

部分埋没した沈木の掃流特性に関する基礎研究
 Fundamental Study on Transport Process of Partially Buried Submerged Wood

○山上路生・角哲也・岡本隆明・長坂香織・酒井良佑・小柴孝太・高田翔也
 ○Michio SANJOU, Tetsuya SUMI, Takaaki OKAMOTO, Kaori NAGASAKA, Ryosuke SAKAI,
 Takahiro KOSHIBA, Shoya TAKATA

Many damages caused by driftwood have been reported in recent heavy rain disasters. On the other hand, driftwood that has gained weight due to long-term water absorption is expected to sink to the bottom of rivers and lakes. These submerged woods are at risk of being washed away again during the next flood, causing blockages and malfunctions in dam gates, culverts etc. In this study, the critical bed shear stress of submerged wood partially buried in the channel bottom was experimentally evaluated. In particular, the influences of initial time posture and burial depth were considered.

1. はじめに

近年頻発する豪雨災害では、流木による被害が多数報告されている。一方で長時間吸水し比重が増加した流木は川底や湖底に沈む。これらの沈木は再掃流されて、ダムゲートやカルパート等の閉塞や動作不良を起こすリスクがある¹⁾。著者らのグループは、路床に水平に堆積した沈木の限界掃流流力を実験的に評価した²⁾。

本研究ではこれを発展させて、沈木が路床に部分的に埋没した場合を対象に、沈木の初期姿勢(迎角およびヨー角)と埋没深さの影響を考察する。

2. 実験方法

既往研究と同様に、室内水路に沈木模型を設置し、流量を徐々に増加させて沈木が動き始める時の水深 h をポイントゲージで計測した。等流を仮定して式(1)より限界掃流流力を求めた

$$\tau_c = \rho g l R = \rho g h \sin \theta \quad (1)$$

流木模型は径 $d=1\text{cm}$ 、長さ $l=6\text{cm}$ 、比重 1.12 のアクリル円柱を用いた。実験水路は水路幅 20cm、長さ 4m、底板(アルミ)が平坦な直線水路を使用した。水路上流より 3m にある長さ 30cm の移動床部に、沈木を設置した。移動床の材料には径 $d_b=0.4, 1, 3\text{mm}$ の比重 2.5 のガラスビーズを用いた。

また図-1 に定義する沈木模型の初期設置ヨー角 ϕ と初期仰角 α を系統変化させた。本研究では $\alpha=0$ の水平堆積ケースと $\alpha \neq 0$ の斜め部分埋没ケースについて実験を行った。

水平堆積ケースでは、同一条件の実験を 10 回繰

り返した。図-2(a) に示す初期埋没深さ e と沈木直径の比 e/d を 0, 0.25, 0.50 に変化させた。斜め堆積する部分埋没ケースでは迎角を $\alpha=30^\circ$ に固定し、ヨー角を変化させた。初期埋没長さ n を図-2(b) のように定義し、 $n/l=1/3$ および $1/4$ の 2 通り設定した。

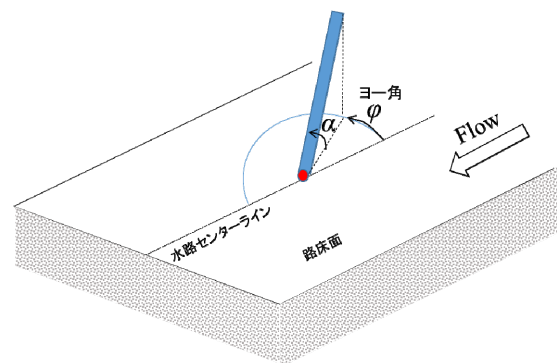
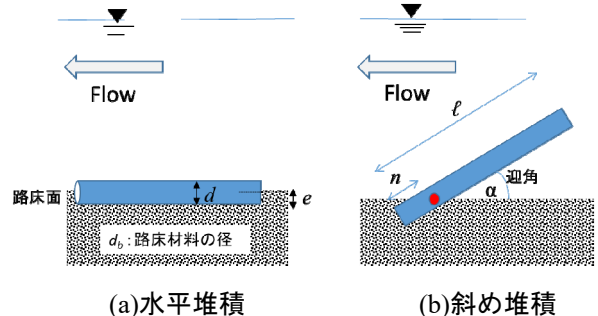


図-1 沈木模型の初期仰角 ϕ とヨー角 α



(a)水平堆積 (b)斜め堆積
 図-2 部分埋没ケースの初期埋没深さの定義

3. 結果と考察

(1) 水平堆積ケース

図 3 に、 $d_b=0.4\text{mm}$ における初期ヨー角 ϕ と埋没深さが τ_c に与える影響を示す。岩垣公式による路

床材料の τ_c も示した。 ϕ が主流と平行の時($\phi=0^\circ$), 主流に対する沈木の投影面積が最小となるため τ_c は最大となる。また埋没深さが大きいほど摩擦が効くため τ_c は大きくなる。紙面の都合上割愛するが、 d_b の小さい路床材料ほど流されやすくなり、沈木の τ_c も小さくなる。

(2) 部分埋没ケース

図-4は $n/l=1/4$, $\phi=0$ (上流側が頭上げ)の条件で α に対する τ_c の変化を示す。 α が大きいほど限界掃流力は減少する。大きい迎角では主流に対する沈木の投影面積が増加し、さらに路床材料との接触面積も減少するため、沈木を再掃流させるための流体力は小さくてすむ。流体力は路床近傍流速の2乗に比例するが、一般に、流速と底面せん断応力には対応関係があるため、迎角の増加により τ_c も減少する。本研究では $\alpha=15^\circ$ と 30° の間の変化が急であり、この範囲では揚力も沈木の再掃流に重要な役割をもつかもしれない。

図-5は埋没深さ n/l による τ_c の変化である。 n/l が大きいと、路床材料による抵抗力が増加するため、 τ_c も大きくなる。迎角やヨー角だけでなく、埋没深さも τ_c の算定に影響することがわかる。沈木の現地観測では、迎角やヨー角などの沈木の姿勢角は検知できるが、直接可視できない埋没深さは計測が難しく今後の課題の一つである。

図-6は、埋没深さと迎角を各々 $n/l=1/4$ 及び $\alpha=30^\circ$ に固定したまま、初期設置時のヨー角 ϕ の影響を比較したものである。 $\phi=0^\circ$ および $\phi=180^\circ$ の場合、いずれも沈木の初期姿勢は主流に平行となるが、前者は上流側に頭上げ、後者は下流側に頭上げとなる。 $\phi=90^\circ$ は側方への頭上げを意味する。上流から側方への頭上げにかけては、 τ_c の変化は小さい。一方で、下流への頭上げとなる $\phi=135^\circ$ および $\phi=180^\circ$ では τ_c が増加する。上流頭上げの場合、主流は沈木の下面に衝突するため、揚力が生じる。その結果、沈木と路床材料の摩擦力が減少する。側方頭上げの $\phi=90^\circ$ でやや減少するが、これは、主流に対する投影面積が増加するためかもしれない。さらに、下流に頭上げの $\phi=180^\circ$ の場合、流体力が沈木の上面に作用するため、ダウンフォースが発生する。その結果、 τ_c が増加する。

参考文献

- 1) 高田・角, 京大防災研年報, 62(B), 671-678, 2019.
- 2) 山上・角ら, 水工学論文集, 66, I_823-828, 2021.

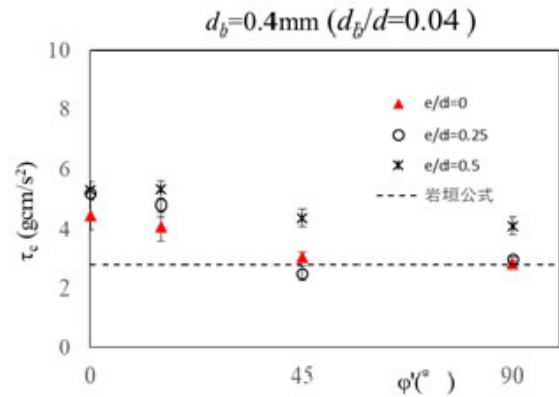


図-3 水平堆積時の限界掃流力 τ_c の変化

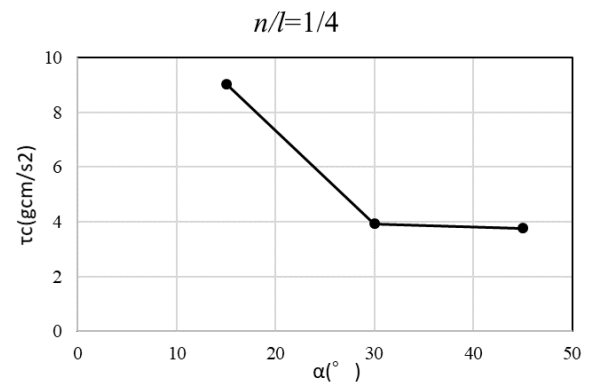


図-4 斜め堆積時の仰角 α と限界掃流力 τ_c の関係

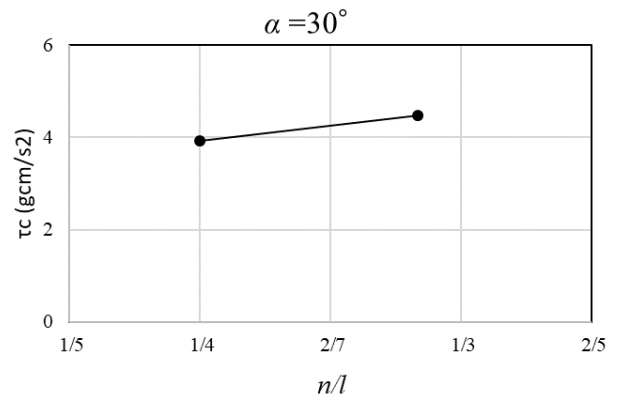


図-5 斜め堆積時の埋没深 n/l と限界掃流力 τ_c の関係

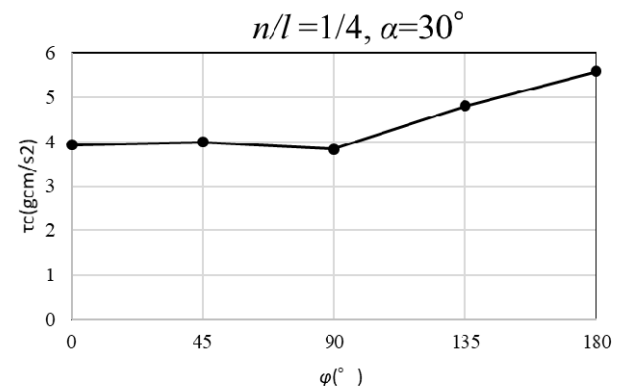


図-6 斜め堆積時のヨー角 ϕ と限界掃流力 τ_c の関係