方法 実験水路は、長さ 7.5m、全幅 0.3m の勾配可変開水路を用いた。実験条件は表-1 に示すように木工沈床モデルが水没しないケース(E)と水没するケース(S)を設定した。木工沈床のモデルとして、図-1 のような長さ 10cm、幅 10cm、高さ 3.6cm の木枠の中に入らせた玉石を入れたものを 10 個作製し、それを粗度間隔 dx_2 がそれぞれ 10cm、20cm、30cm、40cm となるよう設置した。また、モデルを 2 つ並べて粗度幅 $dx_1=20$ cm としたケースも行った。PIV 計測は、粗度幅 10cm のケースでは 6、7 個目の模型、粗度幅 20cm のケースでは 3、4 個目の模型について行い、模型を設置する際にこれらの模型が PIV 計測領域である上流端から 350~450cm の区間にくるよう調節した。木工沈床の中詰石は細石を 5mm おきにふるい分けしたものを、10~15mm(case A)と 20~25mm(case B)および不透過(case C)の 3 通り設定した。case A と case B の中詰石は

表-1 実験条件

	水深 h [cm]	流量 Q [l/s]	断面平均流速 U_m [cm/s]	フルード数 Fr	勾配 I
Emergent	3.0	0.68	7.56	0.14	1/2500
Submerged	6.0	2.51	13.9	0.18	

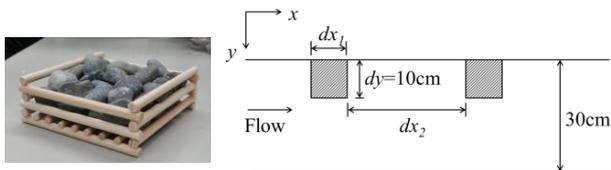


図-1 実験模型と模型配置図

表-2 実験ケース

case	粒径 d [cm]	粗度幅 dx_1 [cm]	粗度間隔 dx_2 [cm]	水深 h [cm]			
A11E	A 1.0~1.5	1 10	1	10	E 3.0		
A12E			2	20			
A13E			3	30			
A14E			4	40			
A21E		2 20	1	10			
A22E			2	20			
A23E			3	30			
A24E			4	40			
A11S		A 1.0~1.5	1 10	1	10	S 6.0	
A12S				2	20		
A13S				3	30		
A14S				4	40		
A21S			2 20	1	10		
A22S				2	20		
A23S				3	30		
A24S				4	40		
B11S	B 2.0~2.5	1 10	1	10	S 6.0		
B12S			2	20			
B13S			3	30			
B14S			4	40			
C11S		C 不透過	1 10	1		10	S 6.0
C12S				2		20	
C13S				3		30	
C14S				4		40	

間隙率が約 45%になるように量を調節した。各実験ケースを表-2 に示す。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面および鉛直縦断面に照射した。レーザーシートの照射位置は、水平断面は 5mm 間隔で計 11 断面 ($z=5\sim 55$ mm)、鉛直縦断面は木工沈床を設置した水路壁から 5mm、50mm、95mm、200mm の計 4 断面設定した。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直接相互関法により画像解析し 3200 データ 16 秒間平均値を流速ベクトルデータとした。

3. 実験結果と考察 ここでは特に、越流条件の場合の結果を中心に検討する。図-2 に水平断面 $z=15$ mm の caseA12S、A13S の粗度間の凹部領域における時間平均流速ベクトル図を示す。越流型不透過水制周辺の流れ構造においては、上面及び側面とも下流側から流入、上流側から流出し、水平面及び鉛直面ともに再循環渦が形成される¹⁾。それに対して木工沈床周りの流れにおいては、木工沈床の下部アンダーパス及び中詰石を透過する流れにより、凹部全体に及ぶ再循環渦の形成は見られず、凹部奥において上流部で渦構造が見られる

キーワード 伝統的河川工法, 木工沈床, PIV 計測, 流速分布

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 都市社会工学科 TEL 052-735-5490

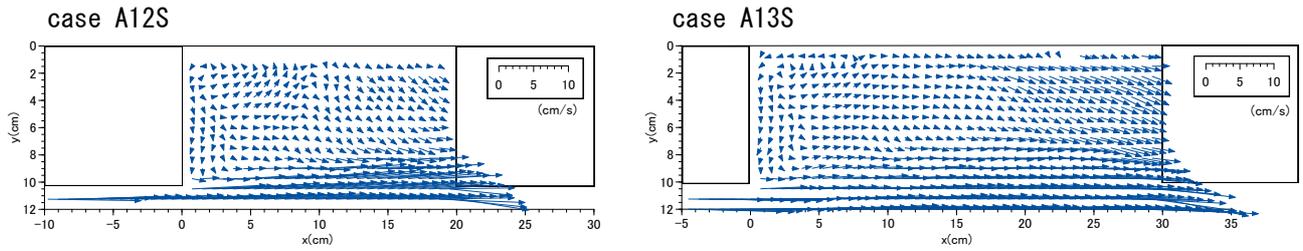


図-2 横断面における時間平均流速ベクトル(z=1.5cm)

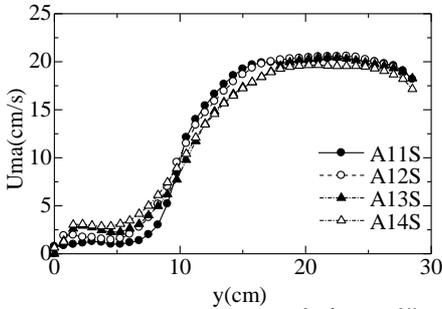


図-3 平均流速 U の横断方向分布, 鉛直方向分布

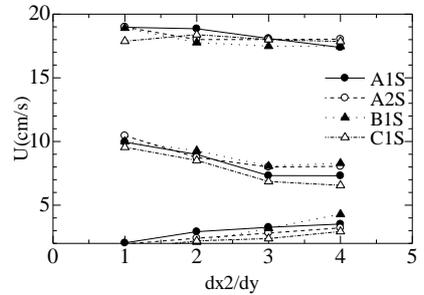
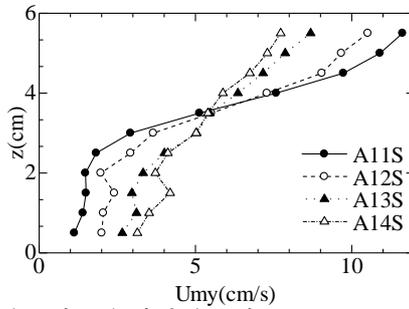


図-4 体積平均流速

のみである。凹部の境界付近では主流の入り込みが大きく、ほぼ直線的な流れになっている。木工沈床間の下流部に加速域があり、主流域側へ方向を変えながら下流の木工沈床内へ流入し、やや下流側から流出する傾向があるものの、側面からはほとんど流れの出入りがないことがわかる。case A12S と case A13S を比較してみると、粗度間隔 dx_2 が広がるほど下流部の加速域が広くなり、上流部の渦構造が形成されにくくなるが、上記の流れ構造の傾向自体は粗度間隔 dx_2 によらず確認された。木工沈床高さを k 、木工沈床の奥行長さを d とすると、木工沈床高さ以下の水深平均流速 U_{ma} と、木工沈床域における y 方向奥行平均流速 U_{my} は以下の式で定義される。

$$U_{ma} = \frac{1}{k} \int_0^k U dz, \quad U_{my} = \frac{1}{d} \int_0^d U dy \quad (1)$$

図-3 に case A1S の、粗度間隔 dx_2 を二等分する鉛直断面における U_{ma} の横断方向分布と、 $y=50\text{mm}$ における平均流速 U_{my} の鉛直方向分布を示す。まず U_{ma} の横断方向分布に注目すると、間隔が広がるほど低速域における減速が緩やかになり、木工沈床を設置した側壁側で再び加速する傾向があることがわかる。これは間隔が広がることで流れが木工沈床間に入り込む割合が増大することによる。また、主水路の流速は間隔が広がるにつれて小さくなっている。鉛直方向分布につ

いては、間隔が狭い場合、粗度層境界高さ付近で大きな流速勾配が発生しているが、間隔が広がるほど木工沈床の上層流速の減速がより顕著となっており、流速差が小さくなっている。区分体積平均流速として、粗度下層平均流速 U_1 、粗度上層平均流速 U_2 、主水路下層平均流速 U_3 の粗度間隔に対する変化を図-4 に示す。間隔が広がるほど粗度下層の流速は速くなり、また低速域と主流域の流速差が小さくなっている。これらは粒径に関わらず同じ傾向を示している。主水路における流速は、粗度幅や中詰石の粒径による傾向は得られなかったが、粗度域においては、粗度幅が広がるほど平均流速が小さくなるという傾向が得られた。また間隔が広がると、粒径が大きいほど流速が速くなるという傾向が得られた。図-5 に水平断面 $z=15\text{mm}$ における case A13S, C13S の乱流エネルギーカウンター図を示す。ここから、不透過においては乱れが凹部境界面に沿って局所的に発達することがわかる。

4. おわりに 今回の実験から、単に低速域を確保するためには、設置する木工沈床の間隔を狭く、また粗度幅を広く、中詰石を密なものにすることが有効であるが、間隔が狭いと粗度上層の流速が減速されにくく、また不透過にすると境界部の乱れが増大してしまうことがわかった。したがって実際に木工沈床を設置する際には様々な観点からパラメータを評価する必要がある。今回は、木工沈床周りの流れ構造の評価を行ったが、今後は、他の工法と比べて木工沈床の特徴を定量的に捉えるとともに、土砂堆積についても検討する。

参考文献

1) 富永晃宏, 井嶋康二, 越流型水制周辺の流れ構造に及ぼす水制間隔の効果, 水工学論文集, 第46巻, pp.475-480, 2002

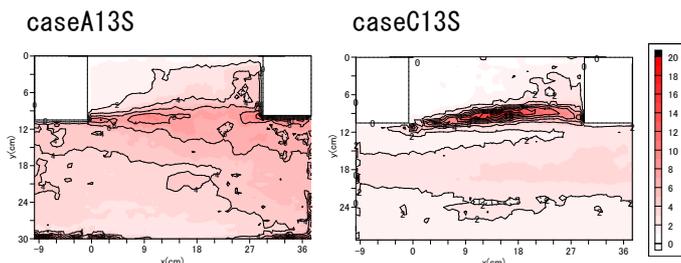


図-5 乱流エネルギーカウンター図