P-135

掃流区間におけるコンクリートスリット堰堤の流木捕捉に関する研究

原田　紹臣，伊藤　　靖（三井共同建設コンサルタント株式会社）
○佐藤　厚慈（アジア航測株式会社）
中谷　加奈（京都大学大学院農学研究科）
高山　翔揮，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）

1，はじめに

豪雨による斜面崩壊等に伴って発生した流木は下流まで流下し，橋梁等へ被害を与えることが一般的に知られている．近年の報告によると，これまでの不透過型砂防堰堤における流木捕捉機能の不足が指摘されるとともに，透過型砂防堰堤への改良や流木捕捉効果の高いと考えられる鋼材による流木捕捉機能の付加（強化）が進められてきている．

このような背景の中，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に下流域まで流木が流出し，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．特に，上流に設置されていた不透過型砂防堰堤で流木が殆ど捕捉されずに下流のため池へ流出し，ため池堤防が越流決壊して下流域に多大な影響を与えた事例も報告されている．一方，一部の不透過型砂防堰堤（須川第一砂防堰堤）において顕著に流木を捕捉した事例が報告されたことを受け，今後，砂防堰堤の流木捕捉機能に関して更なる議論が必要であると考えられる．また，今回の災害を受け，渓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が示され，下流域の掃流区間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の流木捕捉機能に関する高度化[2]や橋梁部おける流木対策技術（木除け杭）[3]について取り組んできている．なお、一般的な設計マニュアル等では，掃流区間における流木対策として鋼材による流木捕捉工が提案されている．しかしながら，コンクリートスリット堰堤の流木捕捉機能については筆者らが知る限り存在しておらず，今後の流域を含めた流木処理について検討するに際して，これまで全国的に多く整備が進められてきた掃流区間におけるコンクリートスリット堰堤の流木捕捉機能の理解が急務な課題となっている．

本研究では，基礎的な水路実験によりコンクリートスリット堰堤の捕捉機構について考察することを目的とする．

2，実験条件

実験に使用したコンクリートスリット堰堤を設けた水路を図-1に示す．図-1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2m，幅40cm）の上流から水（Q_l），流木（ただし，円形材料，流木長l_l：5cm，乾燥状態での比重：約0.75，手動により投入：時間あたりの投入本数が概ね1本/0.5秒）を供給し，スリット（スリット幅 w_l）を通過して下流へ流出した流木の本数を計測している．また，実験水路床には流木を安定させるために細砂を接着している．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留意して投入している．水路の傾斜角は掃流区間（θ_w= 2度）を基本としている．なお，予備実験において，流木への枝の付加，水路長（1mから4m間），水路の傾斜角（θ_w），細粒土砂（浮遊砂）の混入ならびに流木投入速度（1本/1秒，1本/0.5秒）の違い等による影響について事前に確認している．

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_{in}，スリット幅 w_l 等を変化させて，それぞれの条件での流木捕捉量を比較している．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回実施することで平均化を図っている．

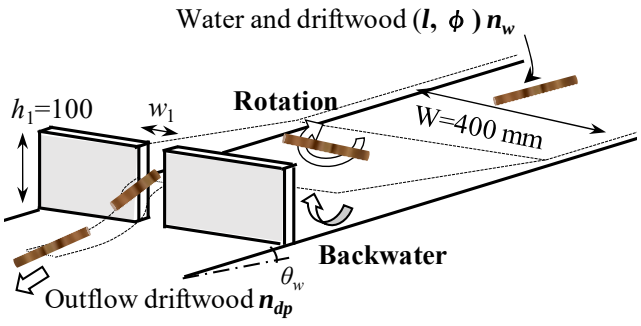

図-1 実験水路の概要（コンクリートスリット堰堤）

3. 実験結果及び考察

実験結果におけるコンクリートスリット堰堤の流木捕捉（調節）効果に関して，コンクリートスリット堰堤上流の湛水部における流木捕捉率（調節率）f_c は，

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

と表される．ここに，n_{dp} はスリット部を通過して下流へ流出した流木の本数，n_wは流木の供給本数である（**図-1**）．以降に条件の違いがコンクリートスリット堰堤の流木捕捉（調節）機能に与える影響について考察する．

コンクリートスリット幅（w_l：**図-1**）の違いによる流木捕捉率（調節率）f_c の変化を**図-2**に示す．**図-2**に示されるとおり，流木径φに対して約2倍程度（w_l = 6mm）のスリット幅の場合，顕著（約9割程度）に流木が捕捉されるのが確認された．実験中の観察結果によると，**図-3**に示されるとおり，堰堤直上流部での背水に伴って発生する湛水面における平面流（渦流）の影響を受けて，堰堤（壁体）直上流付近において両側（横断）方向へ流木が運搬され，最終的に多くの流木が湛水部で捕捉されるのが確認された．なお，スリット幅を流木長 l 程度（w_l = 50mm）に開口させても，約2割程度の流木が湛水部で捕捉されているのが確認された．

次に，供給流量 q_{in} の違いによる流木捕捉率（調節率）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，湛水部上流の流下部）が大きくなるに伴って捕捉効果の向上が確認された．実験中の観察結果によると，同様に流量の増加に伴って堰堤直上流における背水の影響による湛水部内の水位差が大きくなり，その影響による平面流（渦流，乱流：**図-3**）が顕著に確認された．

一方，上流からの供給流量停止後における流向及び流木の挙動の概要を**図-5** に示す．**図-5** に示されるとおり，供給停止後においてはスリットの間から湛水部の水が掃流状態で排水されることにより背水の影響が消失し，スリットから排水される流水の影響を受けて，それまでに捕捉されていた流木が徐々にスリット間を通過して下流へ流出するのが確認された．なお，最終的に湛水部に残った流木の本数は平均で約 5 割前後であった．

これらの結果より，コンクリートスリット堰堤は堰上げ等に伴う背水の影響を受けた湛水部における平面流（渦流）によって流木を一時的に捕捉し，下流への流木流出を遅らせる効果（調節効果）が期待できる可能性が示された．

今後，掃流区間において考えられる対策工との相互作用の影響や，土石流が流木捕捉に与える影響，上流からの供給流量停止後における流木対策に関する検討等が望まれる．

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) 原田紹臣・里深好文・水山高久ら：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) 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.

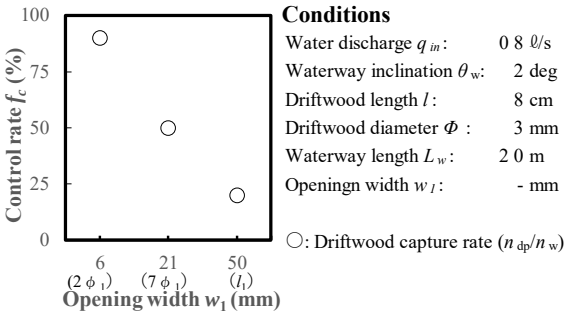

図-2 コンクリート・スリット幅の違いによる流木捕捉率の変化

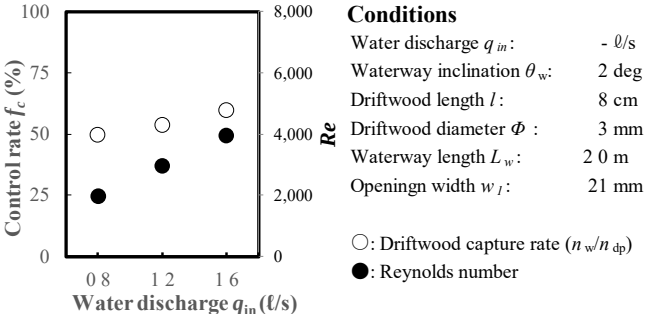

図-4 流入流量の違いによる流木捕捉率の変化

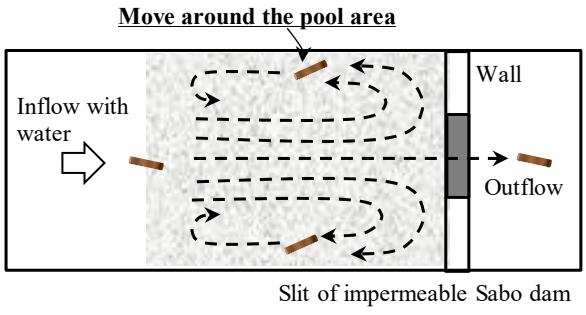

図-3 湛水部における流入時の流向及び流木の挙動の概要

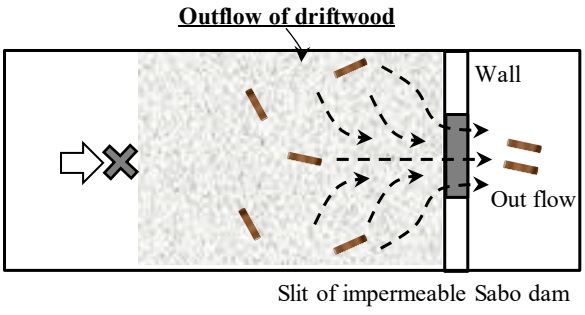

図-5 供給流量停止後における流向及び流木の挙動の概要