Step-poolの形成に関する基礎的研究

名城大学理工学部	学生会員	小坂	智映
名城大学理工学部	正会員	溝口	敦子

1. はじめに

山地河道では、Step-pool、または、礫段、礫列の形成により河床の骨格構造が決まり、その骨格構造を基盤として、下流区間へ砂が流下していく。そのため、Step-poolは、山地河道の土砂動態を考える上で重要な要素となる。しかし、取り扱いの難しさからStep-poolに関する研究数は限られている。これまでに、形成条件については、芦田ら¹⁾や長谷川ら²⁾により検討され、以下のことが明らかになっている。

1)河床材料が混合砂である。

2) 平均粒径よりも大きい砂礫が活発に移動するだけでなく、一方で最大径の礫が停止する。

3)流れが限界流・射流であって、分級砂礫によって反砂堆が形成される。

4)波長(STEP 間隔)が反砂堆の波長λにほぼ一致する。

5)波高(STEP高)はアーマーコートの平均粒径程度である。

本研究では、山地河道の河床変動流砂挙動の解明を目指し、まず、Step-pool 形成過程に着目し、粒径がある程度均一な礫と砂の二種類の河床材料を用いて水路実験を実施した。

2. Step-poolの形成実験とその過程

2.1 実験概要

実験は、幅 60cm、長さ 19m のガラス壁を有する可変勾配水路を用い、表-1 のように水路に二通りに幅を変 化させた長さ 13m の実験区間を設置し実施した。実験区間には、上下流にそれぞれ長さ 1m の固定床を、水 路中央には長さ約 11m にわたり移動河床区間を設置した。移動床には、礫(平均礫径約 30mm)と砂(三河珪砂 3 号:平均粒径約 2.1mm)の二粒径を実験条件に従い混ぜ合わせ、均一に敷きならした。

実験では、表-1 に示した条件で、一定流量通水し、供給を行わずに反砂堆や礫集合帯の形成状況を見なが ら短時間で止水する方法で実験を行った。実験時には、ビデオ撮影により反砂堆の形成の様子や砂礫の動き を把握し、同時に壁面に貼った定規を用いて初期の水深などを把握した。

2.2 Step-pool 形成の過程と形状の特徴

表-1 に実験条件とともに、形成の成否、予測される粒径別掃流力を示す。実験は、すべて射流の状態で行ったが、一部のケースでは止水時に図-1のような Step-pool とみられる礫の集合帯が形成され、その他のケースでは、図-2 のように礫の集合帯が見られなかった。

											三二二	つ 波	上 / Stor	、問			
	実験 流量	流量	単位幅	水路	水沒	水深(m)	水路幅	フルード 数	河床の砂	形成の	粒径別	無次元	12.	-2 议	K C Sich	1月]	
	ケース	(m^3/s)	流量	勾配	中间标				make (m)		礫比率 (7%)、7%)	成否	掃流力			波長(m)	
			(m/s)		美測他	坦福但			(傑:伊)		砂	候	美颖		日本生の	Step间	
	1	0.0223	0.037	1/30	0.042	0.044	0.6	1.38	4:6	0	0.352	0.026	ケース	宝涧值	风砂堆切	(m)	
	2	0.0223	0.037	1/30	0.043	0.044	0.6	1.33	6:4	0	0.352	0.026	· · ·	入区间	理論値		
	3	0.0223	0.074	1/30	0.070	0.065	0.3	1.20	6:4	0	0.416	0.031	1	0.29	0.28	0.26	
	4	0.0127	0.042	1/30	0.048	0.047	0.3	1.29	6:4	0	0.329	0.024		0.20	0.20	0.20	
	5	0.0067	0.022	1/30	0.032	0.033	0.3	1.25	6:4	×	0.248	0.018	2	0.28	0.28	0.25	
	6	0.0393	0.131	1/60	0.101	0.109	0.3	1.18	4:6	×	0.290	0.021	3	0.43	0.45	0.48	
	7	0.0393	0.131	1/60	0.098	0.109	0.3	1.21	6:4	\times	0.290	0.021	4	0.32	0.31	0.35	
	8	0.0223	0.074	1/60	0.074	0.079	03	1 36	4.6	×	0.238	0.017					

また、Step-poolと見られる礫の集合帯が形成されたケースにおいて、通水中に見られた反砂堆の波長を画像から読み取った値と長谷川による理論値³⁾、止水後に確認できた礫集合帯間(Step間)の長さを表-2 に示す。これによると、長谷川の指摘と同様に、通水時に見られた反砂堆の波長と礫集合帯間が一致しており、また、反砂堆の波長理論値は、実測値とほぼ一致することがわかる。

なお、長谷川によって検討された波長の理論式は以下のようになる。

波長
$$\lambda = 3.36\sqrt{6.48\sqrt{I} - \frac{1}{3}I^{-\frac{1}{6}}h_c}$$
 (1)

II-034





図-2 非形成の状態

図-1 形成されたステップ部

ここに、 λ : 波長(m)、I: 勾配、 h_c : 限界水深(m)である。 次に、Step-pool が形成されたケース 1~4 について、ビ デオ画像により、通水時の様子を確認し、どのケースも同 様な過程で形成されることがわかった。確認された形成過程 をスケッチで図-3に表すとともに、以下に示す。

- 1) 通水直後、砂礫とも活発に動き、反砂堆が形成される。
- 2) 反砂堆の峰上流部付近に一部の礫が砂とともに停止し、 集積した。
- 3) 反砂堆の下流から上流への進行に伴い、集積した礫は 砂に埋没する。



 \bigtriangledown



図-4 非形成時の反砂堆の移動と礫の動き

4) 一旦反砂堆に取り込まれた礫は、反砂堆の移動に伴い、反砂堆下流部から流出した。

5) 止水後、水位の低減に伴い反砂堆の砂が流下、礫が残され、礫の集合帯があらわれた。

2.3 非形成時の特徴

2.2 では、Step-pool 形成時の特徴を示したが、形成されなかったケースについて、その要因について検討 した。本実験では、以下の2つの非形成過程がみられた。

(1)非形成過程①(ケース 5)

表-1の掃流力から予測されるように、流量が少ないため、礫がほとんど動かず、砂のみの移動が起こった。 そのため、礫の集積にはつながらなかった。

(2)非形成過程②(ケース6、7、8)

図-4 に簡単なスケッチで非形成時の様子を示す。

各ケースともに、通水開始と同時に砂礫が活発に移動し、下流へ移動する反砂堆の発生がみられた。反砂 堆の下流への移動とともに峰下流部の堆積域で停止し、砂に埋没し、反砂堆へ取り込まれる。ただし、形成 ケースとは異なり、反砂堆の波高は低く、反砂堆の下流への移動とともに礫の埋没、移動を繰り返すため、 通水停止後、河床には、図-2に示すように礫の集合帯は確認されなかった。

おわりに 3.

本研究では Step-pool 形成に関する知見を得るために、様々な条件下で実験を行い、以下の結論を得た。

・二粒径で構成された河床条件でも Step-pool 地形が形成されることを示し、既往の研究成果と同様な形成過 程を確認した。

 ・砂礫が活発に移動し、反砂堆の発生を伴っても、反砂堆が下流へ移動する場合には、礫集合体の形成に至 らない。

今後、山地河道の土砂動態の解明を目指し、Step-pool 形成時の礫の配置特性の検討や実河川での形成状況に 関して検討を行う予定である。

参考文献

1) 芦田和男・江頭進治・安東尚美:階段状河床形の発生機構と形状特性、京大防災研究所年報、第27号 B-2、1984年、341-53 2) 竜澤宏昌・林日出喜・長谷川和義:渓流河川における河床砂礫の混合特性と階段状河床形の形状特性、水工学論文集、第 42巻、1998年、1075-80

3) 長谷川和義・田中航太・川村信也・渡邊康玄・野上毅: 渓流における礫列の細部構造、水工学論文集、第46巻、2002年、 695-700