

流木沈下メカニズムと橋梁部での全面閉塞の限界条件に関する研究

名城大学 正会員 ○岡本 隆明
 京都大学 学生会員 松本 知将
 京都大学 正会員 山上 路生

1. はじめに

豪雨時には大量の流木が橋梁部で集積し、水面下に沈下することで河道閉塞し、洪水被害を大きくすることが知られている。しかしながら、流木沈下の限界条件を解明する研究はあまり見られない。多くの流木は比重が 1.0 よりも小さいことが知られているが、水面下に沈み込んで集積するメカニズム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明らかにする。

表-1 実験条件

U_m (m/s)	H_m (m)	D (m)	l (m)	d (m)	l/d	ρ_d	B_R (m)	Fr
0.14	0.07	0.10	0.12	0.006	20	0.70	0.06	0.17
0.18								0.22
0.21								0.26
0.25								0.30
0.29								0.34
0.36								0.43
0.43								0.52
0.14	0.07	0.10	0.12	0.006	20	0.81	0.06	0.17
0.18								0.22
0.21								0.26
0.25								0.30
0.29								0.34
0.36								0.43
0.43								0.52
0.14	0.085	0.10	0.12	0.006	20	0.81	0.06	0.16
0.18								0.19
0.21								0.23
0.25								0.27
0.29								0.31
0.36								0.39
0.43								0.47

2. リチャードソン数

流木は浮力がかかるため水面を流下するが、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指標とすることが既往研究 2 で考えられている。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は以下のように表現される。

$$Ri = -\frac{g\Delta\rho d}{\rho u^2}$$

d は流木の直径、 $\Delta\rho$ は水と流木の密度差、 u は流速。

3. 実験方法

実験水路概要図を図-1、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 はそれぞれ流下方向、鉛直方向および横断方向である。氾濫原模型を水路片側に設置した。低水路幅は 20cm、左岸側の氾濫原幅は 20cm であり、高さは 10cm とした。流木模型として木製円柱（直径 6mm、長さ 12cm）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 本ずつまとめて投入し、最大投入本数は各ケース計 300 本とした。

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 の時間変化を計測した。また流木捕捉時の橋梁部での流水障害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流水障害率を評価した。

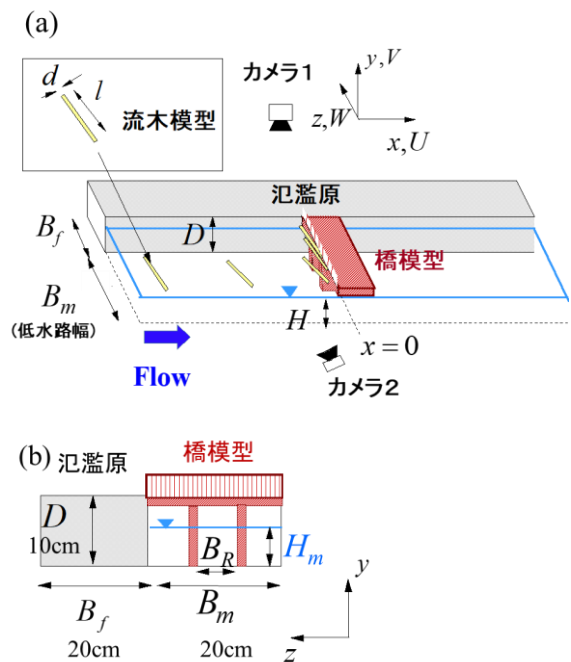


図-1 流木集積実験の水路概要図

4. 実験結果

図-2 に流木集積によるせき上げ水深 H 、流木塊の鉛直方向長さ L_y の変化を示す。横軸は流木投入本数である。流木捕捉されても初期は水面付近で集積するが、投入本数が 50 本を超えると水路底面まで流木が沈下している。これは後続の流木先に捕捉された流木が押し込まれるためである。流木が沈下するとせき上げ水深は増加し、200 本を超えると増加しなくなった。この状態では流木は水面下に沈下しなくなった(図-3)。

図-4 (a) に初期水深と流水障害率の関係を示す。横軸は断面平均流速である。断面平均流速 $U_m=0.21\text{m/s}$ を境に流水障害率の値が変化する。流木が沈下して水路底面まで全面閉塞すると、初期水深によらず流水率は 60%以上になり、あまり差はみられない。初期水深の影響は少ないと考えられる。

図-4 (b) に流木比重と流水障害率の関係を示す。流木比重によって流木沈下現象が起きる断面平均流速の限界流速が異なっている。流木比重が大きいほど断面平均流速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による差がみられ、流木比重が大きいケースほど流水障害率は大きい。

図-5 に流木リチャードソン数と流水障害率の関係を示す。横軸は流木リチャードソン数で無次元である。流木リチャードソン数が 0.24 から 0.28 の領域で流水障害率は急激に変化しており、流木沈下の遷移領域と考えられる。すなわち、流木リチャードソン数が 0.24 より小さい領域では、流水障害率は大きくなる。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が 0.28 より大きい領域では、流水障害率は小さくなる。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が 0.55 より大きくなると流水障害率は変化しなくなる。

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, pp.423-437

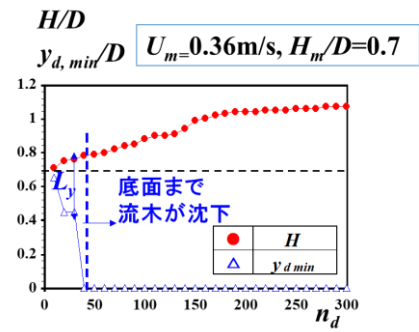


図-2 流木集積によるせき上げ水深、流木塊の鉛直方向長さの変化



図-3 橋梁前に形成された流木塊

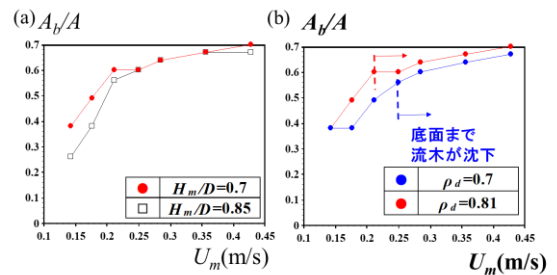


図-4(a) 初期水深による流水障害率の変化
 (b) 流木比重による流水障害率の変化

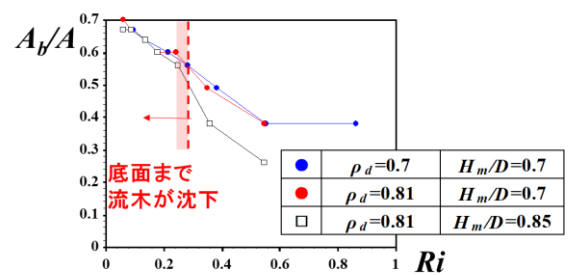


図-5 流木リチャードソン数と流水障害率の関係