

山地河川における洪水時の橋梁による流木捕捉に関する実験的研究

九州大学工学部
広島県
九州大学大学院工学府
九州大学大学院工学府
九州大学大学院工学研究院

学
学
正
フェロー

西田悠人
船田昂志
高野瑞己
池松伸也
橋本晴行

1. はじめに

2012 年 7 月 14 日に福岡県星野川流域，2013 年 7 月 28 日に島根県名賀川流域などにおいて記録的な豪雨により河川氾濫や斜面崩壊が発生した．上流域では崩壊や土石流が多数発生し，大量の土砂が樹木とともに河川に流れ込み洪水流に伴って流下した．特に流木は橋梁などの障害物にせき止められて群を形成し氾濫を助長した．従来著者らは橋梁と流木との相互作用について調べて来たが^{1,2)}，山地河川において見られるピアのない橋梁と流木との関係については未解明な点が多く残っている．本研究は，ピアのない橋梁模型を中心として水路実験を行い，流木捕捉の状況を再現しその捕捉のメカニズムについて調べたものである．

2. 実験方法

実験に用いた水路を図-1 に示す．水路は，長さ 12m，幅 30cm の長方形断面水路で，下流端から上流 4m までの区間は 3.6mm の粗度を貼り固定床とした．さらに 4m から 10m の区間の河床は土砂（粒径 $d=3.6\text{mm}$ ，比重 $\sigma/\rho=2.65$ ）を 10cm の厚さで敷き移動床とした．この水路の下流端から 2.5m の位置に橋梁模型を，橋梁から 4.7m 上流に流木発生装置をそれぞれ設置した．橋梁模型は八女市上陽町星野川の宮の上橋をモデルとし，縮尺を勘案してアクリル板で作製した．橋梁模型は 3 種類用いた．すなわち欄干を有したピアのない模型，欄干もピアもない模型，そして欄干のないピアのある模型である．図-2 に例として欄干のある橋梁模型を示している．流木模型には檜の丸棒を用い，そのスケールは橋梁模型の縮尺をもとに，長さ $L=7\text{cm}$ ，直径 $D=2\text{mm}$ とした．流木の比重は湿潤時で 0.78 であった．この流木模型を流木発生装置に $N=405$ 本並べ，流れの表面に一気に落下させた．これは河岸斜面から崩壊により樹木が一気に流れ込むことを模擬したものである．水位はポイントゲージにより，流量は下流端で定常時の流れを採取することにより測定した．実験条件を表-1 に示す．

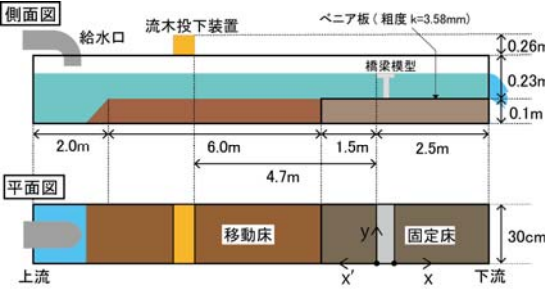


図-1 実験水路図

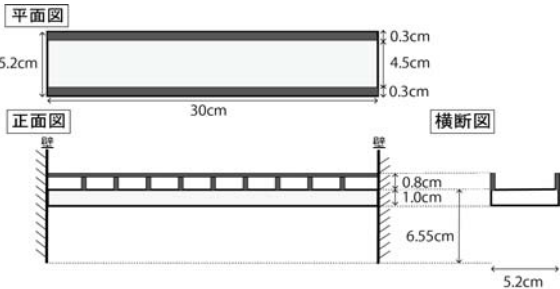


図-2 欄干を有したピアのない橋梁模型

表-1 実験条件

実験ケース	勾配 i	橋梁模型			単位幅流量 q (cm^2/s)	越流	流木		
		モデル	ピア	欄干			長さ (cm)	直径 (mm)	投下本数
Case A	0.6/100	宮の上橋	あり	なし	190~205	なし	7	2	200~800
Case A'	0.6/100	宮の上橋	あり	なし	300~315	あり	7	2	200~800
Case B	0.6/100	宮の上橋	なし	なし	290~350	あり	7	2	200~800
Case B'	0.6/100	宮の上橋	なし	あり	300~350	あり	7	2	405

3. 実験結果と考察

写真-1 は、欄干を有したピアのない橋梁模型についての流木捕捉の実験状況を示したものである。上流から流下してきた流木群は橋桁や欄干に一旦衝突した後、縮流により橋桁の下側に押し出され、その一部は橋桁と河床とに同時に支持されて停止した。その結果、これに続く流木が捕捉されて群を形成した。

図-3 は流木捕捉率と投下本数との関係を示している。ここに、長さと同径が同じ均一の流木模型を用いた場合の従来の実験結果²⁾も併せて示している。ここに、流木捕捉率は流木捕捉本数を投下本数で割った値である。同図には、ピアのある橋梁で越流のない場合 (Case A)、ピアのある橋梁で越流した場合 (Case A')、ピアのない橋梁で越流した場合 (Case B) の3ケースについて示している。いずれのケースもデータのバラツキがあるが、投下本数を増加させると流木捕捉率が増加している。ピアのある橋梁の場合 (Case A, A') を比較すると、橋桁を越流した方が流木捕捉率は大きい。一方、越流のある場合で、ピアのある橋梁 (Case A') とピアのない橋梁 (Case B) を比較すると、ピアのある橋梁の方が流木捕捉率は大きい。

次に、投下本数 $N \approx 400$ 本 ($N=400$ 本, 405 本) に限定して、流木捕捉率と初期水深の関係性を調べた結果が図-4 である。ここに、欄干を有したピアのない橋梁の場合 (Case B') についても示している。初期水深は $x'=10\text{cm}$, $y=15\text{cm}$ 地点の流木捕捉前の水深である。水位が橋桁高さより低い場合は越流せず、橋桁高さ以上の場合は越流する。既に図-3 で述べたように、ピアのある橋梁の場合 (Case A, A') について見ると、橋桁を越流した場合は、越流しない場合よりも流木捕捉率が大きくなっている。ピアのない橋梁 (Case B, B') の場合はデータのばらつきが顕著である。平均的に見ると欄干を有した橋梁の場合 (Case B') のほうが欄干のない場合 (Case B) より捕捉率は大きい。従って、ピアのない橋梁の場合 (写真-1)、流木の捕捉は、河床と橋桁とに流木が同時に支持されるかどうか依存し、支持されない場合は流木がほとんど捕捉されない。また、流木が河床と橋桁とに同時に支持されるかどうかは確率的である。流木が河床と橋桁とに同時に支持され、かつ水深が上昇することで橋桁に加え欄干も障害となり、捕捉本数率がさらに増加する。

4. 結論

流木の捕捉は河床と橋桁とに流木が同時に支持されるかどうか依存する。ピアは流木が河床と橋桁とに支持されない場合でも流木が捕捉される要因となる。また、欄干は流木が河床と橋桁とに同時に支持され、かつ水深が上昇することにより効果が表れる。

参考文献 1) M. I. Rusyda, H. Hashimoto, S. Ikematsu: Log jam formation by an obstruction in a river, River Flow 2014, Proc. of the 7th Int. Conference on Fluvial Hydraulics, 2014. 2) 橋本・楠窪・喜多・マリカル: 洪水時における河道内障害物による流木群の集積過程に関する実験的研究, 第8回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 2016.



写真-1 欄干を有したピアのない橋梁模型による流木捕捉状況 ($q=347\text{cm}^2/\text{s}$, $N=405$ 本, 捕捉本数 356 本)

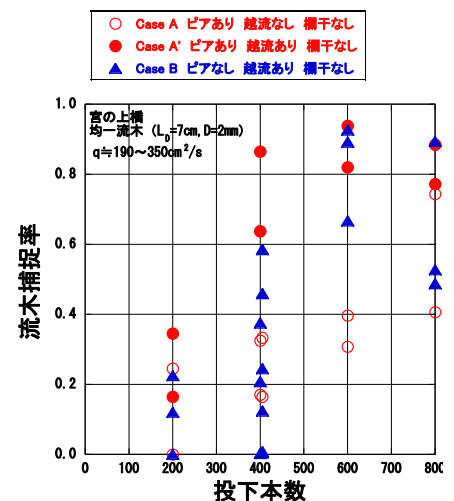


図-3 投下本数と流木捕捉率との関係

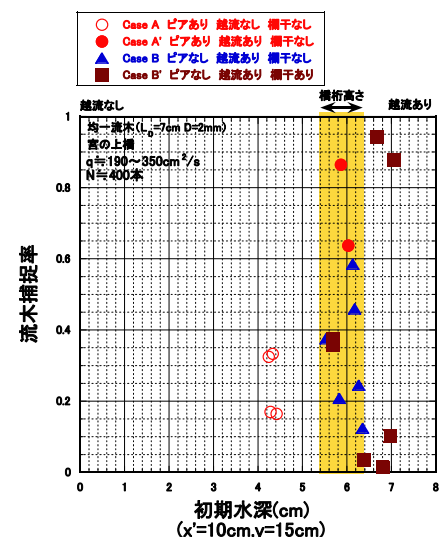


図-4 初期水深と流木捕捉率との関係