

II - 162

急勾配分岐水路における跳水下の閉塞堆積実験

北海道大学工学部 学生員 水柿 俊直
北海道大学 正員 長谷川和義

1. はじめに

山地河川の分岐部入口ではしばしば流路を塞ぐような堆積が見られる。著者ら^{1) 2) 3)}は、閉塞堆積が洪水時に発生する跳水によって引き起こされるものと考え、研究を進めてきた。本論文は、中の島を設けた急勾配分岐水路に跳水が発生したときに土砂がいかに堆積するかを報告するものである。

2. 実験の概要

2.1 実験条件

実験水路は長さ13m幅80cmの可傾斜式循環水路であり、中ほどに図1.に示す形状の分岐を設けている。分岐先端形状は平面(Run1, 3, 5)、三角形(Run2, 4, 6)の2種類とした。底面条件と勾配により接近流のフルード数を変えている。分岐部先端には大きめの礫を直接水路に貼りつけ、先端部河床の極端な洗掘を防ぐようにした。主な条件と実験結果を表1.に記す。

2.2 実験方法

河床を固定状態にして礫を流し、分岐部での堆積状況を調べた。その際、初めに大きな流量によって明確な跳水を発生させて流下礫の堆積をはかり、その後流量を変えて堆積・浸食の変化をみることにした。

実験は表1に示す6ケースにつき行っており、1ケース毎に流量を1段階（約32(1/s)）2段階（約17(1/s)）3段階（約7(1/s)）と変化させ、同時に上流から礫を投入した。通水時間は河床形状（堆積状態）が定常に達するまでとした。1段階毎に通水を止め、河床形状をポイントゲージで測定した。

2.3 実験結果

1段階の流量に対し、全てのケースにおいて分岐部手前で跳水が発生した。Run1, 2は波状跳水が生じ、Run3～6は表面渦を伴う弱跳水が発生した。跳水はフルード数が小さいケースほど上流に位置していた。

全てのケースを通じて、跳水下で堆積を生じ、特にb水路の剥離域に比較的大きな堆積ができた。三角形分岐形状(Run2, 4, 6)のa水路入口付近においても大きな堆積が生じた。流量を減少させるにつれ、跳水が上流側に移動し、堆積が上流に伸びた。図2.の一連の図は、Run4の各流量段階における定常堆積地形の等高線図である。Run4のa水路入口付近における堆積は全ケースを通して最も大きく、a水路をほぼ塞いでいる。第1段階で生じた堆積が一番高く、第2, 第3段階においては最高堆積部が浸食されている。以上のことから、閉塞に至る堆積は何回かの洪水、または長時間の小出水によって徐々に形成されるものではなく、大洪水時に短時間に形成されるものと予想される。

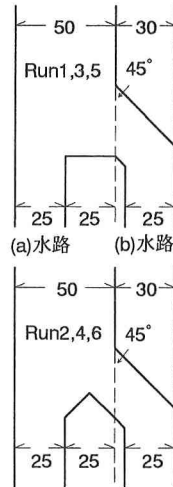


図1.実験水路形状(cm)

表1. 実験条件および実験結果

ケースNo	段階	流量 1/s	Fr数	流量比(r_s)	流砂量比 r_{ss}
Run1 $i=1/30$	1	31.7	1.40	0.67	0.67
	2	17.7	1.41	0.62	0.70
	3	7.7	1.28	0.70	0.86
Run2 $i=1/30$	1	33.1	1.51	0.64	0.50
	2	17.0	1.31	0.65	0.50
	3	7.3	1.11	0.64	0.43
Run3 $i=1/42$	1	30.8	2.24	0.62	0.62
	2	16.1	2.32	0.62	0.42
	3	8.0	2.65	0.65	0.31
Run4 $i=1/42$	1	31.4	2.19	0.62	0.45
	2	15.6	2.19	0.59	0.25
	3	7.1	2.43	0.48	0.32
Run5 $i=1/55$	1	30.6	1.81	0.59	0.48
	2	17.5	2.25	0.61	0.40
	3	10.9	2.50	0.55	0.13
Run6 $i=1/55$	1	31.0	1.87	0.60	0.08
	2	16.8	2.24	0.61	0.33
	3	10.8	2.65	0.58	0.39

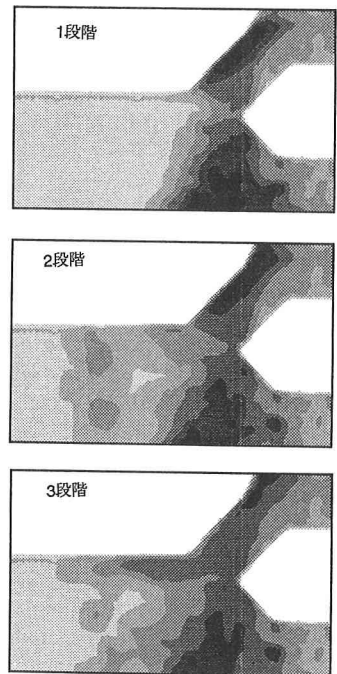


図2.堆積等高線図 Run4

3. 考察

図3. は上流Fr数とa水路側流量比(r_a) ($r_a = Q_a / Q_0$) の関係図である。図3. 1に固定床状態における予備実験値、図3. 2にRun1~6の実験値が表示されている。図中の曲線は、運動量式から求めた理論解²⁾ (2つの実線) と水面形の存在限界(破線) である。図3. 1において、跳水の明確なRun3~6の実験値はほぼ理論線に沿っている。理論解は2値性を持っており、それぞれの解に沿う実験値が存在している。また波状跳水のRun1, 2は大きくはずれている。流量を一定にし勾配を変化させてフルード数を変えた実験値は、水面形存在限界線に沿っている。これは、理論中の摩擦項と重力項が平衡するものとして省略したためと考えられる。図3. 2において注目されるのはRun4の動きで、3段階目にもう1つの解の近傍に移り、0.5を下回ってa水路の閉塞傾向を促進している。他の実験値は、堆積状態にも関わらず固定床状態とほぼ同様な流量比変化を示しており、明確な閉塞傾向は見いだせない。

図4. は各ケース1段階の最大堆積高 ξ と上流水深 h_1 ・Fr数から求めた跳流水深 h_j との関係を示している。同図より、 ξ が h_j のほぼ半分程度の値を持っていることがわかる。したがって跳流水深がわかれば、それによる堆積高もある程度推測できる。

4. まとめ

- 今回の実験により以下のことが判明した。
- 1) 閉塞に至る最初の堆積は短時間の大出水によって形成されるものと予想される。
 - 2) 三角分岐形状のフルード数が大きいケースにおいては流量配分比の解の移動が見られ、流路の閉塞傾向が明瞭であった。
 - 3) 跳水内の最大堆積高は、跳流水深のほぼ半分程度である。

5. おわりに

今回は完全な移動床状態ではないものの、流路の閉塞傾向を実験で再現することができた。ただし、どちら側の流路が閉塞に至るか等、重要な点がまだ明確になっていない。今後はこのような閉塞条件を定量的に表現したいと考えている。

謝辞： 本研究は、文部省科学研究費補助金一般(C)「分岐跳水が引き起こす土砂移動停止による山地河道の突然変動機構の解明」(代表 長谷川)の補助を受けた。また図の作成において開発土木研究所河川研究室の援助を頂いた。記して関係者の方々に深謝の意を表する次第である。

<参考文献>

- 1) 長谷川・水柿・納：射流分岐水路の反力による跳水発生と土砂移動に関する実験・数値解析 土木学会第48回年次学術講演会
- 2) K. Hasegawa and T. Mizugaki: Changes of Bifurcated Channels in Mountainous Rivers. Proc. of Workshop on Hydraulics and Hydrology in Cold Region, 1993
- 3) 長谷川・水柿：移動床急勾配分岐水路における流れと河床の洗掘・堆積 土木学会北海道支部論文報告集 平成5年度

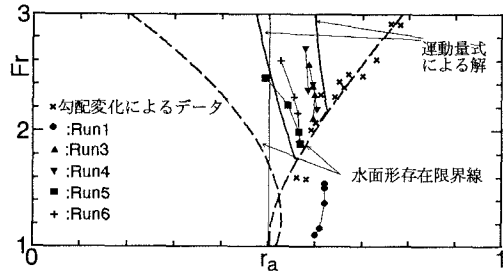


図3.1 Fr数と流量比の関係(固定床状態)

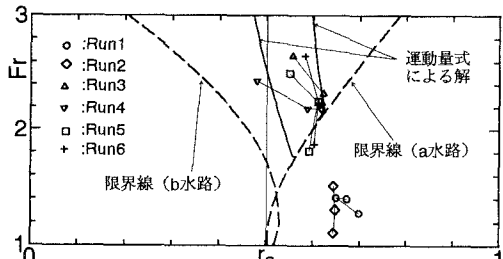


図3.2 Fr数と流量比の関係(堆積有り)

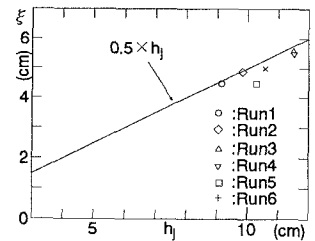


図4. 最大堆積高 ξ と跳流水深 h_j の関係