

# 急拡部を有する段落ち部の跳水に関する研究

土木学会 生会員 ○八尾 航洋  
 土木学会 正会員 内田 龍彦  
 土木学会 フェロー会員 河原 能久

## 1. 背景と目的

段落ち部を有する河川構造物下流部においては、水理条件によって流況が変化し、潜り噴流が生じた際には、大きな流体力や洗掘力が河床に働き構造物が被害を受ける。このため、水理条件によってどのような跳水形態が形成されるのかを明らかにし、これを予測できる数値解析法を構築することが必要である。

鈴木ら<sup>1),2)</sup>は一様幅水路の段落ち部で生じる跳水形態の移行条件と流況特性を明らかにした。しかし、実際の河川構造物において断面急拡部を有する落差工も多い、本研究では、断面急拡部が段落ち部下流の流況や跳水形態の移行にお受験に及ぼす影響を明らかにするとともに、跳水部を有する流れの数値解析法の有用なベンチマークデータを得ることを目的とする。

## 2. 実験概要

実験には水路幅 0.8m、全長 24m、水路勾配 1/1000 の可変勾配直線水路を用いる。実験区間は、上流側から 0.8m~2.0m の部分に段落ち高さ( $w$ )が 0.1m の段落ち構造物を設置した、水路幅( $B_1$ )0.2m、0.4m の上流側水路 2.0m と、水路幅( $B_2$ )を 0.2m、0.4m、0.8m と変化させた下流側水路 3.0m から成る。(図-1)

測定項目は跳水形態の移行条件、水面形、および流速分布に関するものの3つである。跳水形態の移行条件の実験では、流量 5,10,15,20,25,30(l/s) の6ケースにおいて、潜り噴流の状態から徐々に下流端水深 $h_t$ を上げて波状跳水に移行する限界の $h_c$ 、逆に波状跳水の状態から徐々に下流端水深を下げて潜り噴流に移行する限界の $h_t$ を測定する。水面形および流速分布は表-1 の Case 1~Case 6 においてサーボ式波高計と PIV を用いて測定する。

## 3. 実験結果

### 1) 跳水形態の移行条件

図-2 に急拡部を有する段落ち部で生じる跳水の移

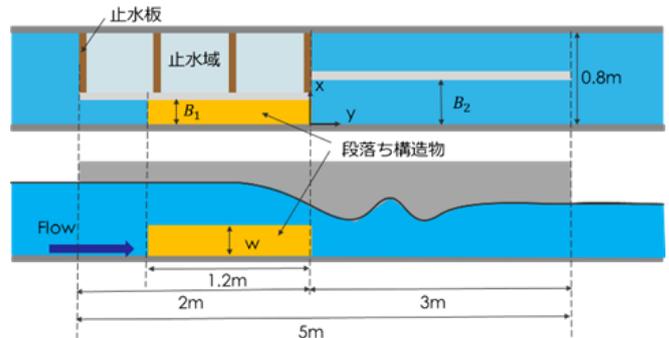


図-1 実験水路 (上: 平面図, 下: 側断面図)

表-1 実験条件 (水面形, 流速分布)

|       | 水路幅拡大比        | 流量      | 流況   | 下流端水深 |
|-------|---------------|---------|------|-------|
| Case1 | 1             | 20(l/s) | 波状跳水 | 20.81 |
| Case2 | (B=0.2m)      |         | 潜り噴流 | 19.16 |
| Case3 | 2             |         | 波状跳水 | 20.03 |
| Case4 | (B=0.2m→0.4m) |         | 潜り噴流 | 16.34 |
| Case5 | 4             |         | 波状跳水 | 16.59 |
| Case6 | (B=0.2m→0.8m) |         | 潜り噴流 | 13.21 |

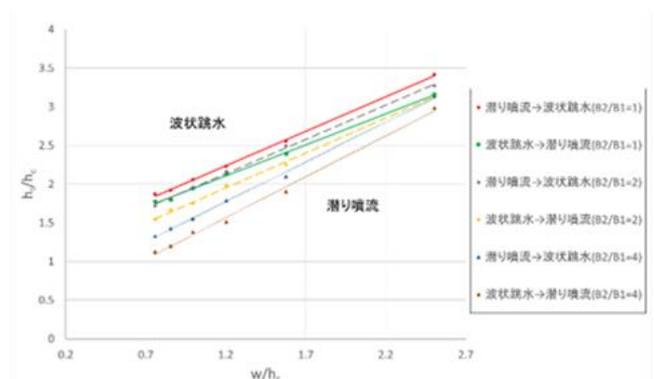


図-2 断面急拡部を有する水路での跳水形態の移行条件 ( $B_1=0.2m$ )

行限界状態の限界水深 $h_c$ 、下流端水深 $h_t$ および段落ち高さ  $w$  の関係を示す。図-2 から水路幅拡大比が大きいくほどより小さな水深で跳水形態が移行することが分かる。跳水によるエネルギー損失に加え、断面急拡による損失が生じ、水路幅拡大比が大きくなるほど一様幅水路の場合と比べ損失エネルギーが大きくなる。そのため、一様幅水路の移行条件と比べて、急拡部を有する水路での移行条件は小さくなったと考えられる。

キーワード 開水路, 跳水, 段落ち部, 急拡部

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科

Tel 082-424-7821

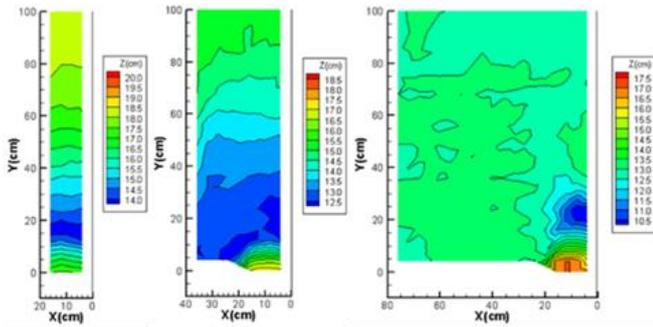


図-3 潜り噴流の水面形  
(左: Case 1, 中央: Case 3, 右: Case 5)

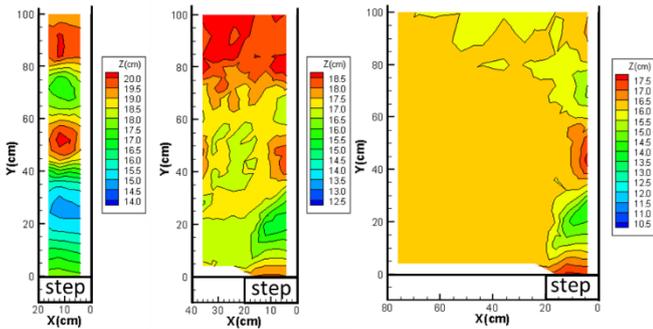


図-4 潜り噴流の水面形  
(左: Case 2, 中央: Case 4, 右: Case 6)

## 2) 段落ち部下流の流況

図-3, 図-4に波状跳水時, 潜り噴流時の水面形を示す.  $x$  軸  $y$  軸はそれぞれ, 段落ち部右端からの距離と段落ち部からの距離を示している. 図-4の Case 4では,  $x=36\text{cm}$ ,  $y=40\text{cm}\sim 55\text{cm}$  では水面が隆起しており, 断面急拡大に伴う二次流が存在すると思われる. Case 6の水面形では隆起は見られないため, 図-4の水面の隆起は二次流が側壁の影響を受け上昇流を生じさせていると考えられる. また, 図-3の Case 3の水面形では,  $y=5\text{cm}\sim 50\text{cm}$  まで扇状に水面が沈み込んでいることが分かる. しかし, Case 5の急拡大部を有する場合の水面形では水位低下部は段落ち部直下に留まり, 扇状に広がっていない. このことから水路幅拡大比が小さいと急拡大部で生じた二次流が側壁の影響を受け, 水路幅拡大比が大きい場合とは異なる流速分布が形成される.

図-5, 図-6に潜り噴流及び波状跳水の表面流速分布を示す. 急拡大部での表面流速分布はいずれの場合も逆流域を形成している. 波状跳水の場合では急拡大部における逆流域の段落ち部下流の主流脈と接する部分のみが流れに乗って流下していく. 一方, 潜り噴流の場合は逆流域の流れ全体が段落ち部直下流部のロー

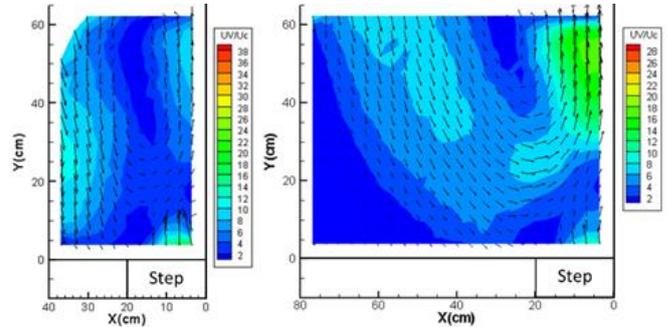


図-5 潜り噴流の表面流速分布(左: Case 3, 右: Case 5)

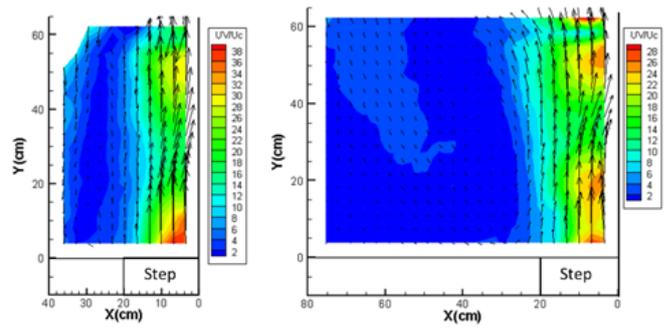


図-6 波状跳水の表面流速分布(左: Case 4, 右: Case 6)

ラー部に巻き込まれるように逆流域が形成されている. そのため, 波状跳水の場合と比べて逆流域の流速が速くなり大きな渦が形成され, 非常に複雑な流況になっている. また, Case 4の水面形に生じた隆起部の原因となる流れは表面流速分布には表れなかったため, 隆起部は底面付近の流れによって生じている.

## 4. 結論

波状跳水と潜り噴流の移行限界は水路幅拡大比を大きくするほどより低い水深に移行する. また, Case 4の水面に生じた隆起部が底面付近の二次流が側壁の影響で上昇流になることで生じていると考えられるように, 水路幅拡大比が十分に大きくない場合には断面急拡大によって生じた二次流が側壁の影響を受けてより複雑な流れが生じていることが確認された.

## 参考文献

- 1) 鈴木幸一, 道上正規, 川津幸治: 床止め直下流部の流れと局所洗堀について, 第26回水理講演会論文集, pp75-80, 1982
- 2) 鈴木幸一, 道上正規, 桧谷治, M.S.Ibrahim: 段落ち部の流況特性, 第29回水理講演会論文集, pp615-620, 1985