

流木捕捉工における流木群捕捉時の捕捉高さに関する一考察

(一財) 砂防・地すべり技術センター ○石垣拓也 中谷洋明 井上隆太 山口大輝 石丸桃子 香月智
防衛大学校 堀口俊行

1. 緒言

近年の降雨強度の増加に伴って、流木災害リスクが増加している。例えば、新潟県村上市大沢川では令和4年8月の豪雨災害で直径50cm程度、長さ10~13mの流木が大量に発生した。一般に、土砂流混じりの流木は、不透過砂防堰堤や透過型砂防堰堤によって捕捉される。指針¹⁾によると、不透過型砂防堰堤の流木捕捉量は、①計画捕捉土砂量に流木容積率を掛けた量の半分、もしくは②計画捕捉土砂量の2%の小さい方となっている。また、透過型砂防堰堤の場合、流木の計画捕捉量を全て捕捉できるとしている。しかし、山地の立木が成長し、流木径や流木長が大きくなると、計画流出流木量が捕捉量を超える可能性がある。このため、基準点より上流域の堆積区間においても、流木捕捉工を設置して逐次に流下流木量を低減することも考えられる。ところで、現行の流木捕捉工の設計指針²⁾では、流木の捕捉高さは最大流木径の2倍程度を加えたものとなっている。しかし、流速の大きい土石流区間直下流域での捕捉高さについては知見が不足している。

そこで本研究において、堆積区間の急勾配な流下状態を模した水路実験においては、流木群を塊状に流下させ、捕捉工を模した柱に衝突・捕捉させ、その捕捉高さについて検討した。

2. 実験概要

2.1 実験条件

実験は、水路長4500mm、水路幅300mm、深さ500mmの可変勾配型直線水路(図-1)を用いて行った。なお、水路勾配は $\theta=10^\circ$ とした。捕捉工モデル(図-2、図-3)は高さ275mm、捕捉工幅75mmの模型であり、流木モデルは、直径10mm、比重0.82、長さ200mm(T1)と、直径15mm、比重0.92、長さ200mm(T2)の2種類の円柱木材を50本使用した。

2.2 実験ケース

本実験はフルードの相似則に従うものとし、縮尺約1/30を想定した。実験ケースは、表-1に示すように、流下させる流木モデル2種類に対して、流量を $Q1=0.17\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $Q2=0.38\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $Q3=0.51\text{ m}^3/\text{s}$ の3パターンに変化させ、合計6ケースとした。流木モデルは、捕捉工モデルの2000mm上流側に50本全てを流下直交方向に集合塊で設置し、水流は水路の最上流に水を溜めて、一気に解放するダムブレイク方式で流した。なお、同一ケースの実験回数は3回とした。

3. 実験結果

3.1 流木捕捉状況

側面から撮影した高速カメラ(240fps)の映像を基に、流木が捕捉工に衝突する瞬間から0.1秒間隔の一時停止画像を抽

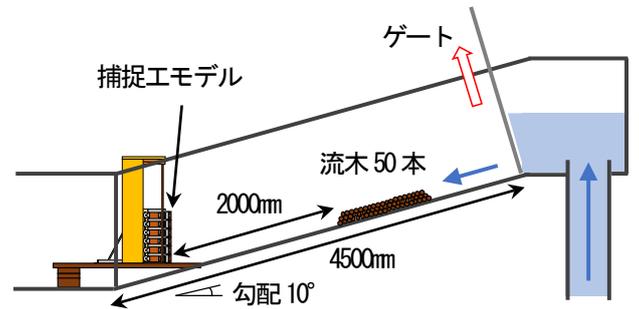


図-1 実験装置 概要図

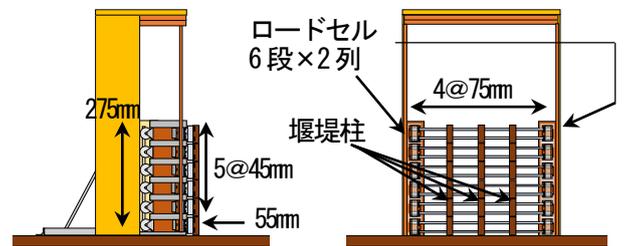


図-2 捕捉工モデル (側面)

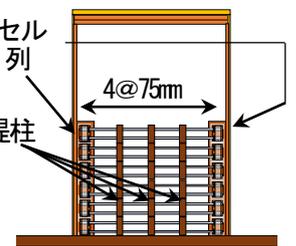


図-3 捕捉工モデル (正面)

表-1 実験ケース

ケース名	流木種類	水流状態	流量 (m ³ /s)
Case-1	T1	D(段波)	Q1
Case-2			Q2
Case-3			Q3
Case-4	T2		Q1
Case-5			Q2
Case-6			Q3

出して流木の捕捉状況を確認した。一例として、Case-4 (0.17 m³/s)における捕捉状況の一時停止画像を図-4 (a) ~ (b)に、Case-6 (0.51 m³/s)における捕捉状況の一時停止画像を図-5 (a) ~ (b)に示す。なお、初期時刻 (t=t₀) は、先頭の流木が捕捉工に衝突した時間である。

まず、流木の流下衝突前の挙動については、数本の流木が先頭部に集まり、後続に流木群がまとまって流下する。その後、先頭部が捕捉工に衝突した瞬間は、図-4 (a) と図-5 (a) に示すように、先頭部および後続流の流木は複雑に絡みながら衝突している。その後は、図-4 (b) と図-5 (b) に示すように、先頭の流木がせり上がっている。次に、図-4 (c) と図-5 (c)を確認すると、捕捉工との衝突でせり上がった先頭流木を、後続の流木群が相互に衝突して、先行流木が縦に立ち上がるように押し上げている。最後に、図-4 (d) と図-5 (d)では、後続の流木群が衝突し、先頭部の流木は上昇運動から、捕捉工直上流に反転落下する挙動となっている。

3.2 流木の最大捕捉高さとの関係

本実験における捕捉流木の最高値（以下、最大捕捉高さという）とは、捕捉工に接触した最上部の流木の重心位置として整理する。重心位置の高さは、予め捕捉工模型側面に貼付した座標目盛を参考に求めた。図-6 に全ケースの最大捕捉高さとの関係を示す。最大捕捉高さの平均値は、流量に伴って増加している。Case-6 の最大捕捉高さの平均値においては、流下させた流木長とほぼ同程度となった。しかし、一部のケースでは、最大捕捉高さが流木長よりも大きい結果となっている。これは先行流木だけでなく、後続の流木も縦方向に押し上げながら立ち上がったためである。

ただし、ケースごとのばらつきは大きく、特に流木径が大きいCase-5の最大捕捉高さは、100mm程度（平均値と同程度）のばらつきがある。つまり、先頭の流木が衝突し、後続の流木群や流水が衝突し押し上げるメカニズムは再現性に乏しく、流木径が大きいと個々の流木運動の影響を受けやすいためと思われる。このようにばらつきがあるものの、最大捕捉高さは、流木長の0.5~1.3倍程度となった。

3.3 流木径比としての流木のせり上がり高さの検討

最大捕捉高さから流動深（衝突時の水深）を引いたものを流木のせり上がり高さとし、流木径との関係を図-7 に示した。図-7 中におけるT1およびT2は、流量がQ1、Q2、Q3の各ケースにおける最大捕捉高さから流動深を引いた値（流木せり上がり高さ）の平均値である。また、図-7 中には参考のため現行設計²⁾による捕捉工設計高さ（流木径の2倍）を青線で示している。同様に目安として、図-7 中に流木径に対する捕捉高さの比率を灰色の点線で示した。

本実験のせり上がり高さは流木径の2倍よりはるかに大きく、流木径がT1のケースではせり上がり高さが流木径の10倍程度、T2のケースでは7~11倍程度となった。

4. 結言

本実験結果から得られた知見は、下記ようになる。

- (1) 流木の最大捕捉高さは、流量に伴って高くなる。
- (2) ただし、衝突直後の複雑な挙動により、流木径が大きくなるほどばらつきが大きくなる。
- (3) 最大捕捉高さは流木長に対して0.5~1.3倍程度であり、せり上がり高さは流木径のおよそ7~11倍となった。

なお、勾配が急な堆積区間における流木捕捉工の捕捉高さは、流木長を基本単位として設計検討する案も考えられるが、より詳細な検討が必要である。

参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所：砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 No.904, 2016
- 2) 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 No.905, 2016
- 3) 土木学会：構造工学論文集 Vol.68A, 鋼製堰堤の全体破壊に及ぼす接合部の押し込み変形の影響

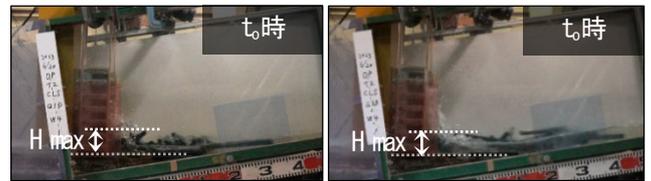


図-4 (a) Case4 捕捉状況

図-5 (a) Case6 捕捉状況



図-4 (b) Case4 捕捉状況

図-5 (b) Case6 捕捉状況

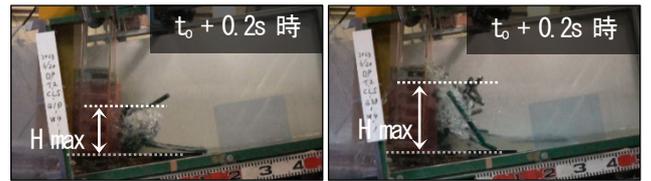


図-4 (c) Case4 捕捉状況

図-5 (c) Case6 捕捉状況

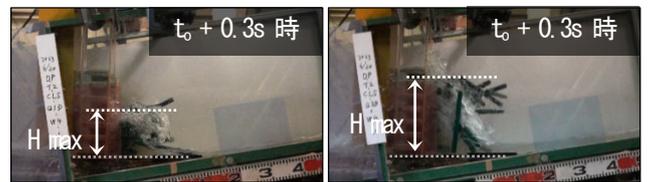


図-4 (d) Case4 捕捉状況

図-5 (d) Case6 捕捉状況

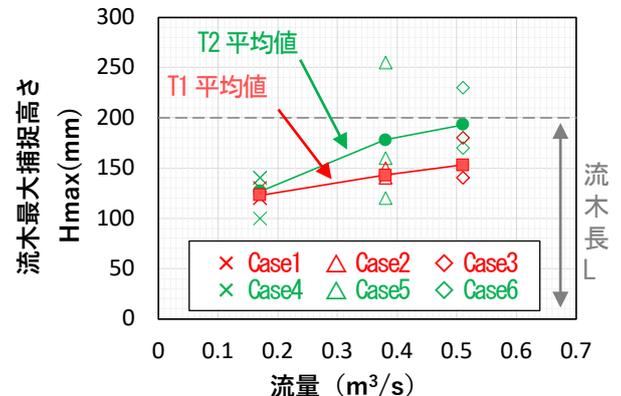


図-6 流木最大捕捉高さとの関係

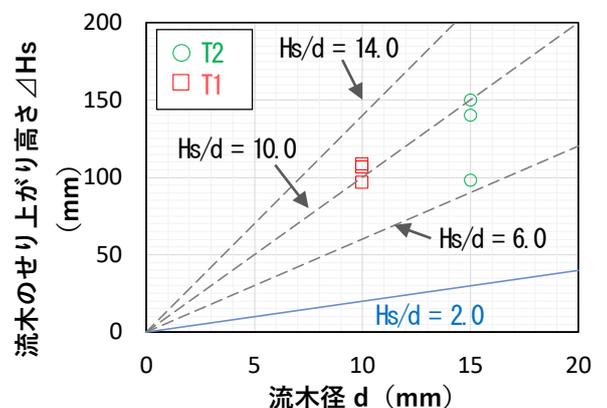


図-7 流木のせり上がり高さとの関係