

橋梁部に堆積した杉流木に関する水理模型実験

秋田大学 学生会員 ○西脇 遼
 秋田大学 正会員 齋藤 憲寿
 秋田大学 正会員 渡辺 一也

1. はじめに

大雨によって流出した流木が、橋梁に堆積することで水位上昇が生じ、洪水が拡大する被害が全国で発生している。一例として、2016年8月の岩手県豪雨災害における小本川の氾濫¹⁾など、流木が橋梁に堆積することで被害が拡大した事例が、多数確認されている。小本川の氾濫のような流木による被害は、杉が豊富な秋田県内においても発生する可能性があり、流木の流出過程を知ることは重要である。

そこで本研究では実河川をモデルとした水理模型実験を行い、橋梁への流木の堆積過程、堆積した際の水位や堆積本数を計測し、流木の堆積状況に関する検討を行った。

2. 研究対象

本研究においてモデルとする河川と橋梁は、2016年8月に台風10号による豪雨災害で流木による被害が確認された小本川である。現地にて測量を行い、橋梁の全長98m、川幅54m、水面からの橋脚の高さ4.6m、橋桁の高さ1.8m、欄干高さ1.1m、道路の幅員3.7mという値を得た。

3. 実験方法

実験は直線矩形開水路に橋梁の模型を設置し、水路に流木模型を投入して行った。縮尺は実河川の川幅54mと水路の幅300mmの比より1/180とした。橋梁模型は単断面の橋梁とし橋脚が中央に1本の2スパンとなっており、橋脚幅は20mm、橋梁幅員20mm、橋桁厚10mm、欄干高さ10mm、橋脚と橋梁端部の間隔を140mmとした。橋梁模型の設計図を図-1に示す。

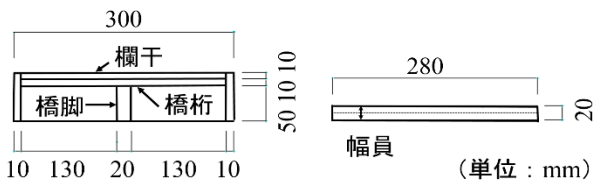


図-1 橋梁模型設計

実験で使用した直線水路は長さ9.0m、幅0.3m、高さ0.5mであり、水路底面は固定床である。橋梁模型は流木投入地点から5.3mの地点に設置した²⁾。流木模型には杉を使用した。また、杉の直径は1mを想定して模型流木の直径は0.5cmとした。本実験では、流木の長さに関する実験と、混合流木に関する実験を行った。流木の長さに関する実験では、小本川での災害時の流木発生量1500m³より¹⁾流木本数を算出した。

流木模型の長さおよび本数を表-1に示す。

表-1 流木模型の長さおよび本数

模型流木の長さ	12 cm	15 cm	18cm
想定する流木の長さ	20 m	25 m	30 m
投入本数	100 本	80 本	60 本

流木模型の比重は乾燥状態で0.38であり、湿潤状態で比重は0.87~0.97であった。実験では湿潤状態の杉を使用した。直線矩形開水路に水位5cmとなるように水を流し、橋梁模型の橋桁下部と水面の隙間を無くした。流木は1秒に10本ずつ投入し、3種類の流木長5回ずつ合計15回実験を行った²⁾。橋梁模型中央から5cm上流側の水位と5cm下流側の水位をポイントゲージにより測定した。また、流速 u を流量計によって計測される流量 Q とポイントゲージで測定する水位 η と水路幅 B を用いて連続式で求めた。連続式は式(1)で表される。

$$Q = \eta \times B \times u \tag{1}$$

橋梁への流木の堆積に関しては流木堆積率で評価した。流木堆積率は式(2)で表される。

$$\text{流木堆積率(\%)} = \frac{\text{堆積した流木の本数}}{\text{投入した流木の本数}} \times 100 \tag{2}$$

混合流木に関する実験では、長さの異なる3種類の湿潤状態の流木を混合して投入し、堆積状況を観察した³⁾。小本川での災害時の流木発生量より体積を統一した(Pattern 1.1, Pattern 1.2)。流木の投入本数を表-2に示す。

表-2 体積を統一した混合流木のパラメータ

		Pattern 1.1	Pattern 1.2
各流木の本数	18 cm	16本	11本
	12 cm	44本	23本
	6 cm	50本	96本
投入本数		110本	130本

水位と流木の投入方法は流木の長さに関する実験と同様にし、Pattern 1.1とPattern 1.2ともに2回ずつ実験を行った。

4. 実験結果

流木が橋梁に堆積した様子を写真-1に示す。流木が堆積するとともに、上流側の水位が2~3cm上昇して最終的に越流する様子が確認できた。また、下流側では約1cmの水位低下が確認できた。

図-2に経過時間 t と上流側の水位変化の関係を示す。

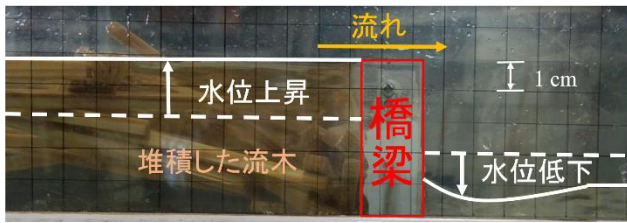


写真-1 横方向からの流木堆積の様子

水位は超音波式波高計を橋梁模型中央から5cm上流側の位置に設置し、100秒間計測した。流木は水位の計測開始10秒後から、1秒に10本ずつ投入した。流木を投入してから橋梁へ流木が堆積し始めると、上流側の水位が上昇しているのが確認できた。流木長が18cmと15cmの場合は水位が8cm以上となったが、12cmの場合は水位が8cm以下となった。

図-3に水位 η と流木堆積率の関係を示す。上流側の水位は流木長と流木堆積率に関わらず、約7~9cmとなっていることが確認できた。さらに下流側の水位も同様に流木長と流木堆積率に関わらず、約2~3cmとなっていることがわかる。上流側の水位にあまり違いが見られないのは、流木が橋梁に堆積して、越流に至るまでの十分な時間経過後に、水位計測を行ったためと考えられる。

図-4に流木長 l と流木堆積率の関係を示す。流木の長さが長いほど、流木堆積率が高いことが読み取れる。混合流木の長さの平均値を平均流木長 l_{mean} と定義³⁾すると、 $l_{mean}=10$ cmのPattern 1.1と $l_{mean}=8$ cmのPattern 1.2で実験を行った際も、 l_{mean} が大きいかほど流木堆積率が高いことが確認された。

図-5に流速 u と水位 η の関係を示す。連続式より u と η は相関関係があることが読み取れる。すなわち、水位が高いほど流速は小さくなる。上流側の水位と下流側の水位が、流木長に関わらずあまり違いが見られないことに従って、流速も流木長ごとにより違いが見られないことが確認された。

5. おわりに

本研究では杉の流木が橋梁に堆積した際、水位変化および流木堆積率の違いが見られるか実験を行った。単一の流木および混合流木の長さが長いほど流木堆積率が高いことが確認された。また、流木長による上流側と下流側の水位の違いはあまり見られなかった。

なお、流木長による上流側の水位上昇に関してあまり違いが見られなかったため、1秒あたりの流木投入本数を変えた場合や流量を変えた場合、堆積や水位変化にどのような影響を与えるか検討を行う予定である。

参考文献

1) 加藤一夫, 小笠原敏記, 松林由里子, 渡辺一也, 三浦忠昭, 菅野貴詳, 山口里美, 渡邊康玄, 赤堀良介, 千葉喜一: 小本川の流木捕捉施設設計に関する水理模型実験による検討, 河川技術論文集, 第24巻, 2018.
 2) 長谷川祐治, 中谷加奈, 里深好文, 藤田正治: 山地河川における流木の流下と橋梁集積に関する検討, 第8回土砂災害に関するシンポジウム論文集, pp.133-138, 2016.

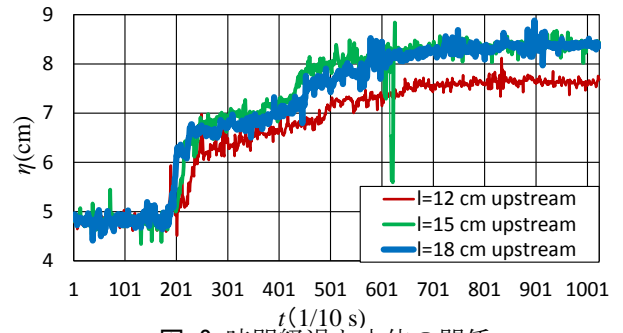


図-2 時間経過と水位の関係

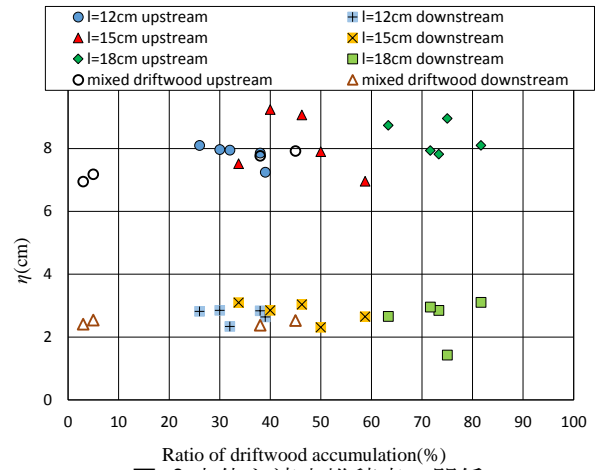


図-3 水位と流木堆積率の関係

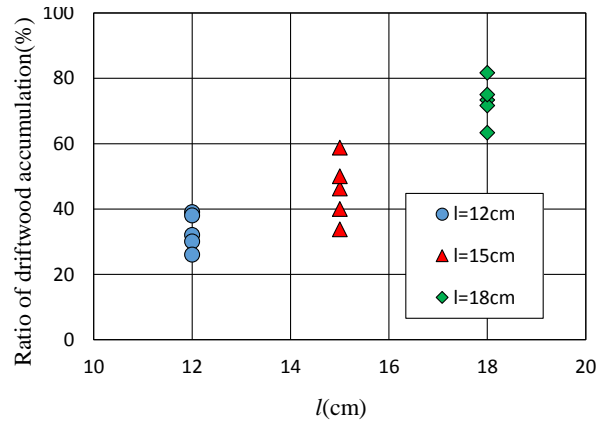


図-4 流木長と流木堆積率の関係

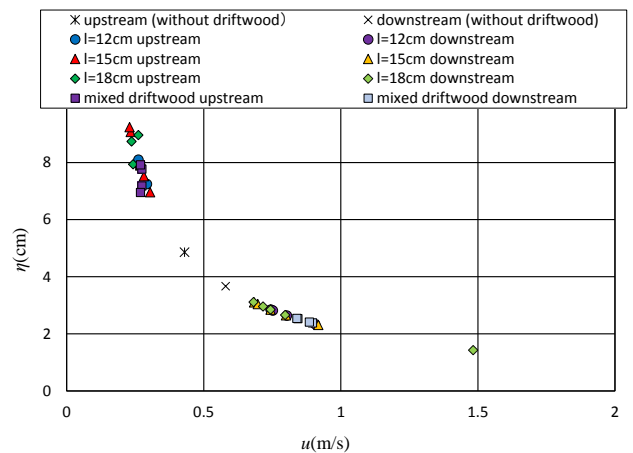


図-5 流速と水位の関係

3) 渋谷一, 香月智, 大隅久, 石川信隆: 根付き流木モデルによる流木捕捉工の捕捉効果に関する実験的検討, 構造工学論文集, Vol.57, pp.1087-1094, 2011.