

32 砂防施設におけるバッフルピア減勢工について

(財)建設技術研究所 ○斎藤 武
山形県土木部砂防課 高橋 英信
建設省砂防部砂防課 山本 悟
山形県山形建設事務所 菱沼真一朗

1. はじめに

山形県内の馬見ヶ崎川では、水理模型実験等の検討を経て複断面の流路工が計画され、その一部は現在施工中である。本流路工計画は、既設床固工を利用することを前提としたために床固工の落差が大きくなり、その処理として階段式の床固工群を設け、さらに下流での洗掘防止を目的として減勢工を計画することとなった。また、本川は山形市内を下流することから地形的および土地利用面からの制約を受け、S字弯曲を有する法線形となり、単位幅流量が $13.9\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ と比較的大きい流路工となっている。このような背景のもとに、流路工計画の検討に際し水理模型実験による検討がなされ、高落差を有する床固工の減勢方式として水褥池案が提案された。この

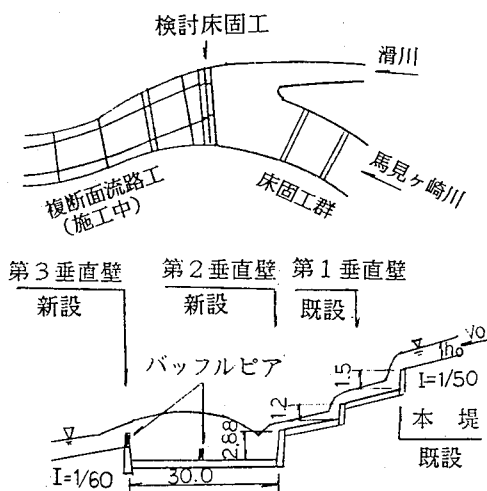


図-1 検討床固工の形状

水褥池は、実験結果より下流洗掘の軽減および流向の規制を図るため、2.7mの深さとなったが、本流路工が水辺として利用される計画があることから、水褥池の深さをなるべく小さくして、かつ減勢効果を充分有する減勢方式の検討が必要となった。そこで、今回その減勢方式として、小規模の水褥池内に補助工作物(バッフルピア)を計画し(図-1)、このバッフルピアの規模、形状について水理模型実験により若干検討したのでここに紹介する。

2. 実験の概要

2.1 実験水路と水理諸量

実験は幅1m、長さ10mの矩形水路を使用し、相似律としてフルードの相似則を用いて実施した(模型縮尺1/25)。対象とした流量は、馬見ヶ崎川の計画流量より、単位幅流量を $5.0\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ 、 $10\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ 、 $13.9\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ 、 $17.3\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ とした。また、河床材料及び給砂材料は現地の粒度分布($d_m=24\text{cm}$ 、 $d_{90}=50\text{cm}$)に相似させた砂を用い、給砂土砂濃度は別途行われた三次元水理模型実験結果より0.15%とした。なお、実験はバッフルピアの減勢効果を詳細に把握するため、固定した河床状態(粗度係数0.045,固定床)と実験砂を敷き詰めた河床状態(移動床)の両面で検討し、固定床では土砂を流入させていない。

2.2 バッフルピアの配置、形状

バッフルピアの配置は USBR 減勢工設計法で述べられているⅡ型静水池及びⅢ型静水池に準ずる配置とした（シュートブロックは設けていない、図-2）。

バッフルピアの間隔は 1 m、2 m、3 m とし、形状は幅 2 m、高さ 1 m とした。なお、バッフルピアには床固工を落下した礫が高流速で衝突することから、ピアの破壊防止のためにあらかじめ角を丸めておくことが考えられる。そこで、角を丸めた場合（図-3）の検討も併せて行った。

2.3 水堀池の規模

水堀池長はⅡ型静水池の跳水長を参考にして決定し、水堀池深は 0、0.5 m、1 m の 3 種類について検討した。以上の実験条件を表-1 に示す。

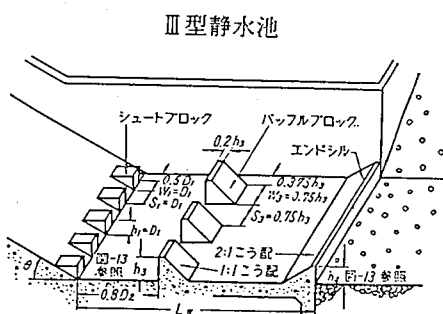
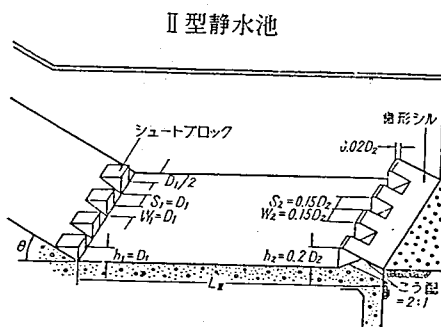
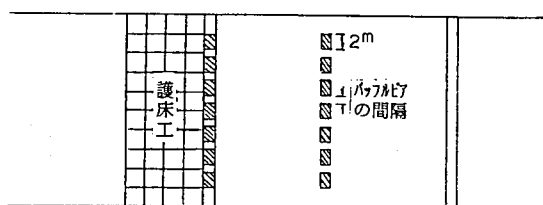


図-2 USBRによる静水池の形状

表-1 実験条件
粗度係数 0.045

単位幅流量 (m ³ /s/m)	5.0		10.0		13.9		17.3	
河床勾配	1/50		1/50		1/50		1/80	
流入水深のW/F数	0.98		1.02		1.0		0.90	
落差 H(m)	5.0	7.0	5.0	7.0	6.0	5.7	6.3	
落下点でのW/F数F ₁	5.3	6.6	4.1	4.9	4.0	3.7	3.9	
水堀池長 (m)	12.0	15.0	16.5	20.0	30.0	30.0	30.0	
水堀池深 (m)	0.1		0.1		1		0.05.1	
バフルの高さ (m)	0.1		0.1		0.1		0.1	
バフルの間隔 (m)	1.2.3		1.2.3		1.2		1.2	

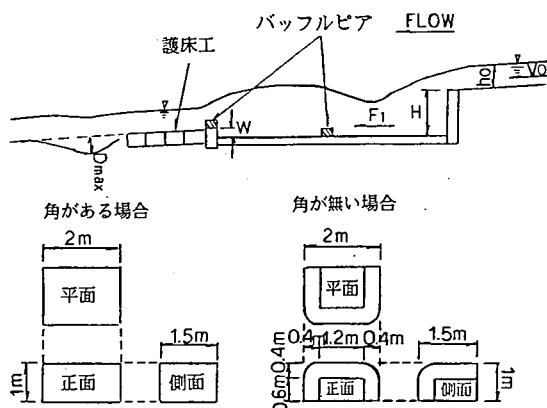


図-3 バッフルピアの配置、形状

3. 実験結果の概要

3.1 水堀池の深さについて

水堀池の深さの検討は、バッフルピアの間隔 1 m で単位幅流量 $17.3 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ の場合について行った。図-4 に W （水堀池深）と $V_{\max}/V_0$ （ $V_{\max}$:水堀池下流端の最大流速、 V_0 :等流流速）の関係を、図-5 に W と $D_{\max}/h_0$ （ $D_{\max}$:最大洗掘深、 h_0 :等流水深）の関係を示す。図より、 $V_{\max}/V_0$ お

よび D_{max}/h_0 の双方とも水褥池深が大きくなると減少し、 $W=1.0\text{m}$ 付近ではほぼ一定 ($V_{max}/V_0=1.0$ 、 $D_{max}/h_0=0.3$) になることが認められる。また、水褥池が無い場合および高さが 0.5m の場合には水褥池内で完全跳水を生じていない（写真-1）。このことは、バッフルピアを設置しても、充分な下流水深が得られなければ充分な減勢効果は得られないことを示している。したがって、水褥池の深さは、水褥池下流端の流速が等流流速と等しくなる 1.0m を採用した。

3.2 バッフルピアの間隔について

水褥池の深さが 1m の場合について、バッフルピアの間隔の変化による流速の減勢と洗掘深の変化を検討した。バッフルピアの間隔と V_{max}/V_0 の関係を図-6 に、バッフルピアの間隔と D_{max}/h_0 の関係を図-7 に示す。図-6 より間隔の違いによる V_{max}/V_0 の変化は小さいが、間隔が狭い方が V_{max}/V_0 も小さくなる傾向が見られる。また、図-7 より D_{max}/h_0 も同様の傾向が見られ、間隔 1m の場合に三次元水理模型実験（バッフルピアを設置せずに水褥池深 2.7m とした場合）における D_{max}/h_0 とほぼ等しくなっている。したがって、バッフルピアの間隔は 1m を採用した。

3.3 バッフルピアの配置について

バッフルピアが無い場合（△記号、写真-3）には図-6、7 に示すように、他のどの形状よりも減勢効果が小さくなる。また、中間のバッフルピアを取り除いた場合（▽記号、写真-4）および下流端のバッフルピアを取り除いた場合（◇記号、写真-5）には、中間のバッフルピアがある場合（○記号、写真-2）より減勢効果が小さくなる傾向が見られ、水褥池内の土砂堆積はほとんど生じなくなる。中間のバッフルピアを設置すると、下流側が死水域となるため、水褥池内に土砂が堆積する。したがって、常時は水褥池内が土砂で埋没していることとなり、水褥池の常時の水深を小さくするという目的からも中間のバッフルピアは必要と考えられる。

3.4 バッフルピアの角を丸めた場合

バッフルピアの角が無い場合の検討は、単位幅流量 $13.9\text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ の場合について行った。図-6、7 より、バッフルピアの角を丸めた場合（□記号、写真-6）には角がある場合（○記号、写真-2）に比べて減勢効果が小さくなる。した

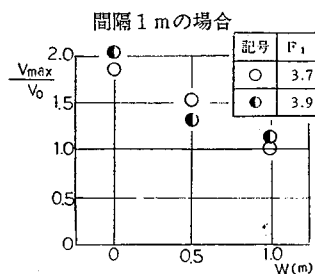


図-4 W と V_{max}/V_0 の関係

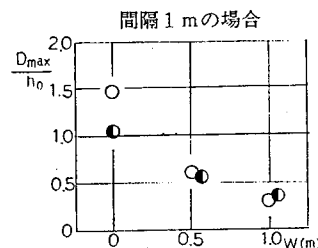


図-5 W と D_{max}/h_0 の関係

記号	F_1	中間	下流端	角
○	3.7	有	有	有
●	3.9	有	有	有
◐	4.0	有	有	有
◑	4.9	有	有	有
◒	5.3	有	有	有
◓	6.6	有	有	有
△	3.7	無	無	—
▽	3.9	無	無	—
◇	3.7	無	有	有
▽	3.9	無	有	有
◻	4.0	有	有	無

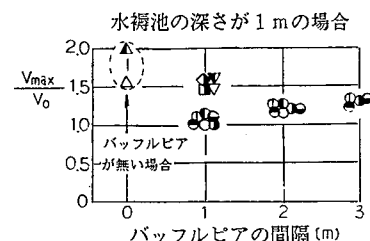


図-6 バッフルピアの間隔と V_{max}/V_0 の関係

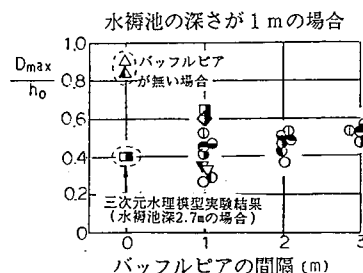


図-7 バッフルピアの間隔と D_{max}/h_0 の関係

がって、バッフルピアの角を丸めることは減勢効果を小さくすることとなり好ましくない。

写真-1 水褥池の深さが0.5mの場合



写真-4 中間のバッフルピアが無い場合
(水褥池の深さ1mの場合)

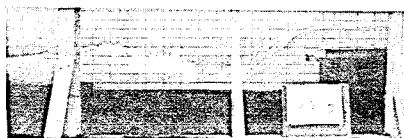


写真-2 水褥池の深さが1mの場合

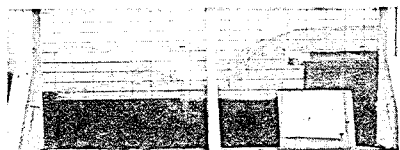


写真-5 下流端のバッフルピアが無い場合
(水褥池の深さが1mの場合)



写真-3 バッフルピアが無い場合
(水褥池の深さ1mの場合)

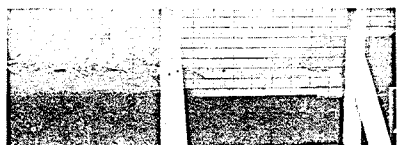
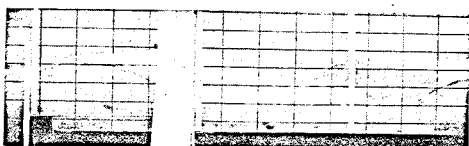


写真-6 バッフルピアの角が無い場合
(水褥池の深さが1mの場合)



4. バッフルピア減勢工施工例

馬見ヶ崎川では上記の実験結果をもとに、水褥池内にバッフルピアを設けた減勢工を施工している(図-8)。なお、中間のバッフルピアには高流速(実験結果では $V=7.0\text{m/s}$)の礫が衝突することとなる。バッフルピアが摩耗すると減勢効果が小さくなると考えられるため、鉄筋を配置し表面は石張りとし摩耗を防止することとしている。また、バッフルピアは内弯側に設置すると下流部で土砂堆積を生じるため(三次元水理模型実験結果)、流速の大きい部分のみに設置している。

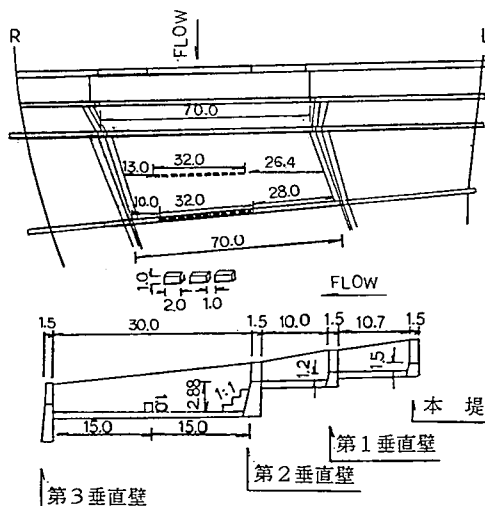


図-8 バッフルピア施工例

5. おわりに

本報告は住民の憩いの場となっているような都市河川において、水褥池の深さを小さくするためのバッフルピア減勢工の効果について紹介したものである。今後、施工後の減勢効果を把握するとともにバッフルピアを用いた他河川への適用についても検討していきたいと考えている。

<参考文献> 水工水理研究資料 N o . 1 USBRの減勢工設計法