

堰背後の瀬と淵の形成に関する研究

山口大学工学部 正 〇河元 信幸 山口大学工学部 正 朝位 孝二
戸畑ターレット（株） 松本 大毅 宇佐市役所 今川 崇
山口大学工学部 正 関根 雅彦

1. 緒論

堰や落差工などの河川構造物は、高水のときに洗掘などによってそれらが破壊しないように水叩きや護床ブロックを設けることが普通である。しかし、それらは魚類からみれば危険な存在のようである。水野は堰背後に水叩きを設けず、越流水を直接河床にぶつけ淵をつくることを提案している¹⁾。また淵が形成されれば瀬も形成されることから生態系にとって好ましい場を創造することができる。

本研究では、堰堤後方の水叩きを地下深くに埋没させて、流水の力を利用した瀬と淵の形成を実験的に行ったものである。今回は、流水落差を利用した瀬と淵の創造工法を確立させるための基礎実験として、堰堤後方で起こる洗掘現象を水叩きを設置した場合と、設置しない場合について実験を行ったものを報告するものである。

2. 実験装置・実験条件・実験方法

実験は、幅 60cm、長さ 600cm、深さ 20cm のアクリル製開水路で行った。堰堤後方の床面には一様粒径の砂を敷き詰めてあり、上流端より 300cm の位置に、高さ 10cm の全幅刃型堰を設置し実験を行った。また、水叩きがある場合の水叩きの長さは 10cm とし、堰下流側水深は開水路下流端に設けた可動堰を用いて調節を行った。なお、水路勾配は河川小中流域を想定し 1/1000 とした。

実験条件を表 2-1 に示す。本実験は静的洗掘実験を念頭に行うので、上流から運ばれる砂による埋め戻しの効果は考慮していない。また、実験は形状が安定したと観察される時間まで行い、各測定時間に流下方向の洗掘形状を測定している。

実験種類を表 2-2 に示す。実験は単位幅流量、下流側水深を系統的に変化させた 8 種類を、水叩きの有無についてそれぞれ行った。

表 2-1 実験条件

表記 単位 値			
河床勾配	i		1/1000
砂粒径	d	mm	1.19~1.68
堰高	h_1	cm	10
限界摩擦速度	U_{*c}	cm/s	2.95
摩擦速度	U_*	cm/s	1.75~2.80

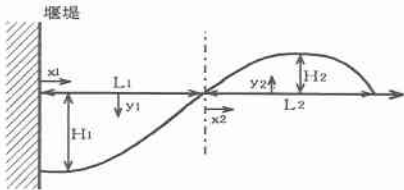


図 2-1 表記の説明

L_1 : 最大洗掘長さ(cm)
 L_2 : 最大盛土長さ(cm)

H_1 : 最大洗掘深(cm)
 H_2 : 最大盛高(cm)

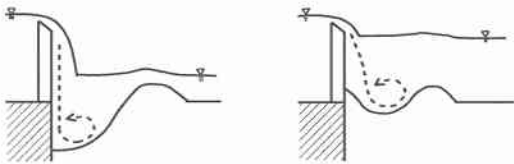
表 2-2 実験種類

RUN	q	h_2	h_2'	h_1	h_e	Δh
1	7.5	9	9.2	10.64	0.64	1.44
2	7.5	6	6.5	10.67	0.67	4.17
3	7.5	3	3.5	10.69	0.69	7.19
4	30	9	10.2	11.77	1.77	1.57
5	30	6	7.4	11.63	1.63	4.23
6	30	3	4.3	11.59	1.59	7.29
7	60	9	10.9	12.64	2.64	1.74
8	60	6	7.8	12.15	2.15	4.35

(q : 単位幅流量 cm^2/s , h_2' : 実験中の下流側水深 cm)

3. 実験結果とその考察

水叩きがない場合の実験では、図 3-1 に示すように、(a)、(b) 2 つの洗掘面形状が観察された。以後 (a) を一山形状、(b) を二山形状と称する。本実験で、二山形状が形成されたのは下流側水深の大きい RUN4、RUN7 であった。図 3-2、図 3-3 は、それぞれ一山形状と二山形状の洗掘部分について縦軸を洗掘深 (y_1/H_1)、横軸を洗掘幅 (x_1/L_1) により無次元表示したものである。図 3-2 から、RUN1、RUN2 を除き、すべての洗掘形状は相似となった。また、図 3-3 から、二山形状においても洗掘形状は相似となることが確認された。



(a) 一山形状 (b) 二山形状

図 3-1 洗掘形状

水叩きの有無について比較したものが図 3-4 と図 3-5 である。図 3-4 は、縦軸に落差 (Δh) を用いて最大洗掘深 (H_1) の無次元化 ($H_1/\Delta h$) を行い、横軸に流量 (q/q_0) を示し、落差に対する最大洗

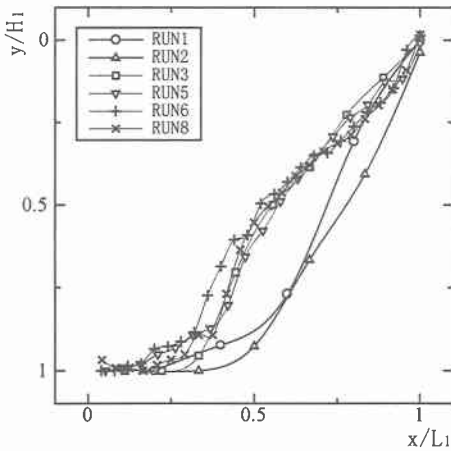


図 3-2 洗掘部分の形状（一山形状）

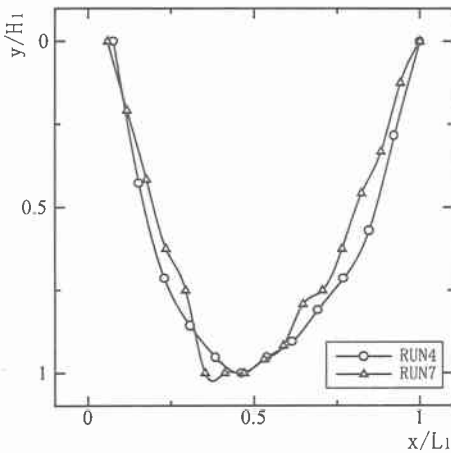


図 3-3 洗掘部分の形状（二山形状）

掘深の変化を示したものである。ここで、 q_0 は基準流量 ($7.5 \text{ cm}^2/\text{s}$) であり、図中の※印は二山形状が形成される場合を表している。また、図中の描点は下流側水深ごとに区別されている。同様に、図 3-5 は、縦軸に落差を用いた盛高比 ($H_2/\Delta h$) を示し、落差に対する最大盛高の変化を示したものである。

図 3-4 から、洗掘深比は水叩きがない場合、下流側水深が一定であれば、流量の増加に伴い $H_1/\Delta h$ も大きくなる。この変化は線形ではなく、流量が大きくなるほどその変化は小さくなる。特に二山形状が形成される 2 つの場合は、流量の変化による $H_1/\Delta h$ の変化はみられない。水叩きの有無は、図中☆のものを除くと、 $H_1/\Delta h$ は、水叩きがない場合の方が大きくなっている。

図 3-5 から、 $h_2=3, 6(\text{cm})$ の条件では、水叩きの有無に関わらず、 $H_2/\Delta h$ はほぼ一定の値をとっているが、下流側水深の大きい $h_2=9(\text{cm})$ の場合、流量の増加とともに $H_2/\Delta h$ も大きくなっている。

4. 結論

今回の実験結果より得られた知見を以下に述べる。

- ・一山形状、二山形状を分けて考えると、流量、下流

側水深に関係なく洗掘形状はほぼ相似である。

- ・下流側水深が一定条件であれば、流量が大きくなるほど洗掘深は大きくなる。ただし、 $h_2=9(\text{cm})$ の場合には二山形状が形成され、二山形状では流量による形状の変化は非常に小さい。
- ・流量が一定条件であれば、下流側水深が低いほど洗掘深は深くなる。
- ・洗掘深については、水叩きがない場合の方がある場合よりも当然大きくなる。しかし、盛高については水叩きがない場合とある場合の違いはほとんどない。
- ・盛高は下流側水深の影響を受け、下流側水深が $3(\text{cm})$ 、 $6(\text{cm})$ の場合には流量に関係なく、ほぼ一定の値をとる。下流側水深が $9(\text{cm})$ の場合には、流量の増加に伴い、盛高も大きくなる。これは、水叩きの有無による傾向の差は見られなかった。

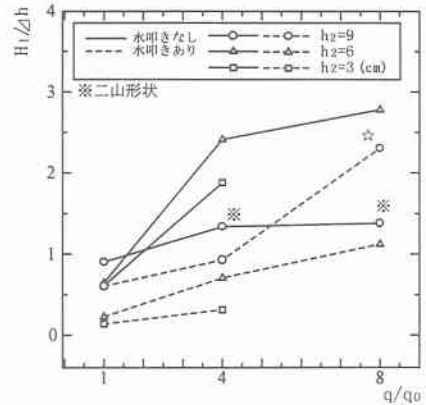


図 3-4 最大洗掘深

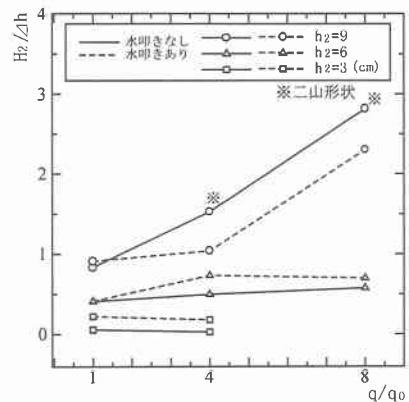


図 3-5 最大盛高

【謝辞】本研究は（財）河川環境管理財団の河川整備基金助成事業（平成 11 年度）の援助を受けた。記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 玉井ら編：河川生態環境工学，東京大学出版社，pp. 180-183, 1993