

# 寺内ダム上流域を対象とした土砂・流木災害リスクの評価

群馬工業高等専門学校 環境都市工学科

永野 博之

# 寺内ダム上流域を対象とした土砂・流木災害リスクの評価

群馬工業高等専門学校 環境都市工学科

永野 博之

## 1. はじめに

平成 29 年 7 月九州北部豪雨では、寺内ダム貯水池（朝倉市）での流木捕捉は、下流の被害軽減に貢献し注目を浴びた。その一方で、貯水池より上流の支川では、土砂や流木による河道閉塞と氾濫被害が生じた。河道閉塞を防止するには、橋梁クリアランスの確保や構造物の撤去が局所的には有効となるが、下流に貯水池がある場合、大量の土砂や流木が貯水池へ流入するリスクが増加する。同豪雨では、土砂の異常流出による水位計測への支障、流木除去期間の長期化がダム貯水池で生じており、これらの課題も考慮した対策とリスク評価が求められる。本研究では、寺内ダム上流域を対象に、水理実験により橋梁地点での土砂・流木捕捉状況を検討するとともに、支川の合流、橋梁地点での河道閉塞を考慮した土砂・流木解析モデルを構築し、寺内ダム上流域からダム貯水池まで一貫した土砂・流木災害リスクの評価手法を開発し、平成 29 年 7 月九州北部豪雨災害の状況を参考として、寺内ダム上流域に適用した。

## 2. 研究方法

### 2. 1 水理実験による橋梁模型での流木捕捉特性の検討

橋梁における流木捕捉の特性を調べるため水理実験を行った。実験に用いた水路は、図-1 に示すような長さ 4m、幅 40cm、高さ 40cm のアクリル水路であり、底面には粒径 10mm の川砂利を張り付けた板が敷設されている。水路床勾配は可変であり、本研究では勾配約 5 度と約 11 度の 2 ケ

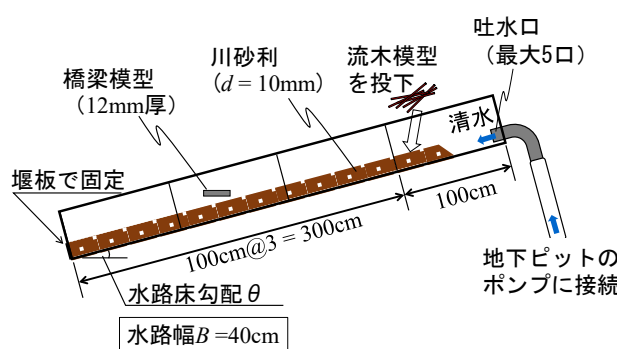


図-1 実験水路模式図

ースを条件とした。流量は水路上流端の吐水口とポンプ間に設けたゲートバルブの開度、使用する吐水口の数を調整して供給し、勾配 5 度では 5 L/s 程度、勾配 11 度では 12 L/s 程度の流量を供給した。勾配 5 度では、底面を粗度付け板のみとしたケースと、粗度付け板と同じ川砂利を 5cm 厚で敷設したケースを行った。勾配 11 度では、粗度付け板と同じ川砂利を 10cm 厚で敷設して実験を行った。流木模型は、直径 6mm の丸棒（しな材）を長さ 30cm のものと長さ 50cm のものを、それぞれ 250 本作成し水路最上流のフレームから投げ入れて供給した。それぞれの長さの流木模型は、ラッカースプ

レーで赤、青、黄、緑、白に 50 本ずつ着色し、どのタイミングで投入された流木か判別できるようにした。流木の投入は、流木の軸が流れと平行になる向きで、横断方向に一様に分布するように投入することとした。各色 50 本をセットにして、赤、青、黄、緑、白の順に投入し、投入ペースは 10 秒ごととした。橋梁模型は幅 5cm、厚さ 1.2cm のコンパネを上方から吊るす、あるいは水路側面に接着して設置した。水路床から橋梁模型の桁下高までのクリアランスは、水路床勾配や路床の敷設状況、供給流量に応じて決定した。

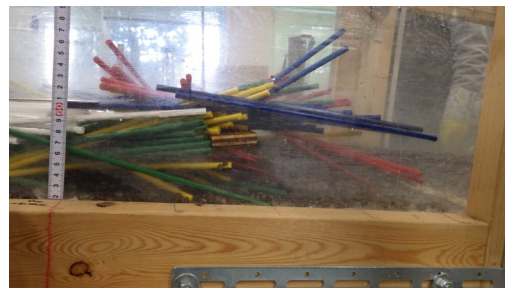


写真-1 水理実験における流木捕捉状況  
(上：勾配約 5 度、下：約 11 度)

本研究で実施した実験結果の例を写真-1 に示す。本研究で用いた流木模型には枝がなく、流木が橋梁で捕捉される契機となるパターンは次の 3 つに大別された。それらは、①流木模型の断面が橋梁模型の橋桁部に衝突するパターン、②流木模型が橋梁模型の上に乗上げるパターン、③流木模型が橋桁下に潜った後、橋桁下面と水面で挟まれるようにして停止するパターン、であった。捕捉により一度停止した流木は、同時に停止した他の流木または後続の流木と絡むことで容易には再移動しないことが確認できた。これは、流木が捕捉された後に通水を停止しても同様であり、通水の停止にともない水面が低下しても流木模型の拘束は継続し、停止する傾向にあった。また、②のパターンでは、河床が上昇し、クリアランスが小さくなると乗上げて停止するだけでなく、流木が橋梁を越流する形態も確認された。橋梁地点で流木が大量に捕捉された場合、流木が集積している上流側末端など、流木が流路床と近接している地点での土砂移動の抑制、上流側での土砂堆積も確認された。一方で、流木群の鉛直下方や橋梁の鉛直下方の流路床では侵食が進む様子も確認された。流木捕捉箇所の鉛直下方での侵食については、勾配や敷設厚、粒径などの水理条件に依存すると考えられるため、種々の条件についてデータを蓄積し、検証することが今後必要と考えられる。

## 2. 2 実験結果にもとづいた流木を伴う 1 次元土石流流動モデルの開発

水理実験の内容を踏まえ、流木を伴う 1 次元土石流流動モデルを構築した。ベースとした解析モデルは、Nagano et al.<sup>2)</sup> に基づき、土砂・水混相流（土石流）である主流層と流木・土砂・水混相流である表層の 2 層構造モデルとして、流木は主流層の上を流下するとしたモデルである。本研究では、水理実験の結果を踏まえ、橋梁地点において条件を設け、橋梁地点での流木捕捉による橋梁閉塞を表現した。設定した条件は

次の3つである。①主流層の上を流下する流木層の上面が橋梁の桁下と等しくなったとき、瞬間的に流木は断面を閉塞させる。これにより、橋梁地点より下流に流木と土砂は流下せず、水のみが流下するよう流木量と流砂量を補正する。②橋梁閉塞により橋梁地点で河床が上昇し、河床が橋梁の桁下高さと同様になったとき、橋梁地点は完全に埋没したものとして、流木と土砂は橋梁を乗り越えて再び下流への流出を可能とする。③一度、埋没したものとして判定された橋梁地点では、再侵食を受けず橋梁桁より河床高が低くはならない。水理実験では、前述のように流木集積箇所や橋梁の鉛直下方では侵食が進む様子も確認しているが、解析では流木集積区間を評価することでモデルが複雑になることを避けるため、上のように簡易な方法での表現を試みた。

### 2. 3 寺内ダム上流域への適用

作成したモデルを寺内ダム上流域へ適用した。計算河道は、黒川を主流路にとり、寺内ダム貯水池から黒川上流までの河道に対し、黒川合流点より上流の佐田川流域からの流量が横流入する簡易なモデル（図-2）とした。このような簡易モデルを用いたのは、前節で示した橋梁閉塞の表現の影響を把握しやすくするためである。また、同災害の発生直後に国土地理院により撮影された空中写真から、崩壊地の分布状況を確認したところ、同

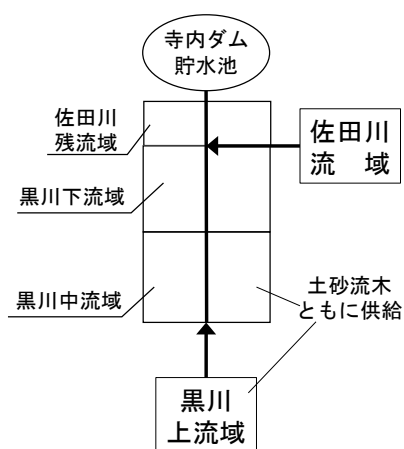


図-2 計算モデル図

災害において寺内ダム上流域で発生した土砂・流木の流出の大部分は、黒川流域によるものであったことから、黒川を検討対象の主河道とした。計算条件は、平成29年7月九州北部豪雨災害を参考に設定した。計算結果を図-3に示す。橋梁閉塞の考慮に用いた橋梁は、地理院撮影の空中写真から橋梁の上流側での流木集積と土砂堆積が生じ

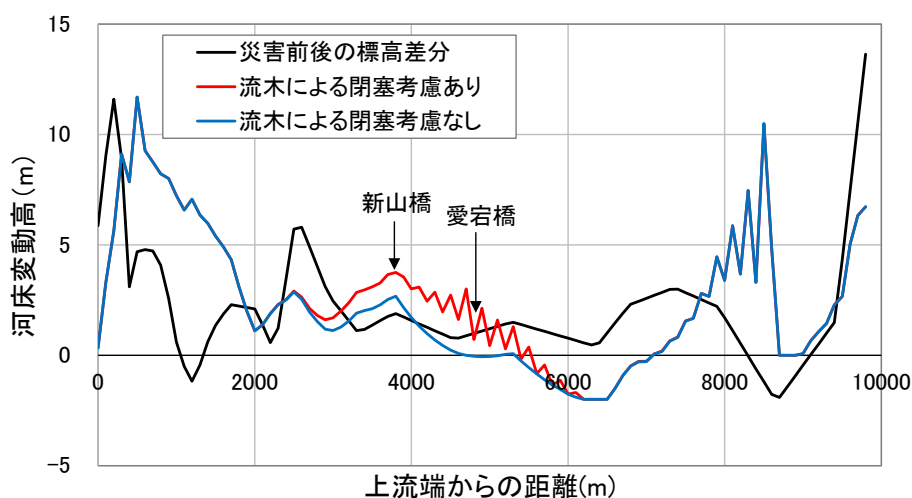


図-3 黒川における計算結果

ている橋を確認し、新山橋と愛宕橋の2本とした。図-3に示すように、閉塞を考慮した結果、それらの橋梁地点での土砂堆積が増加しており、その影響は橋梁の前後1kmほどにわたることが確認できた。一連の区間の河床上昇量が氾濫のリスクと評価される。また、閉塞を考慮した場合、新山橋で約9m<sup>3</sup>、下流側の愛宕橋で約20m<sup>3</sup>だけ流出流木量が減少しており、閉塞を考慮した捕捉量に相当する。この量については、より詳細なデータを用いた検証が必要と考えられる。

### 3. おわりに

本研究では、水理実験を実施し、橋梁地点で捕捉される流木の特性を検討するとともに、流木を伴った次元土石流流動モデルへ反映して寺内ダム上流域に適用し、土石流・流木災害リスクの検討を行った。水理実験では、橋桁の高さと水位がほぼ等しくなった場合に、水面付近を流れる流木が橋桁に衝突した後、乗り上げるように捕捉する事例が多い結果を得た。水位が橋桁の上面を超過する場合、流木が橋上を越流して下流へ流出する事例を確認した。特に、河床の上昇によりクリアランスが小さくなると、越流しやすい傾向にあった。水理実験の結果を踏まえ、橋梁地点での河床、水深および水面を流れる流木層厚を用いた判定条件に応じた、橋梁地点での流砂量、流木量補正を次元土石流流動モデルに組み込み、寺内ダム上流域へ適用した結果、橋梁地点での流木捕捉による河床上昇と閉塞橋梁上流側の土砂堆積の表現が可能となった。

水理実験では、枝がない状況を想定した実験を行ったが、枝がある場合は橋梁による流木捕捉がより発生しやすい危険側の条件となることが考えられる。今後、枝がある場合の捕捉条件を明らかにした上で、モデルの精度向上を図るとともに、流木を伴う土石流の発生場所とタイミングが異なるケースを検討することで、橋梁が閉塞するトラブルスポットの評価とダム貯水池への流木流出シナリオ評価へと展開することが重要と考えられる。

### 謝辞

本研究の遂行にあたり、研究を助成していただいた一般社団法人九州地方計画協会に深甚なる謝意を表します。また、元九州大学教授橋本晴行氏には、調査写真等の貴重な資料を提供頂くとともに、水路実験に際し多くのご助言を頂いた。ここに記して謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 松川知三・松浦旬：寺内ダムの操作について～平成29年7月九州北部豪雨対応～、平成30年度九州国土交通研究会、平成30年7月26日。
- 2) H. Nagano, H. Hashimoto and T. Miyoshi : One-dimensional model of landslide-induced debris flow with woody debris, Proceedings of the 35th IAHR World Congress, 2013.