

流木捕捉実験における流木模型の材質の違いによる 流木捕捉率への影響分析

九州大学 学生会員 ○福田凌大・矢藤壮真・正垣貴大・Wu Yiwen・津末明義
九州大学大学院 フェロー 矢野真一郎 正会員 浅井光輝

1. 目的

大規模な豪雨災害では斜面崩壊や河畔林の浸食に伴う流木の発生が見られる。それらは河道を流下する際に橋梁に捕捉され集積し、ダム化してせき上げを起こすことで氾濫を助長したり、大量に集積して洪水時の大きな流体力を受けることで橋梁を破壊したりするなど被害拡大の一因となっている。矢野らは、流木が橋梁へ捕捉される現象に関して橋梁に到達する全流木量に対する捕捉流木量の比として流木捕捉率 α_i を定義し、 α_i は最小の橋脚径間長 S_i に対する想定される流木長 L_w の比率が捕捉現象について支配的なパラメータになると仮定し、次式で評価した。

$$\alpha_i = \frac{L_w}{S_i} \times \frac{1}{k} \quad (1)$$

ここで、 k : 橋梁における流木の集積しにくさを表す定数、 i は橋梁の番号である。

また既往研究においては、流木の橋梁捕捉に関する水理実験についての研究対象は河道流下時の流木の挙動や効果的な流木捕捉工の検討など多岐にわたる。それらのうち流木の形状を考慮したものは、流木捕捉工に関して根付きの流木を考慮したもの²⁾など限定的で、特に橋梁への流木捕捉に関しては見受けられない。しかしながら、実際の洪水では丸太のような円柱状の流木だけではなく、枝葉や根が残存したまま流下した流木も災害後の現地調査では見受けられるため、流木形状を考慮した水理実験も必要と考えられる。

最近、3Dプリンターを用いることで複雑な形状の模型を作成することが比較的容易になっている。よって、複雑な形状の流木模型の作成も3Dプリンターを使用することで容易に実行できることが想定される。一方、3Dプリンターは模型を印刷するための材料が限定される。また、従来の流木水理実験で使用されてきた木材を用いることはできない。よって、事前

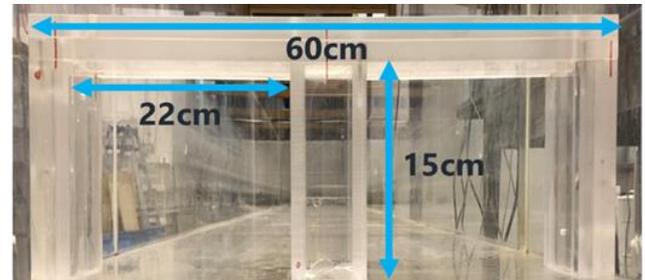


図-1 橋梁模型 (正面より撮影)

に流木模型の材質により捕捉率が影響を受けるかどうかを検討する必要がある。そこで本研究では、3Dプリンターで使用できる数種類の材料から流木模型を作成し、材質の影響を評価するための流木捕捉実験を行う。

2. 研究内容

実験には長さ 12 m、幅 60 cm、高さ 60 cm、勾配 1/200 のアクリル製開水路を用いた。橋梁模型は上流端より 6.7 m の位置に桁橋のアクリル製模型 (図-1) を設置した。橋梁模型は桁高さ 3 cm、橋脚高さ 15 cm、橋脚幅 (中央) 8 cm、橋脚幅 (両端) 4 cm、橋梁幅 10 cm、径間長 $S=22$ cm である。実験 1 として、1 本ずつ連続して計 30 本を投入した場合 (以下、単独投入) と、10 本ずつ連続して計 30 本を投入した場合 (以下、集団投入) について、流木模型の材質が与える捕捉率 α_i の違いを検討した。次に実験 2 では、1 本の流木が橋脚に捕捉される現象について、材質が与える α_i への影響を検討した。

実験模型は両実験で同じものを使用した。流木長 $L_w=27.5$ cm ($L_w/S=1.25$) の円柱状流木模型を各 30 本用いた。材質は木材、PLA (Polylactide Acid)、ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)、Tough PLA (Tough Polylactide Acid)、PETG (Glycol-modified Polyethylene Terephthalate) の 5 種類である。流木模型の直径は 8mm とし、比重は木材の 0.7 を基準とし、3Dプリンターの内部充填密度 (使用したプリンターの設定上、5%

表-1 各材質における流木模型の条件

| | 材料の比重 | 内部充填密度 | 重量 | 模型の比重 |
|-----------|-------|--------|--------|-------|
| 木材 | 0.70 | --- | 9.71g | 0.70 |
| PLA | 1.25 | 30% | 9.82g | 0.71 |
| ABS | 1.04 | 50% | 9.74g | 0.70 |
| Tough PLA | 1.25 | 30% | 10.16g | 0.74 |
| PETG | 1.28 | 30% | 9.60g | 0.69 |

刻みで調整可能)を調整することで、表-1に示す通り比重をほぼ0.70になるようにした。

実験1では、流木の投入は単独・集団投入ともに上流端から3秒間隔で行った。それぞれ30本投入後に橋梁で捕捉された本数を記録し、平均値を求めた。実験試行回数は6回とした。実験時のFrは射流条件下で6つ(Fr=1.19, 1.23, 1.27, 1.30, 1.34, 1.36; 流量で調整)と常流条件下で3つ(本稿執筆時に条件未定)とした。

実験2では、実験1で用いた流木模型をそれぞれ1本用いた。実験方法は上流端から流木1本を投入し、橋梁に捕捉されたかどうかを確認する。捕捉された場合は、その流木模型を取り除き、次の投入を行った。この試行を50回繰り返し、橋梁に流木模型が捕捉された回数を記録した。実験時のFrは射流条件下で1つ(Fr=1.19)と常流条件下で1つ(条件未定)とした。

3. 結果と考察

図-2, 図-3に実験1で得られた結果の一部として、射流条件の単独投入、ならびに集団投入の結果をそれぞれ示す。単独投入では、Frに関わらず木材よりも流木捕捉率が高くなる材質はなかった。

捕捉傾向としては単独、集団投入ともに、Fr=1.19に比べ、Fr=1.27の流木捕捉率はすべての材質で減少した。また、Fr<1.30ではFr>1.30と比べて各材質の流木捕捉率の変化の傾向は比較的類似していた。これはFr<1.30では、流木模型は橋脚のみにより捕捉されていたが、Fr>1.30では流量増加に伴う水位の上昇により、流木模型は桁に衝突した後に橋脚に捕捉されていたことから捕捉メカニズムが変化したことに起因すると推測される。

4. 結論

本稿投稿時では、実験1の一部についての実験結果を得た。材質の違いがもたらす流木捕捉傾向の違い

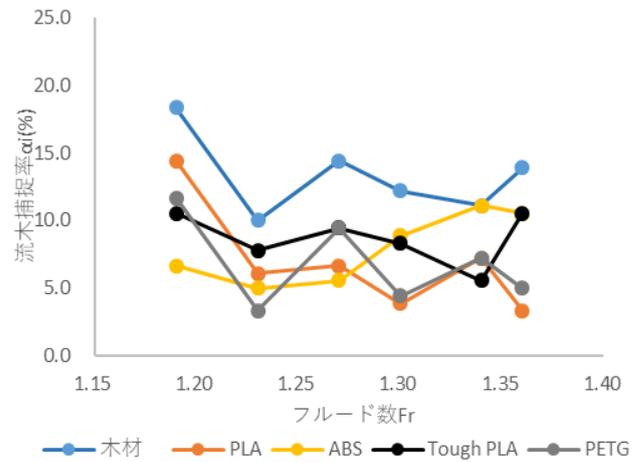


図-2 Frと流木捕捉率の関係(単独投入)

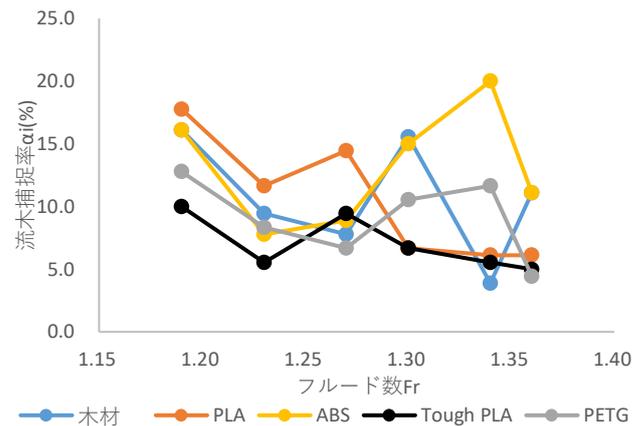


図-3 Frと流木捕捉率の関係(集団投入)

いとして、単独投入時の全Fr条件に対して、3Dプリンター用の材料は木材よりも流木捕捉率が低くなることが示された。現時点では実験条件が限定的ではあるが、材質の違いが流木捕捉率に影響を与えている可能性が高いとみられる。今後、材質のもつ物理特性(反発係数、摩擦係数などの物性値)を調べ、実験1,2を継続して行い、それらの結果も含めて講演時に説明する予定である。

[謝辞]

本研究は、科学研究費補助金の基盤研究(A)「気候変動影響を考慮した総合的流木災害リスク評価の展開」(JP19H00812),ならびに令和2年度特別研究促進費「令和2年7月九州豪雨災害の総合調査・研究」(JP20K21916),の援助を受けた。ここに記し、深甚なる感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1)矢野ら(2016):土論B1,72(4),I_289-I_294.
- 2)渋谷ら(2011):構造工学論文集,57A,1087-1094.