

既設不透過型砂防堰堤の前庭部における流木対策に関する高機能化の提案

○原田 紹臣, 中谷 加奈 (京都大学大学院農学研究科)
里深 好文 (立命館大学理工学部)
水山 高久 (政策研究大学院大学)
小西 成治 (ヒロセ補強土株式会社)

1. はじめに

近年に発生した甚大な流木被害等を受け, 今後, 砂防施設管理者は既設の砂防堰堤を有効に活用した流木対策の実施 (例えば, 前庭保護工における流木捕捉工の設置等) が必要となっている¹⁾. ただし, 図-1に示すとおり, 筆者らの先行研究²⁾において不透過型砂防堰堤 (本堤部) の水通しを流木のみが過通する際, 流木が水平面内の流れ直角方向 ($\theta_i = 0^\circ$) から流れ方向 ($\theta_i = 90^\circ$) に回転して流下するため, 副堰堤等に設置された流木捕捉杭の間をそのまま通過してしまうことが懸念される²⁾.

そこで, 我々は砂防堰堤 (本堤部、前庭部) における流木の回転移動に着眼し, 既設不透過型砂防堰堤を活用した流木捕捉工における捕捉機能の高度化 (流木の回転を制御させる新たな構造: 越流堰) について提案する. さらに, 水理実験の結果を踏まえて, 有効な構造について示す.

2. 実験条件

実験に使用した不透過型砂防堰堤及びその前庭部に流木

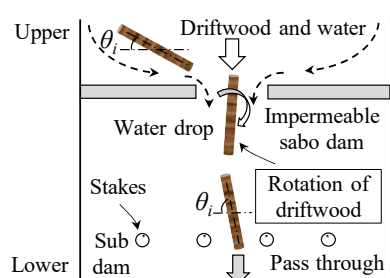


図-1 前庭部における流木の挙動及び回転の平面概要²⁾

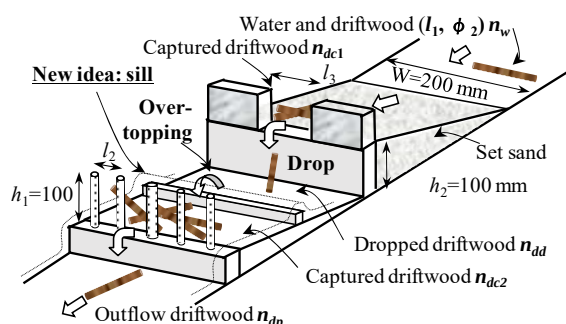


図-2 実験水路の概要 (前庭部: 副堰堤における流木捕捉工)

捕捉工 (捕捉杭) を設置した水路を図-2に示す. 図-2に示されるとおり, 実規模に対して約1/100程度の縮尺を想定して傾斜させた水路 (長さ3m, 幅20cm) の上流から水 (Q_i), 流木 (ただし, 円形材料, 流木長 l_1 : 8cm, 乾燥状態での比重: 約0.75, 手動により投入) を供給し, 本堤部の水通し部, 前庭部に設置した流木捕捉工 (捕捉杭: 高さ h_1 10cm, 径 ϕ_1 5mm) によりそれぞれ捕捉された流木等の本数を計測している. 水路の傾斜角は土石流区間 (10度以上) を基本とし, 本堤部の水通し幅 (l_3 : 図-2) は設計指針³⁾を参考に流木長 l_1 の1/1.3倍としている. 本堤部の落差高 (堰堤高) h_2 は一般的な堰堤高程度までとし, 流木捕捉杭 (高さ h_1) の間隔 (l_2) は, 設計指針³⁾を参考に流木長 (l_1) の1/2を標準としている.

本研究において, 流木の回転を制御させることにより前庭部での流木対策工における捕捉機能の向上を図るため, 新たに越流堰の併設を提案する. なお, 本越流堰は落水部より下流に配置するものとし, 構造や配置を変化させている (図-3). 図-3に示されるとおり, 断面形状に関しては四角部材と半円形との違いを比較するとともに, 捕捉杭や越流堰の配置をそれぞれ変化させている. また, 越流堰の高さ (h_3) は, 前庭部における水深 (約1cm) 程度とし, 水路勾配 θ_1 , 上部からの供給流量 Q_1 , 流木供給本数 n_w , 鋼材の杭間隔 l_2 , 流木径 ϕ_2 を変化させて流木捕捉量 n_{dc} を比較している. なお, 紙面の関係より結果の一部を以降に示す.

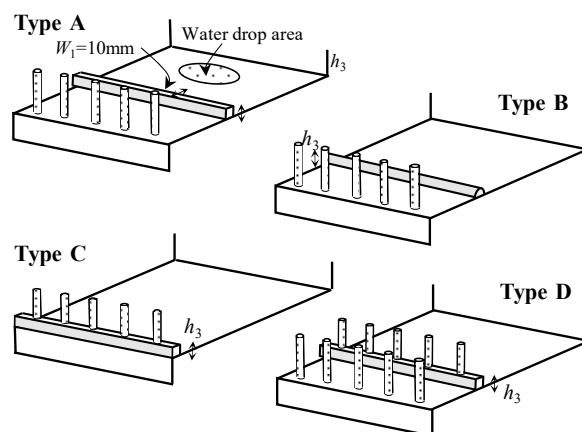


図-3 越流堰及び流木捕捉杭の配置形式

3. 実験結果及び考察

実験結果における各流木捕捉効果に関して、本堤部における水通し部での捕捉率 f_{c1} 、前庭部における流木捕捉杭による流木捕捉率 f_{c2} 、下流への流木流出率 f_{dp} は、

$$f_{c1} = n_{dc1} / n_w \quad (1)$$

$$f_{c2} = n_{dc2} / n_{dd} \quad (2)$$

$$f_{dp} = n_{dp} / n_w \quad (3)$$

と表される。ここに、 n_{dc1} は水通し部で捕捉された流木の本数、 n_{dc2} は捕捉杭で捕捉された流木の本数、 n_{dp} は捕捉杭を通過して下流へ流出（落下）した流木の本数、 n_{dd} は水通しを通過した流木の本数、 n_w は流木の供給本数である（図-3）。以降に条件の違いが各流木捕捉機能に与える影響の一部を示すとともに、有効な越流堰の構造に関して考察する。

新たに提案する越流堰の設置有無の違いによる捕捉率 f_{c2} の変化を図-4 に示す。図-4 に示されるとおり、捕捉杭に越流堰（TYPE A：図-4）を組み合わせて設置した場合、捕捉率 f_{c2} が顕著に改善（向上）することが確認された。ここで、実験中の観察結果により得られた流木の回転挙動及び流木捕捉機構の概要を図-5 に示す。図-5 に示されるとおり、上流の流路区間（ L_{n1} ）における流れに対する流木の角度 θ_{n1}

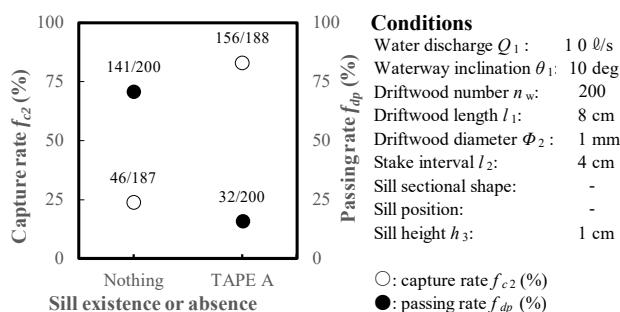


図-4 越流堰の設置有無の違いによる流木捕捉率等の変化

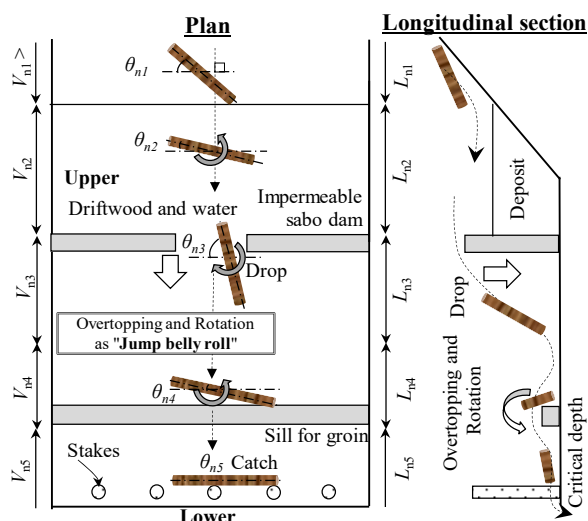


図-5 越流堰における流木の回転制御及び流木捕捉機構の概要

（水平面内の流れ直角方向に対する角度）は、流速 V_{n1} が定常の場合、投入時で決定された角度があまり変化せずにそのまま流下していた。そして、本堤部の堆砂区間（緩勾配区間： L_{n2} ）へ遷移するに伴って、この遷移区間の上下流で生じる流速差（ $V_{n1} - V_{n2}$ ）の影響を受けて、流木が流れ横断方向（ θ_{n2} ）に回転した。次に、本堤部の水通しを通過する際に、平面的な水通しを通過するための縮流や自由落水時の流速（ V_{n3} ）の影響（図-1）を受けて、流木は顕著に流れ方向（ θ_{n3} ）に回転した。ここで、今回新たに提案する越流堰を設置した場合、本構造による背水の影響を受けて流木は流れに対して越流時に横断方向（ θ_{n4-5} ）に回転し、そのまま捕捉杭により捕捉されていた。なお、本現象は一般的な走り高跳びの跳躍方法の一つであるベリー・ロールと類似した流木の挙動であった。

越流堰の構造に関して、越流堰の断面形状（TYPE A、B：図-3）の違いによる捕捉率 f_{c2} の変化をそれぞれ図-6 に示す。図-6 に示されるとおり、四角の断面形状は半円形と比較して、捕捉率 f_{c2} に対して有効であることが新たに分かった。実験中の観察結果によると半円形の場合、上流への背水の影響範囲が小さく、多くの流木が回転せずにそのまま堰を越流して流下したことによるものと考えられる。

4. おわりに

今後、これらの構造との関係性等について更なる理論の一般化や流木回転に関する詳細なモデル化が望まれる。

参考文献

- 1) 国土交通省 砂防部：事務連絡，平成 29 年 7 月九州北部豪雨災害を踏まえた今後の砂防事業における流木対策，2017。
- 2) 原田紹臣・高山翔揮・里深好文・水山高久・中谷加奈：不透過型砂防堰堤における鋼製部材を用いた流木対策工の捕捉機能に関する基礎的な実験，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.73, No.4, pp. I_1351-1356, 2017。
- 3) 国土交通省 砂防部：砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説，国総研資料，Vol.904, 2016。

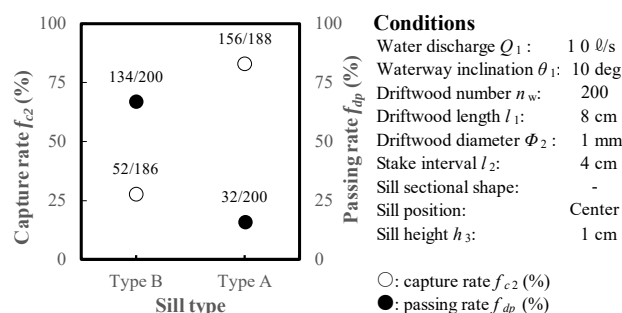


図-6 越流堰の断面形状の違いによる流木捕捉率等の変化