

流木による河道全面閉塞の限界条件と流木沈下メカニズムに関する研究  
 EXPERIMENTAL STUDY ON CRITICAL CONDITION FOR DRIFTWOOD BLOCKING AND  
 SINK MOTION OF DRIFTWOOD

○岡本隆明・染谷智紘・松本知将・山上路生・田中健太

○Takaaki OKAMOTO, Tomohiro SOMEYA, Kazumasa MATSUMOTO, Kenta TANAKA

At the time of heavy rain, driftwood accumulates at river infrastructures and blocks a river. Driftwood accumulation results in an increase of backwater. However, there is almost no detailed information about the porosity of wood jam and the mechanism that driftwood sinks under the water surface. In this study, flume experiments were performed. Driftwood accumulation experiments at a two-pier bridge were conducted. We examined the effect of the approach flow velocity, approach flow depth and specific density of driftwood on the porosity of wood jam. The experimental results revealed the critical condition for driftwood blocking.

1. はじめに

集中豪雨時には大量の流木が橋脚に引っかかり、沈下することで河道が閉塞し、洪水被害を大きくすることが知られている。しかし、流木の沈下現象を支配するパラメータや限界条件を解明する研究はあまり見られない。樹種によって流木の比重は異なり、針葉樹は比重が 1.0 よりも小さいことが知られているが、フルード数に関わらず水面下に沈み込んで集積する条件についてはまだ不明な点が多い。本研究では室内水路実験を行い、初期水深、流速および流木の比重を系統変化させることで、橋梁部での流木沈下を支配するパラメータと限界条件を検討する。

2. 流木リチャードソン数

流木は浮力により水面付近を流下するが、橋梁部では流木は浮力に逆らって水面下に沈下し、集積や堆積する。これは流木に浮力よりも大きな慣性力が作用するためである。この現象を検討するために、浮力と慣性力の比を表すリチャードソン数を流木運動の指標とすることが既往研究<sup>2)</sup>で考えられている。本研究では、新しい流木リチャードソン数を定義する。リチャードソン数は浮力と慣性力の比で表される無次元量であるため、流木リチャードソン数 $R_i$ は以下のように表現される<sup>1)</sup>。

$$R_i = \frac{F_b}{F_i} = \frac{\Delta \rho d^2 l g}{\rho u^2 d l} = \frac{\Delta \rho d g}{\rho u^2}$$

3. 実験方法

実験水路概要図を図-1に、実験条件を表-1に示す。実験には長さ 10m, 幅 40cm, 高さ 50cm, の可変勾配水路を用いた。 $x, y$ および $z$ はそれぞれ

表-1 水理条件

Q (l/s)	$U_a$ (m/s)	$H_a$ (m)	D (m)	l (m)	d (m)	L/d	$\rho_d$	$B_m$ (m)	Fr
2.0	0.14	0.07	0.10	0.12	0.006	20	0.70	0.06	0.17
2.5	0.18								0.22
3.0	0.21								0.26
3.5	0.25								0.30
4.0	0.29								0.34
5.0	0.36								0.43
6.0	0.43	0.52							
2.0	0.14	0.07	0.10	0.12	0.006	20	0.81	0.06	0.17
2.5	0.18								0.22
3.0	0.21								0.26
3.5	0.25								0.30
4.0	0.29								0.34
5.0	0.36								0.43
6.0	0.43	0.52							
2.4	0.14	0.085	0.10	0.12	0.006	20	0.70	0.06	0.16
3.0	0.18								0.19
3.6	0.21								0.23
4.3	0.25								0.27
4.9	0.29								0.31
6.1	0.36								0.39
7.3	0.43	0.47							

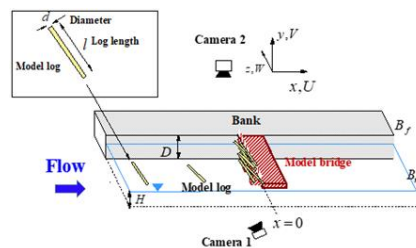


図-1 流木集積実験の水路概要図

れ流下方向、鉛直方向および横断方向である。流下方向原点 $x = 0$ は橋梁の上流端位置とした。 $U, V$ および $W$ は各方向における時間平均流速を示す。水氾濫原模型を水路片側に設置した。低水路幅は $B_m = 20\text{cm}$ , 左岸側の氾濫原幅は $B_f = 20\text{cm}$ であり、高さは $D = 10\text{cm}$ とした。橋梁模型は水路上流端から 4.0m の位置に設置した。また、流木が捕捉されていない状態での河道全体の断面積に対する橋の投影面積の割合は $A_b/A = 0.19$ である。ここで流木模型として木製円柱(直径 $d = 0.6\text{mm}$ , 長さ $l = 12\text{cm}$ )の丸棒を比重を変えて使用した(流木比重 $\rho_d = 0.7, 0.81$ )。流木集積実験では橋梁模型の 1m 上流から水路中央に 10 本ずつまとめて同時に投入し各ケース計 300 本投入した。着水時に

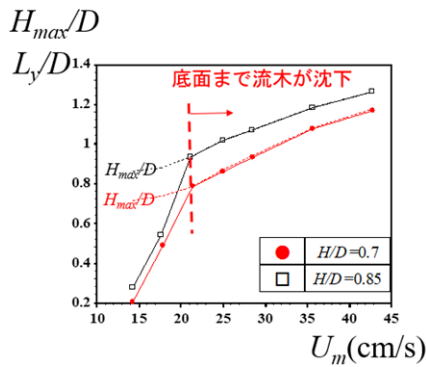


図-2 初期水深による堰上げ水深と閉塞限界条件の変化

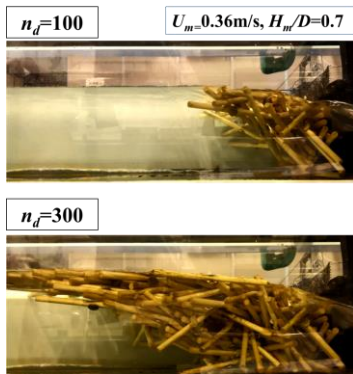


図-3 流木沈下による全面閉塞

の給木方向はランダムとなる。形成された流木塊について調べるために、流木塊の鉛直方向長さ $L_y$ 、堰上げ水深 $H$ を計測した。また流木捕捉時の橋梁部での河道閉塞率について調べるために、流木除去後に橋梁模型の前面に遮蔽面積が既知のアルミ製ポーラス板(20cm×15cm)を設置して模型型の上流側の水深を計測した。流木閉塞時の水深と比較することで河道閉塞率 $A_b/A$ を評価した<sup>2)</sup>。

#### 4. 実験結果

図-2に初期水深 $H_m$ を変化させた場合の堰上げ水深と流木沈下の限界条件を示す。断面平均流速 $U_m$ が大きいケースほど流木塊の鉛直方向長さ $L_y$ の値が大きくなっている。これは断面平均流速 $U_m$ が小さいと流木が水面下に沈下せず、水面のみに集積するためである。また、初期水深によらず断面平均流速 $U_m > 0.21\text{m/s}$ で水路底面まで流木が沈下している(図-3)。

図-4(a)に初期水深と河道閉塞率 $A_b/A$ の関係を示す。断面平均流速 $U_m = 0.21\text{m/s}$ を境に断面平均流速 $U_m$ が増加した時の河道閉塞率 $A_b/A$ の増加量に変化する。また、流木が沈下して水路底面まで流木閉塞すると、初期水深によらず河道閉塞率 $A_b/A$ は60%以上になり、あまり差はみられない。

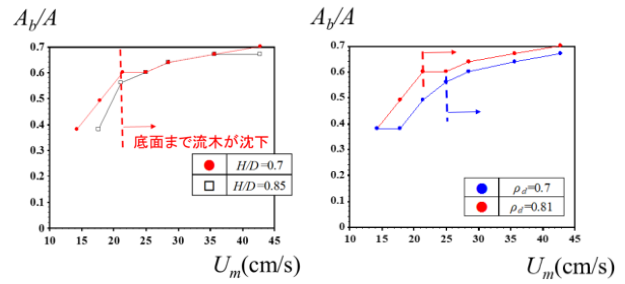


図-4(a) 初期水深と河道閉塞率 $A_b/A$ の関係  
(b) 流木比重 $\rho_d$ と河道閉塞率 $A_b/A$ の関係

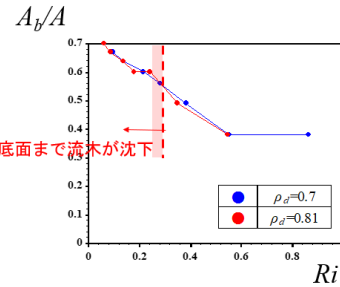


図-5 流木リチャードソン数と河道閉塞率の関係

図-4(b)に流木比重 $\rho_d$ と河道閉塞率 $A_b/A$ の関係を示す。流木比重によって流木沈下現象が起きる断面平均流速 $U_m$ の限界流速が異なっている。流木比重 $\rho_d$ が大きいほど断面平均流速 $U_m$ が小さいケースで流木が底面まで沈下している。底面まで流木が沈下しても流木比重 $\rho_d$ による差がみられ、流木比重 $\rho_d$ が大きいケースほど河道閉塞率 $A_b/A$ は大きい。図-5に流木リチャードソン数 $Ri$ と河道閉塞率 $A_b/A$ の関係を示す。流木リチャードソン数 $Ri$ が0.24から0.28の領域が流木沈下の遷移領域と考えられる。流木リチャードソン数 $Ri$ が0.24より小さい領域では、河道閉塞率 $A_b/A$ は大きくなる。これは慣性力が浮力よりも卓越し、流木が底面まで沈下し、水面下で集積するためである。流木リチャードソン数 $Ri$ が0.28より大きい領域では、河道閉塞率 $A_b/A$ は小さくなる。これは浮力が慣性力よりも卓越し、流木が底面まで水面下に沈下せずに集積するためである。また、流木リチャードソン数 $Ri$ が0.55より大きくなると河道閉塞率 $A_b/A$ は変化しなくなる。

#### 参考文献

- 1) 木村一郎・北園和也, 流木捕捉形態の流木リチャードソン数依存性と3D2D型モデルの適用性, 土木学会論文集 B1, Vol.73, pp.I\_553I\_562, 2017
- 2) 岡本隆明, 染谷智紘, 松本知将, 山上路生, 田中健太: 橋梁部での流木沈下過程と全面閉塞の限界条件に関する実験的研究, 自然災害科学 Vol.39 No.4, 掲載決定