

### 流木捕捉工の堆積高さに関する実験的検討

防衛大学校 学生会員 小林 棋孝, 渋谷 一 正会員 香月 智  
砂防鋼構造物研究会 非会員 大隅 久

#### 1. 緒言

現行設計指針<sup>1)</sup>では, 流木捕捉工の設計高さは, 堰上げ前の水深  $h_u$  に堰上げ高さ  $\Delta h_d$  と流木直径  $d$  の2倍を加えた高さとする, 定められている. しかし, この設計式の根拠となる研究は不明確であり, 指針で, 掃流区間に直接設置されることとなった流木捕捉工の設計高さに関する研究は見当たらない. そこで本研究は, 流木捕捉工の堆積高さに関する実験を行い, 設計に資する基礎検討を行ったものである.

#### 2. 実験概要

##### 2.1 実験条件

図-1 に実験に用いた水路を示す. 実験水路は, 水路幅 0.3m, 長さ約 4m の矩形水路である. 流木模型は, 直径( $d$ )が 6mm で, 長さ( $l$ )が 6, 12, 18cm の木製円柱を用いた. また, 流木捕捉工模型は, 直径 10mm の円柱形の木材を垂直に立てたものである. 高さについては, 実験中に越流をしない十分な高さを確保するため, 100mm とした. また, 捕捉工間隔  $W$  は, 最大流木長  $l$  と比  $W/l$  を 1/5 として設定した.

##### 2.2 実験ケース

本実験は, フルードの相似則を適用し, 1:50 の縮尺で設定した. 表-1 に実験ケースを示す. 本実験では, 流木捕捉時の堆積高さに関する検討を行うため, 水路勾配を  $1^\circ$  (常流) と  $3^\circ$  (射流) の大きく 2 種類に分けて実験を行った. 実験は計 36 ケースであり, 各ケース 3 回ずつ計測を行った.

##### 2.3 計測項目

実験では, 図-2 に示す, 捕捉後水深  $h_w$  および流木堆積高さ  $h_a$  を計測した. ここで, 捕捉後水深  $h_w$  とは流木捕捉後の捕捉工直上流部における水深のことである. また, 流木堆積高さ  $h_a$  とは, 捕捉工に捕捉されて堆積する流木塊のうち, 最も高い流木の重心点を計測したものである.

#### 3. 実験結果および考察

##### 3.1 流木堆積高さ と 捕捉後水深 の関係

図-3 に, 水路勾配が  $1^\circ$  (常流) と  $3^\circ$  (射流) のケースにおける, 流木堆積高さ  $h_a$  と捕捉後水深  $h_w$  の関係を示す. これより, まず, 図-3(a) に示す常流の

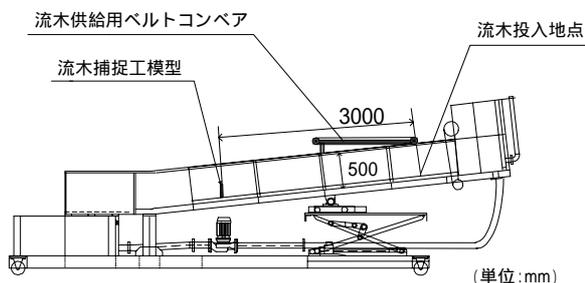


図-1 実験水路

表-1 実験ケース

勾配 $\theta(^{\circ})$	流量 $Q(l/s)$	最大流木長 $l_{max}(cm)$	流下本数 $n(本)$	ケース数
1	2.2	6	100	36
3	4.4	12	200	
		18	400	

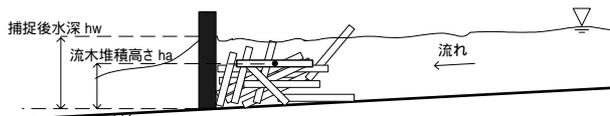


図-2 流木捕捉時の計測項目

実験ケースでは, 全般的に捕捉後水深  $h_w$  は流木堆積高さ  $h_a$  よりも大きくなる傾向があることがわかる. 一方, 図-3(b) に示す射流のケースでは, 流木堆積高さ  $h_a$  が捕捉後水深  $h_w$  を上回るものは, 全 54 個の実験結果のうち 10 個 (18%) になる. 一方, 約 8 割の実験ケースでは, 捕捉後水深  $h_w$  の方が流木堆積高さ  $h_a$  よりも大きいことがわかる.

##### 3.2 捕捉後水深 と 設計高さ の関係

図-4 に, 水路勾配が  $1^\circ$  (常流) と  $3^\circ$  (射流) のケースにおける, 捕捉後水深  $h_w$  と設計高さ  $H_d$  の関係を示す. ここで設計高さとは, 次式を満足する高さ  $H_d$  以上の値とするものとされている<sup>1)</sup>.

$$H_d = h_u + \Delta h_d + 2d \quad (1)$$

$$\Delta h_d = k \sin \theta \left( \frac{D}{W} \right)^{4/3} \frac{U^2}{2g} \quad (2)$$

ここで,  $H_d$ : 設計高さ,  $h_u$ : 堰上げ前の水深,  $h_d$ : 堰上げ高さ,  $d$ : 流木直径,  $k$ : 断面形状による係数

(円柱では 2.0),  $\theta$ : 下流河床面に対する捕捉工の傾斜角,  $D$ : 捕捉工の直径,  $W$ : 捕捉工純間隔,  $U$ : 流速,  $g$ : 重力加速度である. 参考までに, 式(1), (2)の右辺は実測値を用いて算定した.

これより, まず図-4(a)に示す常流の場合, 捕捉後水深  $h_w$  が設計高さ  $H_d$  を上回るものは, 全 54 個の実験結果のうち 46 個 (85%) となる. また, 捕捉後水深  $h_w$  と設計高さ  $H_d$  の差が最も大きくなる実験ケースを比較すると, 設計高さ  $H_d$  が 54mm に対して, 捕捉後水深  $h_w$  は 72mm となり, 約 1.3 倍にもなることがわかった.

また, 図-4(b)に示す射流の場合においても, 捕捉後水深  $h_w$  が設計高さ  $H_d$  を上回るものは, 全 54 個の実験結果のうち 34 個 (63%) になる. 同じく捕捉後水深  $h_w$  と設計高さ  $H_d$  の差が最も大きくなる実験ケースを比較すると, 設計高さ  $H_d=33$ mm に対して, 捕捉後水深  $h_w=53$ mm となり 約 1.6 倍にもなることがわかった. 本来, 流木捕捉工は, 流木捕捉時の水深や堆積高さよりも高くなければ, 捕捉効果を十分に発揮できないと考えられるが, 式(1), (2)に基づく設計基準では, 流木捕捉時に必要な高さよりも低く計算されるケースが多く, 流水が越流してしまう可能性が高い.

### 3.3 捕捉後水深と割り増し設計高さの関係

現在, 設計式で用いられている堰上げ高さ  $h_d$  の式は, 水理公式集<sup>2)</sup>より引用されたものであるが, 水理公式集によると, 状況により計算される堰上げ高さ  $h_d$  に対し割り増しをする必要があるとされており, 一般には, 3 倍程度の割り増しを行うべきとされている. そこで, 以上のことを考慮して, 次式で表される割り増し設計高さ  $H_{d3}$  を用いて, 実験結果の整理を試みる.

$$H_{d3} = h_u + 3\Delta h_d + 2d \quad (3)$$

図-5 に水路勾配が  $1^\circ$  (常流) と  $3^\circ$  (射流) のケースにおける捕捉後水深  $h_w$  と割り増し設計高さ  $H_{d3}$  の関係を示す.

まず, 図-5(a)に示す常流の場合, 捕捉後水深  $h_w$  が割り増し設計高さ  $H_{d3}$  を上回るものは, 全 54 個の実験結果のうち 17 個 (31%) と少なくなる. また, 捕捉後水深  $h_w$  と割り増し設計高さ  $H_{d3}$  の差が最も大きくなる実験ケースを比較すると, 割り増し設計高さ  $H_{d3}=50$ mm に対して, 捕捉後水深  $h_w=55$ mm となり, 約 1.1 倍の範囲に収まることがわかる.

図-5(b)に示す射流の場合においても, 捕捉後水深  $h_w$  が割り増し設計高さ  $H_{d3}$  を上回るものは, 全 54 個の実験結果のうち 2 個 (4%) にまで少なくなる. また, 捕捉後水深  $h_w$  と割り増し設計高さ  $H_{d3}$  の差が

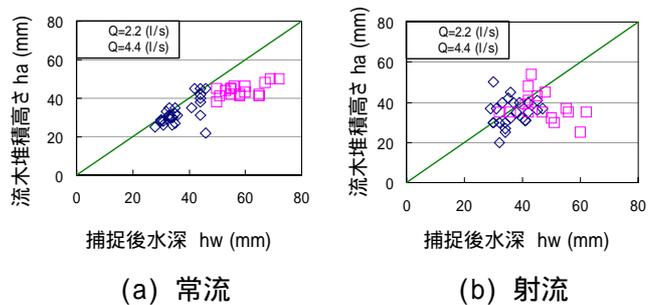


図-3 流木堆積高さ  $h_a$  ~ 捕捉後水深  $h_w$  関係

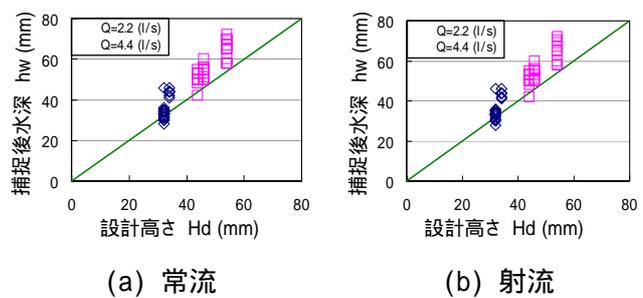


図-4 捕捉後水深  $h_w$  ~ 設計高さ  $H_d$  関係

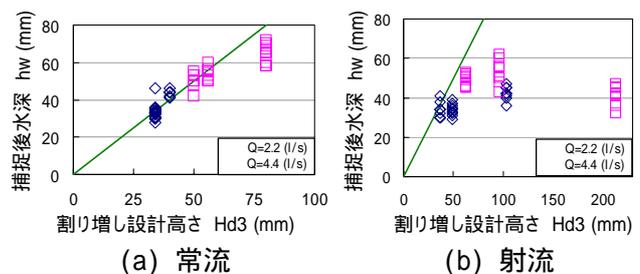


図-5 捕捉後水深  $h_w$  ~ 割り増し設計高さ  $H_{d3}$  関係

最も大きくなる実験ケースを比較しても, 割り増し設計高さ  $H_{d3}=37$ mm に対して, 捕捉後水深  $h_w=41$ mm となり, 常流のケースと同様に約 1.1 倍の範囲に収まることがわかる.

以上のことより, 割り増し設計高さ  $H_{d3}$  を用いることにより, 捕捉後の水深が設計高さを上回るケースは約 18% にまで少なくなり, 設計高さを越えるものでも約 1.1 倍の範囲に収まることがわかった. しかし, 射流のケースにおいて, 割り増し設計高さ  $H_{d3}=213$ mm と計算されるケースにおいて, 実際の捕捉後水深  $h_w$  は 32~47mm 程度しかなく, 4 倍以上高く見積もるケースもあることから, 実際の設計式として用いるには, 今後の検討が必要である.

### 参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所: 土石流・流木対策設計技術指針解説, 国土技術政策総合研究所資料第 365 号, pp.63-65, 2007.3
- 2) 土木学会編: 水理公式集 昭和 46 年改訂版, 技報堂, pp.252, 1971.11