

捨石群による中小河川の河道多様性創出に関する研究

指導教員 富永晃宏 教授

篠田早紀

1. はじめに

近年、多自然川づくりの重要性が意識されるようになってきている。多自然川づくりにおける手法は多々あるが、そのうちのひとつに「捨石群」というものがある。これは、流れの制御構造物であり越流、透過にともなう水質浄化や水生生物の生息空間としての間隙など様々な自然環境機能が期待されている。そこで、本研究では堀川上流部の捨石群を研究対象とし、現地での河床変動および流速の調査、数値計算によって捨石群の効果的な形状について水理的検討を行った。

2. 現地観測の方法

堀川上流部の捨石群設置区間において計測を行った。捨石群は径 15~20cm の丸石を積み重ねたものであり、現場には 3 つの構造物が設置されている。計測区間は川幅 6.4m で流下方向に 60m である。流速、水深計測間隔は流下方向には上流側の計測開始地点から 20m までは 4m ごと計 6 断面、20m 以降は 5m ごと計 8 断面とした。縦断方向には 0.1m ごと計 7 断面とした。計測断面は水面から 6 割となる断面とした。捨石群を含む河床形状を図-1 に示す。これより、捨石群以外のところは大きな河床変動がないことがわかる。これは河床が比較的大きな粒径の礫で覆われアーマー化しているため出水時においても河床変動が起りにくいことを示している。また、流速は3成分電磁流速計(KENEK製VP3000)を用いて手持ちで行った。

3. 数値計算による検討

現場と同様の条件で流速を数値計算により算出した。ただし、捨石群は高さのみを与え不透過性とした。数値計算の基礎方程式には、水深平均された開水路平面 2 次元流れの運動方程式および連続式を用いた。観測時の流量 $Q=0.46 \text{ m}^3/\text{s}$ 、下流水深 $h=0.28\text{m}$ を与え、マンニングの粗度係数 $n=0.025$ (土木学会発行「水理公式集」基礎水理編の砂利、直線水路時の標準値)を用いて計算を行った。観測値と数値計算値の流速のコンターとベクトルを図-2 に表す。観測値と計算値の結果は捨石群 1, 2 前面の高速域が過少評価をしているが、傾向はほぼ一致している。今回は捨石群 1, 2 による効果を検討するため捨石群 3 についてはないものとみなして数値計算を行った。

3.1. 捨石群長さによる影響

そこで、最適な捨石群の配置を検討するために捨石群 1, 2 の流下方向長さを変化させてその影響をみた。また流量を変化させて出水時の流れについても検討した。数値計算条件と標準偏差を表-1 に示す。全体の傾向として、捨石群の長さが長くなるほど標準偏差が大きくなっていく

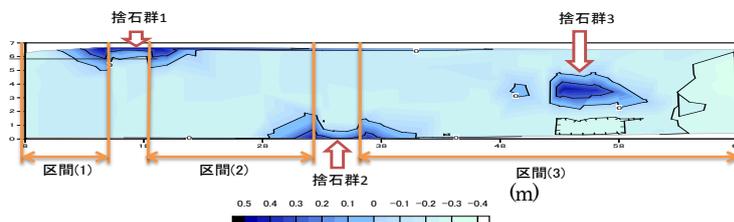


図-1 河床形状(観測)

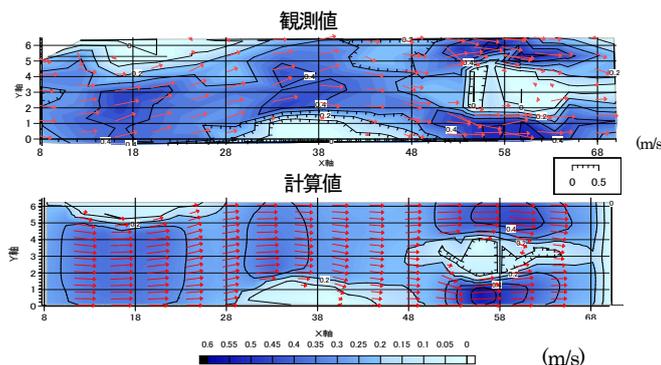


図-2 流速コンターとベクトル流速

表-1 数値計算条件と標準偏差値

	ケース名	標準偏差(cm/s)								
		case1	case2	case3	case4	basic	case5	case6	case7	case8
流量 Q (m^3/s)	構造物の長さ(m)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0.3	5.91	6.04	6.10	6.13	6.14	6.11	6.08	6.10	6.12
	0.46	7.47	7.63	7.70	7.75	7.74	7.69	7.69	7.63	7.72
	1	13.70	13.96	14.12	14.15	14.19	14.16	14.33	14.36	14.36
	2	25.67	26.00	26.01	25.90	25.45	25.87	26.00	26.03	26.23

表-2 数値計算条件と標準偏差値

ケース名	標準偏差			
	case-a	case-b	case-c	
標準形との差	0.5	1	2	
流量 (m^3/s)	0.3	5.14	5.97	7.85
	0.46	6.27	7.26	9.57
	1	11.12	12.49	15.86
	2	20.58	22.65	26.50

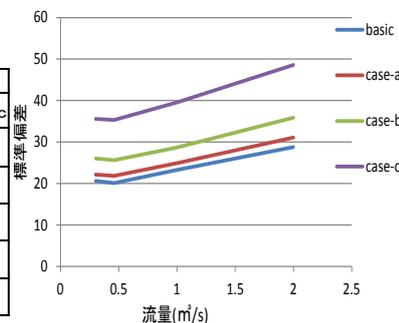


図-3 標準偏差の変動係数

傾向があるがあまり顕著な差はみられない。これより x 方向への構造物の変化はあまり効果が得られないことがいえる。

3.2. 捨石群幅による影響

次に捨石群 1, 2 の横断長さが流れに及ぼす影響を検討した。数値計算条件と標準偏差を表-2, 標準偏差の変動係数を図-3 に示す。Basic と case-c の流下方向流速 u のコンターを図-4 に示す。図-3 より流量が大きくなるにつれて長さによる標準偏差は増加するが, 増加の変化量は長さにはほぼ作用されない。また, 標準偏差値は case-b と case-c で大きく変化する。

図-5 に各ケースの流速分布面積割合を示す。どのケースにおいても流速の面積割合のピークは約 30cm/s と同じである。全体的な傾向にも大きな変化はないが, case-c においてピーク流速と前後の流速との面積割合の差が小さくなっており, 大きい流速の割合も増えている。図-4 のコンターより, 構造物のわんど付近の y 方向断面において高速域が生じ, 構造物の前後で低速域が広く生じていると考えられる。

図-6 に, 流量と捨石群を変化させた時の低速域の面積の割合を示す。ここで, 低速域とは流下方向流速が $0.2\text{ m}^3/\text{s}$ 以下の領域と定義した。これより, 捨石群幅が長くなるほど低速域の占める割合は大きくなりまた流量が大きくなると低速域の面積割合は減少していくが構造物長さが大きいほど低速域面積の割合は大きくなっている。特に流量 $1\text{ m}^3/\text{s}$ と $2\text{ m}^3/\text{s}$ においては, 構造物長さによる低速域の面積の割合はほぼ一致する。これより, 流量が $1\text{ m}^3/\text{s}$ までは流量が少ない方が構造物長さによる影響が定量的に大きい, それ以上の流量においては流量による構造物の形状による効果に差はみられない。図-7 に, 流量と最大流速値の関係を示した。これより, 流量による最大流速の値は急に増加する。

次に対象区間を 3 つの区間に分ける。(1) 計測開始地点～第 1 構造物わんどまで (2) 第 1 構造物わんど～第 2 構造物わんどまで (3) 第 2 構造物わんど～計測終了地点までにわけて検討した。図-1 にその区間を示す。図-8 に流量が $0.46\text{ m}^3/\text{s}$ の時の各地点の構造物長さによる低速域の占める面積の割合を示した。第 2 区間の低速域面積の割合は, 第 1 区間と第 3 区間の割合の和より大きい, これより構造物 1, 2 の相互作用により構造物が一つの場合よりも低速域が増えていると推測できる。また, 構造物長さが長いほどその効果は大きい。区間(2)での流速分布のヒストグラムを図-9 に示す。分布のピークは case-a では 28cm/s , case-b では 28cm/s , case-c では 24cm/s より長いほどピークが低速域よりへと移動している。しかし, 高速域も減るわけではなく全体的に流速の値に幅が生まれるといえる。

4. おわりに

捨石群の大きさは x 方向に変化させてもあまり流速に変化を与えることは難しく, y 方向に変化させた方が効果的であることがわかった。 y 方向に変化させる際, 多様性をもたせるためには低流域が存在することが必要であ

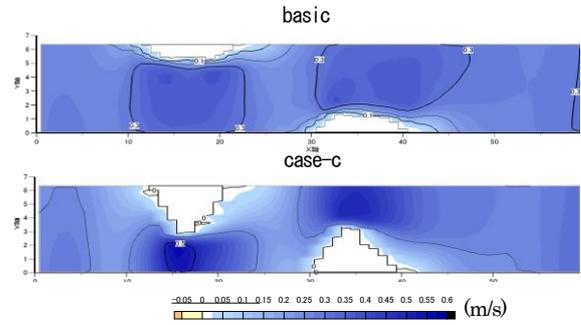


図-4 流下方向流速 u のコンター

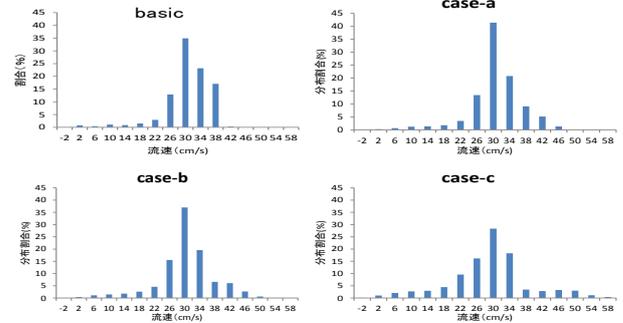


図-5 各ケースの流速分布割合 (%)

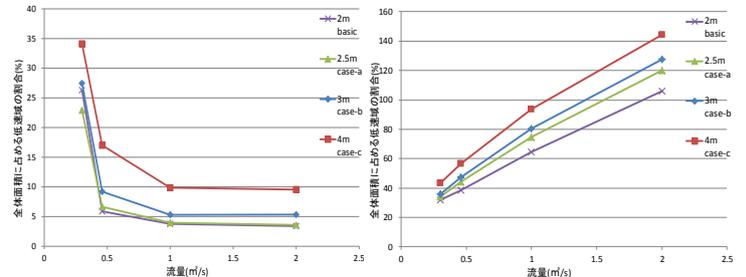


図-6 低速域の面積割合

図-7 最大流速値

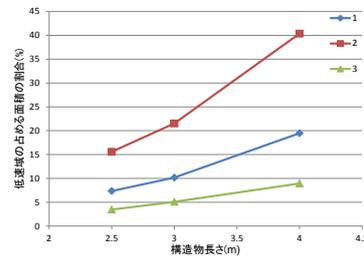


図-8 各区間の低速域面積の割合

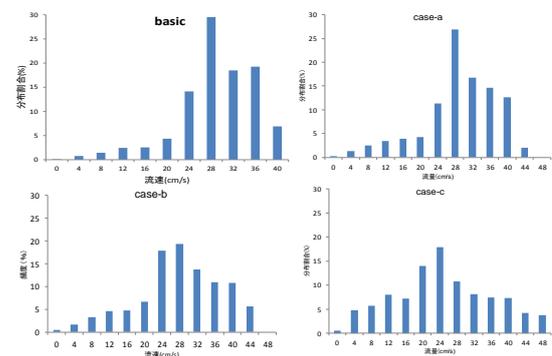


図-9 区間 2 の流速分布のヒストグラム

る。構造物が長いほど低速域は増えるが, 流量が増えたときに達する最大流速が大きくなるため, 治水面で危険性が生じるおそれがあるが対象河川のような河床が安定的な場合は有効と考えられる。今回は, 不透過性で計算を行ったが今後は透過性における効果も検討していく必要がある。