

伝統的河川工法「木工沈床」周りの流れの構造

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。伝統的河川工法とは自然素材と植生を組み合わせられて作られた多孔質で屈撓性をもつ柔構造である。自然素材を用いているため河川景観に馴染みやすく、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ものであるため、その水理的機能は明確にわかっていない。そこで本研究では、伝統的河川工法の中でも特に木工沈床に着目し、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。側面はガラス張りで、レーザー光の反射を防ぐために、全水路底に黒く塗った塩化ビニル板を敷いている。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 の木枠の中にふるい分けし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、模型を 2 つ並べて粗度幅 $dx_1=20\text{cm}$ 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。実験条件は**表-1**に示すように木工沈床模型が水没しないケース(a)と水没するケース(b)を設定した。木工沈床の中詰石は 3 通り設定し、細石を 5mm おきにふるい分けし、10~15mm(case 1)と 20~25mm(case 2)および不透過であるスチロール樹脂板の直方体(case f)を用い、case 1 と case 2 の中詰石は間隙率が 46.7%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 11 断面($z=5\sim 55\text{mm}$)

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]	勾配 I
a	3.0	0.68	7.56	1/2500
b	6.0	2.51	13.9	

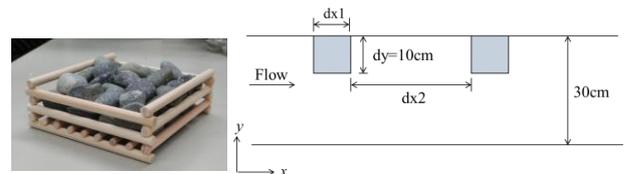


図-1 模型配置図

表-2 実験ケース

case	粒径 [mm]	水深 h [cm]	粗度幅 dx_1 [cm]	粗度間隔 dx_2 [cm]		
1a-1-1	10~15	a	3.0	1	10	
1a-1-2					20	
1a-1-3				30		
1a-1-4				40		
1a-2-1			2	20	10	
1a-2-2					20	
1a-2-3			30			
1a-2-4			40			
1b-1-1		b	6.0	1	10	
1b-1-2					20	
1b-1-3					30	
1b-1-4					40	
1b-2-1			2	20	10	
1b-2-2					20	
1b-2-3					30	
1b-2-4					40	
2b-1-1	20~25	b	6.0	1	10	
2b-1-2					20	
2b-1-3					30	
2b-1-4					40	
f-1-1		f	b	6.0	1	10
f-1-2						20
f-1-3						30
f-1-4						40

設定した。鉛直断面は主流域側の水路壁から 10mm, 215mm, 250mm, 295mm 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相互相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 ここでは越流条件で粗度幅 10cm の場合の結果について検討する。**図-2** に水平断面 $z=15\text{mm}$ の case 1b-1-2, 1b-1-3 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

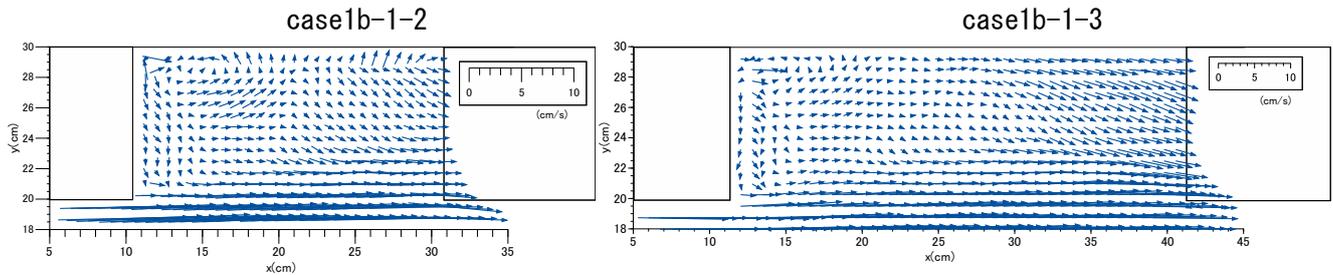


図-2 横断面における時間平均流速ベクトル

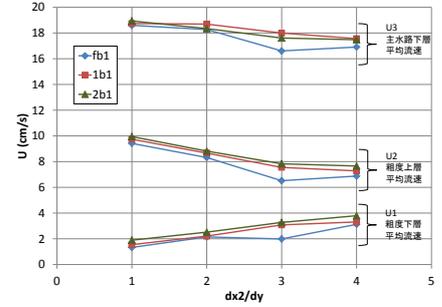
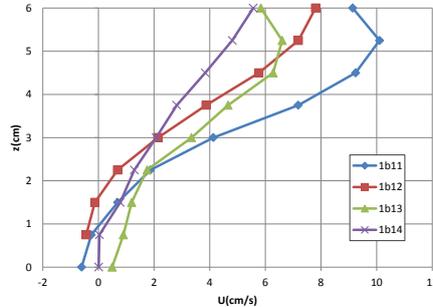
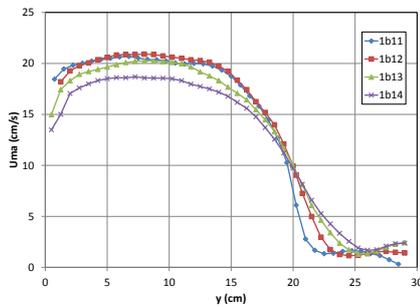


図-3 平均流速 U の縦断方向分布，鉛直方向分布

図-4 体積平均流速

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⁾。木工沈床周りの流れにおいては，木工沈床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。case1b-1-2 と case1b-1-3 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。木工沈床高さ以下の水深平均流速 U_{ma} は，木工沈床高さを k とおくと，

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

で定義される。図-3 に case1b-1 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， $y=250\text{mm}$ における平均流速 U の鉛直方向分布を示す。まず U_{ma} の横断方向分布に注目してみると，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。また，粒径の大きさは平均流速にそれほど影響しないことがわかる。不透過においては全体的に流速が遅くなることが示された。

4. おわりに 木工沈床周りの流れ構造において，いずれの間隔においても，側面からの平均的な流れの流入，流出はほとんどないことが確認された。また，設置間隔が広がるほど木工沈床間の流速は速くなり，流れの入り込みによって主流域と低速域の流速差が小さくなるという傾向が得られた。今回は木工沈床周りの時間平均的な流れ構造について定性的に検討したが，今後は木工沈床が流れに与える影響を定量的に評価できるよう，よりよいパラメータを探求し，伝統的河川工法の効果をより高い精度で評価していきたい。

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