

流木の回転機構に着眼した効果的な流木捕捉に関する研究

原田 紹臣 (三井共同建設コンサルタント株式会社)

○高山 翔揮, 里深 好文 (立命館大学理工学部)

中谷 加奈 (京都大学大学院農学研究科)

水山 高久 (政策研究大学院大学)

1. はじめに

平成29年7月に発生した九州北部豪雨災害では、一部の流域において不透過型砂防堰堤が流木を殆ど捕捉せず、多量の流木が下流域まで流出し、家屋や橋梁等に多大な被害を与えた事例¹⁾が報告されている。今回の災害を受け、現在、溪流から河川区域まで含めた流域における緊急的な流木対策の方向性や事業の推進^{例えば、2)}が示され、流域も含めた合理的な流木対策技術の立案が急務な課題となっている。

流域における流木対策として、筆者らはこれまで、流木の回転運動に着眼した不透過型砂防堰堤における流木捕捉機能の高度化³⁾や橋梁部における流木対策技術(木除け杭)⁴⁾について取り組んできている。その他の流木対策に関して、流木捕捉工を併設した土石流分散堆積工が提案され、捕捉事例も報告されている。ただし、筆者らの既往研究³⁾によると、土石流分散堆積工等に設けられた流木捕捉工の直上流における流れの変化(例えば、緩勾配区間から急勾配への急激な変化)による影響を受けた場合、流木が流れ方向に回転し、一般的に用いられる流木捕捉工の杭間隔では不足し、流木がそのまま杭間を通過してしまうことが懸念される。一方、杭間隔を顕著に狭くした場合、日常的な芥や流木の閉塞防止に関する密な維持管理が別途に必要となる。

そこで、比較的広い杭間隔においても流木捕捉を可能とすることを目的に、流木捕捉が優位となる方向(流れに対して直角方向)へ回転(図-1)りさせるため、土地利用の観点より一般的に流れが顕著に変化(急流から緩流に変化)すると考えられる土石流氾濫堆積地等の谷出口付近における地形を活用した遊水池形式での流木対策工を提案する。

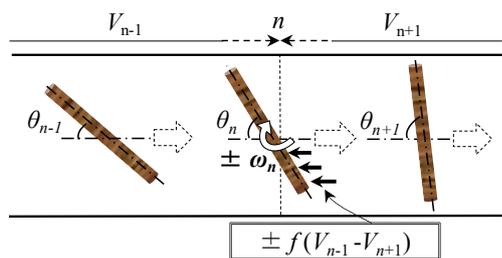


図-1 流水中における流木の回転機構に関する概要図³⁾

なお、本稿では急勾配の流路から緩勾配の平坦地へ流下する際に期待される流木の回転について実験により考察する。

2. 流れの変化が流木の回転に与える影響

2.1. 実験概要

実験に使用した急流水路(直線水路及び平面氾濫台)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、傾斜させた直線水路(幅10cm)の上流から水(q_m)、流木(ただし、円形材料、流木長8cm、乾燥状態での比重:約0.75、手動により投入:時間あたりの投入速度が概ね1本/0.5秒)を供給し、下流の平面氾濫台における流木捕捉直前での流木の軸方向 θ_n (図-3)をそれぞれ計測している。流木の投入については、流木の供給条件(初期投入方向)の違いが流木の回転(制御)効果(図-1)に影響を与えないように配慮するため、流木の方向を流れの水平面内において全方向にほぼ同じ割合となるように投入している。水路の傾斜角は土石流区間(10度以上)を基本としている。また、流木の投入位置 L_w や平面氾濫台における流木方向の評価(図-4)位置(捕捉工位置) L_p をそれぞれ変化させている(図-2)。なお、予備実験において、流水への土砂混入、流木の枝付加、流木の投入速度等の違いによる影響について事前に把握している。

各実験条件の違いが流木の回転等に与える影響を把握するため、流量(q_m)、水路勾配(直線水路: θ_w 、平面氾濫台: θ_p)、流木径 ϕ_1 を変化させて、それぞれの条件における流木の回転(制御)効果を比較している。また、手動での

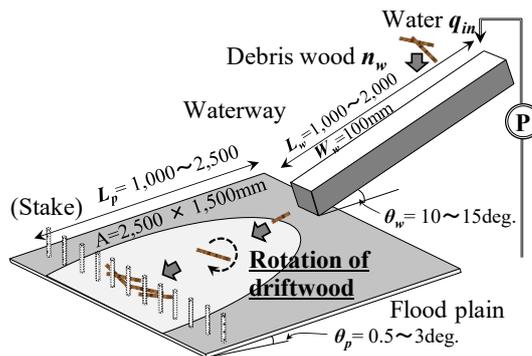


図-2 実験水路の概要

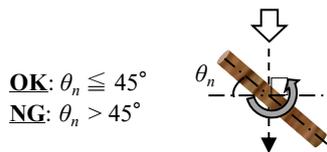


図-3 流木回転の制御効果に関する定義図

表-1 実験条件

CASE	q_m (l/s)	ϕ_1 (mm)	θ_w (deg.)	θ_p (deg.)	L_w (m)	L_p (m)
1-1	0.25	1.6	15	2.0	1.0	1.0
1-2	0.80					
1-3	0.50					
1-4						
1-5	2.8	2.0	2	1.0		
1-6	1.8					
1-7					1.0	
1-8					3.0	
1-9	0.5	0.5	2.0	2.0		
2-1	0.80	2.8	10	0.5	0.5	1.0
2-2					2.0	2.0
2-3	0.50	1.6	10	0.5	1.0	1.0

流木投入による影響等を低減するため、実験は同じ条件(表-1)で3回実施して実験結果の平均化を図っている。

2.2. 実験結果及び考察

実験結果における流木の回転に関して、流れの変化に伴う流木の回転効果(流木の回転率) f_c は、

$$f_c = n_0 / n_w \quad (1)$$

と表される。ここに、 n_0 は平面氾濫台上での計測位置 L_p において θ_n が45度以上(図-3)であった流木の本数、 n_w は流木の供給本数(図-2)である。以降に、実験条件の違いが流木の回転効果に与える影響について考察する。

供給流量の違いによる流木の回転率 f_c の変化を図-4に示す。図-4に示されるとおり、流量及びレイノルズ数(ただし、直線水路部)が大きくなるに伴って、流木回転効果(図-1)の向上が確認された。実験中の観察によると、直線水路から平面氾濫台へ通過する際に、その上下流で発生する流速差の影響を受けて流木が回転³⁾(図-1)するため、流量が大きくなるに伴ってこの上下流の流速差が顕著になったことによるものと考えられる。

河床勾配の変化(直線水路 θ_w と平面氾濫台 θ_p との勾配比: θ_w / θ_p)の違いによる流木の回転率 f_c の変化を図-5に示す。図-5に示されるとおり、河床勾配の変化に影響を受けた流速の変化が流木の回転効果に与えた影響を確認した。

最後に、流木の流下距離(流木の投入位置 L_w 、平面氾濫台における流木方向の評価位置 L_p :図-2)の違いによる流木の回転率 f_c の変化を図-6に示す。図-6に示されるとおり、流木の流下距離等は流木の回転効果に殆ど影響を与えない

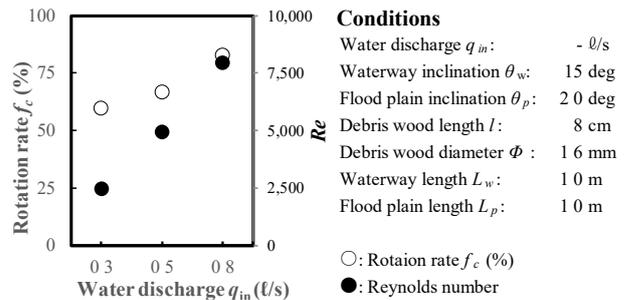


図-4 供給流量の違いによる流木回転効果の変化

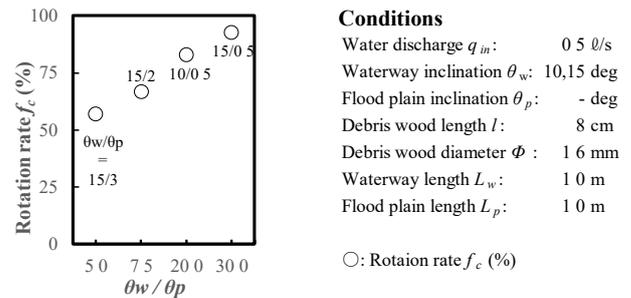


図-5 河床勾配変化の違いによる流木回転効果の変化

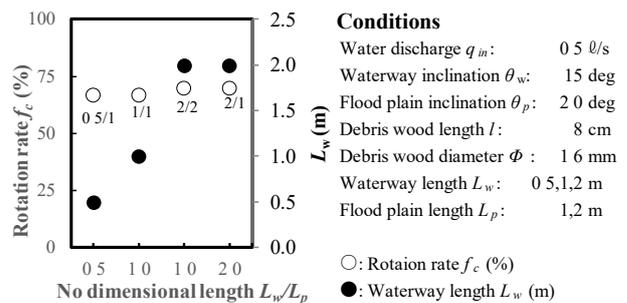


図-6 流木の流下距離等の違いによる流木回転効果の変化

ことが確認された。実験中の観察によると、前述にも示すとおり、流木回転が流速の変化付近で主に発生していることによるものと考えられる。

これらの結果より、一般的に土石流氾濫開始地点の谷出口付近等に見られる地形の変化を活用すると、流木捕捉工としての杭を比較的に広間隔で経済的に配置させることが可能となり、維持管理や土地利用等においても有効となる可能性が示唆された。ただし、本実験は基礎的な実験であるため、今後、更なる検討が望まれる。

参考文献

- 1) 地盤工学会：平成29年7月九州北部豪雨緊急災害報告会資料, 2017.
- 2) 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.
- 3) 原田紹臣, 高山翔輝, 里深好文, 水山高久, 中谷加奈：既設不透過型砂防堰堤における流木対策の高度化に関する提案, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.74, No.4, pp.I_1219-I_1214, 2018.
- 4) 原田紹臣ら：橋脚における木除杭及び芥留杭の機能に関する基礎的な実験, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.72, No.4, pp.301-306, 2016.