

山地河川の橋の閉塞に流木の流出過程が及ぼす影響

京都大学大学院農学研究科
 京都大学大学院農学研究科
 京都大学大学院農学研究科
 立命館大学理工学部

正会員 ○中谷 加奈
 非会員 安井 鴻騎
 非会員 小杉賢一朗
 正会員 里深 好文

1. はじめに

山間部で土砂災害が発生すると、崩壊部や侵食部の樹木が土砂とともに山地河川から発生・流下する場合がある。流木は構造物に衝突して直接的に被害を及ぼすだけでなく、橋を閉塞させることで水や土砂が氾濫し、周辺に被害が拡大する原因にもなる。山地河川での流木による橋の閉塞に関する既往研究は、流出した全流木の本数や濃度、量に着目したものが大部分である。一方、同じ量の流木が発生した場合でも、各時刻における流木の流出過程の違いにより閉塞・非閉塞が変わることは災害状況や実験からも明らかだが、橋に到達する際の流木濃度などの時間的変化に着目した検討は殆どない。

本研究では、流木濃度の時間的変化に着目して、橋の閉塞に影響する指標を検討することを目的とした。既往の水理実験¹⁾を基に、異なる時間分解能による流木濃度の時間的変化を算出して閉塞と非閉塞の表れ方を整理するとともに、ロジスティック回帰分析を行い、異なる時間分解能における濃度のピーク値と既往検討での平均濃度を比較して、閉塞・非閉塞の判別指標としての妥当性を検討した。

2. 方法

筆者らが実施した実験¹⁾の一部を検討対象とした。水路長400cm、幅20cmの直線水路で、水理条件は勾配2度、流量3.17L/s、水深1.4cm、平均流速1.13m/s、フルード数3.05の射流で、橋脚なしのワンスパンの橋模型を用いた(図-1)。

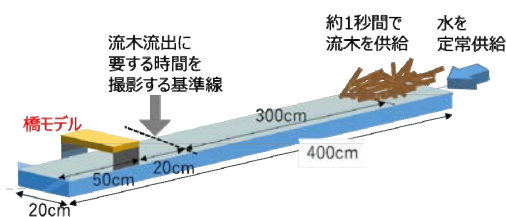


図-1 実験の概要

流木模型は木製の比重0.8、直径0.5cmの丸太形状で、①余裕高2mm、流木長10cm ②余裕高8mm、流木長10cm ③余裕高2mm、流木長5cmの条件で投入本数を変えた各試行を対象とした。橋模型の20cm上流を基準線として、上空から撮影した動画により0.05-0.2秒(0.05秒刻み)の時間分解能による流木濃度を算出して、閉塞と非閉塞の条件を整理した。更に、各条件でロジスティック回帰分析を行い、各時間分解能による流木濃度のピーク値と、既往検討で用いられた平均流木濃度(全流木が基準線を通るまでに要する時間を基に、算出された流木流量と水の供給流量から求められた濃度)について、閉塞・非閉塞の判別指標としての妥当性を比較検討した。

3. 結果と考察

ロジスティック回帰分析で求めた条件①-③について各時間分解能による流木濃度のピーク値、並びに既往研究の平均濃度での対数尤度を表-1に示す。各条件で灰色に塗りつぶした時間(秒)が同一条件の中で最も対数尤度が大きく、閉塞・非閉塞の判別性の精度が高いことが示される。

条件①と②では短い時間分解能によるピーク値の対数尤度が大きくなり、平均流木濃度を用いるよりも判別精度が高かった。一方で条件③では平均濃度を用いる場合と大きな差が見られなかった。

条件①並びに条件③で最も対数尤度が大きく精度が高かった時間分解能0.1秒並びに0.15秒について、実験結果と

表-1 ロジスティック解析から求めた各時間分解による流木濃度のピーク値、並びに平均濃度を指標とした場合の対数尤度

時間(秒)	条件①	条件②	条件③
0.05	-15.96	-18.21	-25.89
0.1	-14.01	-16.25	-25.24
0.15	-15.30	-14.73	-23.75
0.2	-16.53	-13.58	-24.80
平均	-23.97	-26.93	-27.87

キーワード 流木, 流出過程, 橋, 閉塞, 水理実験, ロジスティック解析

連絡先 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 Tel:075-753-6087

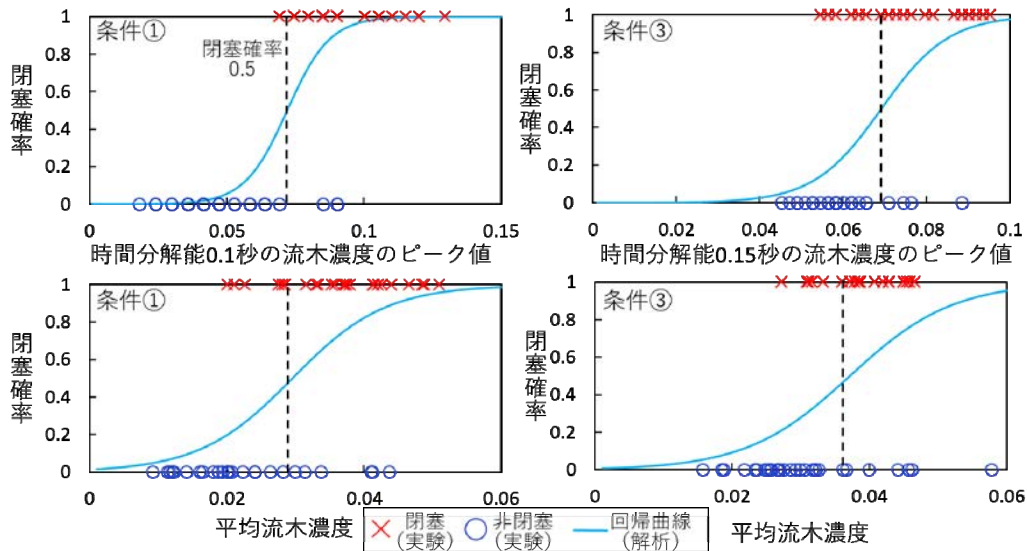


図-2 最も対数尤度が大きい時間分解能（条件①0.1秒，条件③0.15秒，それぞれ上段）並びに平均濃度を採用した（下段）実験結果とロジスティック解析で得た閉塞確率の回帰曲線（左：条件①，右：条件③）

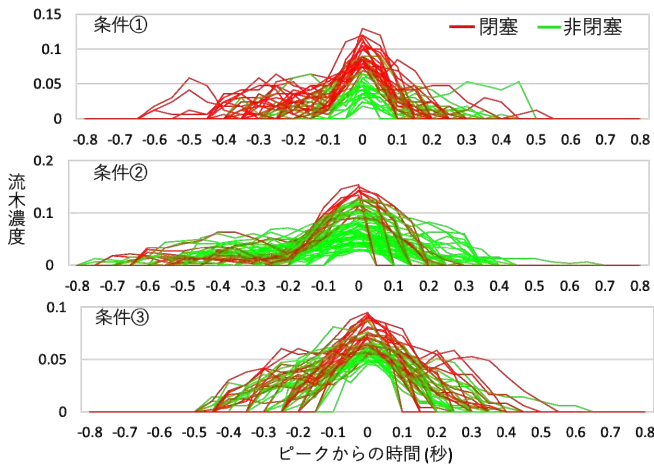


図-3 最も対数尤度が大きい時間分解能（条件①0.1秒，条件②0.2秒，条件③0.15秒）の流木濃度の時間変化

条件①並びに条件③で最も対数尤度が大きく精度が高かった時間分解能 0.1 秒並びに 0.15 秒について、実験結果とロジスティック解析で得た閉塞確率の回帰曲線をそれぞれ図-2 上段ならびに平均濃度の結果を図-2 下段に示す。図-2 中に示す縦点線は閉塞確率 0.5 となる流木濃度を表す。実験結果の閉塞や非閉塞と、回帰曲線から得られた閉塞確率 0.5 の流木濃度の対応を確認すると、確率 0.5 未満の濃度で閉塞した試行ならびに 0.5 以上の濃度で非閉塞だった試行の合計数（以降、判別ミス数と呼ぶ）は小さいほどロジスティック解析による閉塞・非閉塞の判別精度が高いといえる。条件①の判別ミス数は時間分解能 0.1 秒では 5 件に対して、平均濃度は 12 件で、分解能 0.1 秒の方が精度が高い。一方、条件③の判別ミス数は時間分解能 0.15 秒では 10 件に対して、平均濃度は 11 件で、両者に大きな差が見られない。

図-3 に条件①-③について精度が高かった時間分解能の流木濃度の時間変化を示す。図-3 はピークを示した時刻を 0 秒として、それより前の時刻を負の値で表している。条件①では、閉塞した試行は非閉塞の試行より流木濃度のピーク値やピーク前の流木濃度が高く、ピーク前からやや高い流木濃度を示して且つ高いピーク値を示すことが閉塞に寄与したと推測される。条件②では、閉塞した試行は非閉塞より流木濃度のピーク値がやや高いが、ピーク前の流木濃度は非閉塞の方が比較的高く、急激なピークの発生が閉塞に寄与したことが推測される。このように条件①や②では、短い時間分解能による流木濃度が閉塞・非閉塞の判別指標として有用と考えられる。一方、条件③はピーク値やピーク前の流木濃度とも閉塞と非閉塞の差が明瞭でなく、短い時間分解能による流木濃度と平均濃度の差は小さかった。

条件③は、他の条件と比べて流木長が短いため流木が上下に重なりにくく、重なった流木が橋桁に接触しても流木がずれて重なりが解消されやすい。条件③は閉塞に必要な流木塊の発生状況や流木塊の安定性が流木濃度よりも大きく影響したためだと考えられる。

本研究から、流木長や橋の形状によって、短い時間分解能での流木濃度の変化やピーク値を用いることで平均の流木濃度より閉塞・非閉塞の境界が判別しやすい条件があると示された一方、それ以外の流木塊の発生しやすさや安定性を考慮する必要がある条件が存在することも示された。

謝辞 本研究は、河川財団による河川基金の研究助成を受けたものです。
参考文献 1)中谷ら(2018)，土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.74, No.5, I_1081-1086