

土砂・洪水氾濫に伴う流木対策における効果的な施設整備に関する研究

○佐藤 厚慈 (ア ジ ア 航 測 株 式 会 社)
 原田 紹臣 (三井共同建設コンサルタント株式会社)
 里深 好文 (立 命 館 大 学 理 工 学 部)
 水山 高久 (京 都 大 学 名 誉 教 授)

1. はじめに

近年、土砂・洪水氾濫による被害発生時において、土砂と共に流出した大量の流木(写真-1)が確認されており、これらの流木が土砂・洪水氾濫による被害を増大させている報告がある¹⁾。これを受けて、土砂・洪水氾濫時に流出する流木に対する取り組みが求められている。しかしながら、現在、流木流出量の推定や想定される被害に応じた施設配置計画を検討する手法等が十分でなく、今後の効果的な施設整備に向けた更なる議論が急務な課題である。

土砂・洪水氾濫対策の事業化においては、下流域での基幹堰堤や遊砂地等による対策が期待されている。ただし、これらの施設を新たに構築する場合、用地の確保や維持管理等が困難になると考えられる。一方、山地河川の掃流区間等においては、谷底平野地形の中央付近を流下している河川が多く存在している。そこで、筆者らはこのよう地形を有効に活用した新たな出水時のみ機能させる堆積工等による土砂や流木の対策工を提案している(図-1)。図-1に示すとおり、コンクリートスリット幅等を変化させて、堆積工内上流では巨礫の捕捉(調節)を、中流では細粒土砂の捕捉を期待している。さらに、流木と土砂との比重の違いの影響を受けて流下途中にそれぞれ分離し、最終的に流木が構造物を越流して流下する特性²⁾に着眼し、堆積工の下流部に流木捕捉工を設置している。なお、この分離構造は、捕捉性能や維持管理(例えば、捕捉後における除去等の効率性)等においても有意であると考えられる。

本稿では、最下流に設置した流木捕捉工における流木の捕捉機能に関して、コンクリートスリットの越流時に受ける影響について、基礎的な実験により検証する。



写真-1 土砂・洪水氾濫に伴う流木の被害事例¹⁾

2. 流木捕捉工の捕捉機能に関する基礎的な実験

実験に用いた流木捕捉工(捕捉杭)を設置した水路を図-2に示す。図-2に示すとおり、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_1)、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1本ずつ投入: 計200本)を供給し、水路下流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。流木の投入については、流木の供給条件(初期の投入方向)の違いが捕捉率に影響を与えないように配慮するため、流木の方角を流れの水平面

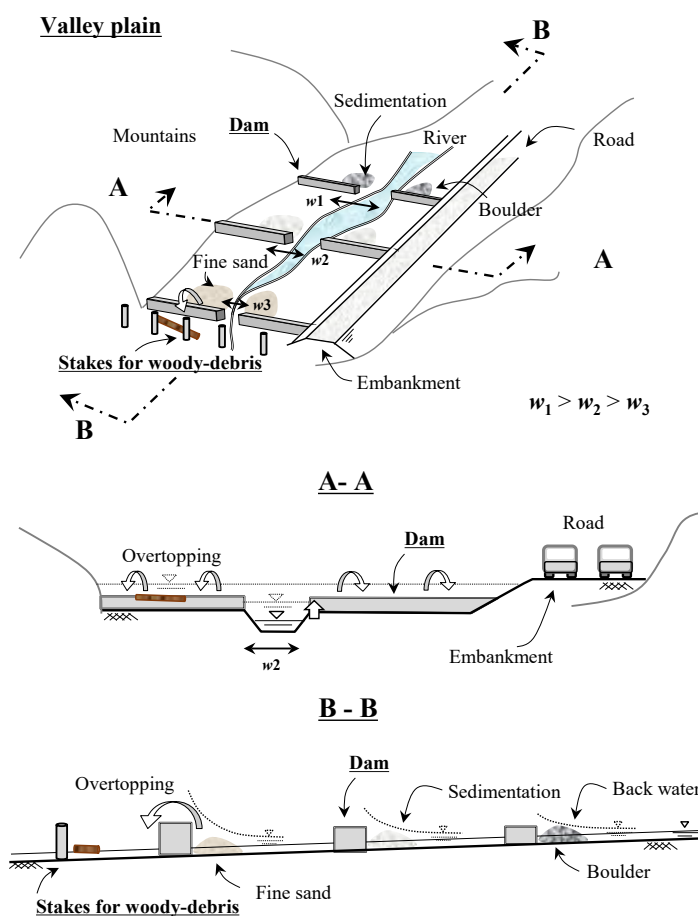


図-1 提案する谷底平野地形を活用した土砂・洪水氾濫の対策概要
 (連続スリット堰堤による堆積工と最下流における流木捕捉工)

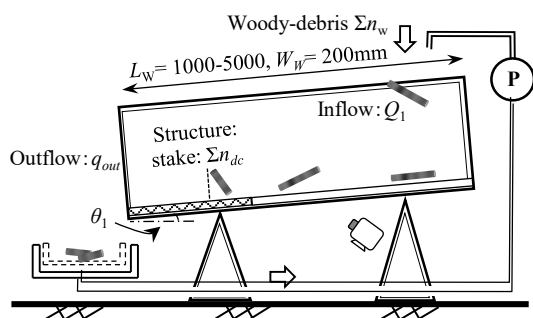


図-2 実験に用いた水路

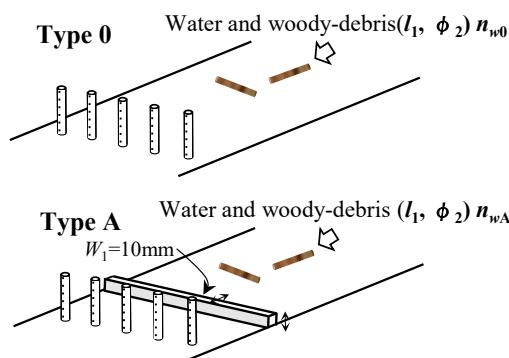


図-3 実験条件（越流スリット構造の有無）

内において全方向にほぼ同じ割合となるように留意して投入している。水路の傾斜角は掃流砂程度 ($\theta_1=2$ 度) を想定し、流木捕捉工（捕捉杭：高さ h_1 ）の間隔 (h_2) は、技術指針³⁾を参考に、流木長 (l_1) の 1/2 を標準としている。なお、予備実験において、流水への土砂混入、流木への枝の付加、水路長（1mから 5m間）ならびに流木投入速度の違い等による影響について事前に確認している。

本研究において、谷底平野の地形を活用した堆積工下流の流木対策工における捕捉機能に関して、流木の回転を制御させることにより、コンクリートスリット（土砂捕捉・調節）の越流時における影響（効果）について着眼している。なお、越流堰は捕捉工より直上流側に配置するものとし、この越流堰の設置有無の違いが捕捉機能に与える影響について把握する（図-3）。また、越流堰の高さ (h_3) は、前庭部における水深程度としている。

各条件の違いが流木の回転や捕捉機能に与える影響を把握するため、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、それぞれの条件での流木捕捉量 n_{dc} を比較している。一方、供給流量 Q_1 (0.5, 1.0, 1.7ℓ/s) に対して、フルード数は、水路勾配 θ_1 (5, 10, 15度) に応じて、それぞれ、0.8～1.2, 0.8～1.5, 1.3～1.8程度であった。また、手動での流木投入による影響等を低減するため、実験は同じ条件にて3回実施して平均化している。

実験結果における流木捕捉工による流木捕捉率 f_c は、

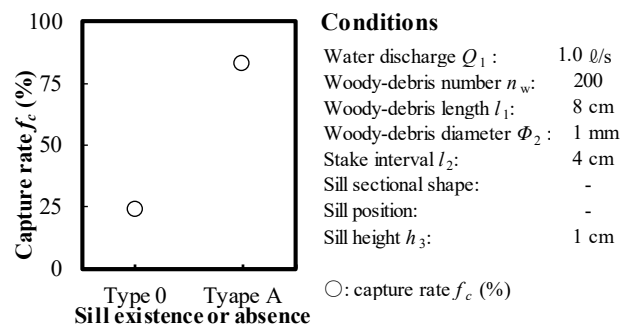


図-4 越流スリット有無が流木捕捉機能に与える影響

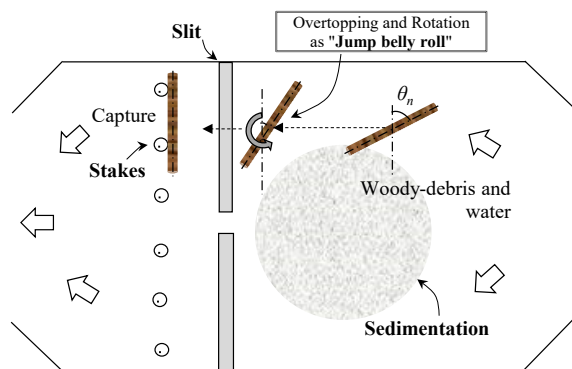


図-5 越流堰により期待される流木の回転挙動及び流木捕捉機構

$$f_c = n_{dc} / n_w \quad (1)$$

と表される。ここに、 n_{dc} は捕捉杭で捕捉された流木の本数、 n_w は流木の供給本数である。以降に主な結果を示す。

提案する越流堰の設置有無の違い（図-3）による捕捉率 f_c の変化を図-4に示す。図-4に示すとおり、捕捉杭に越流堰（図-3：下）を組み合わせて設置した場合（Type A），単独で捕捉杭を設置した場合（Type 0）と比較して、捕捉率 f_c が顕著に向上（3 倍以上）することが確認された。ここで、実験中の観察結果を参考に、土砂調節を目的としたコンクリートスリットの越流により期待される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に示すとおり、堆積工の上流側（図右側）から流入した流木の角度 θ_n （水平面内の流れ直角方向に対する角度）は、堆積工内上流では角度があまり変化せずにそのまま流下する。そして、越流堰を通過する場合、その堰直上流におけ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 ($\theta_n \ll \pi$) に回転し、越流後にそのまま捕捉される効果が確認された。

参考文献

- 1) 国土交通省：気候変動を踏まえた砂防技術検討会資料，vol.6，2023。
- 2) 原田紹臣・里深好文・水山高久他：流木の流出特性を考慮した流木対策に向けた提案，河川技術論文集，Vol.24，pp.203-208，2018。
- 3) 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，国総研資料第 905 号，2016。