

# 草本類および Woody Debris の橋脚への集積による流木災害の可能性

西垣司朗・伏見碩二(滋賀県立大学大学院・環境科学研究科)

## 1. はじめに

草本類や Woody Debris (以下 WD) は河川の流れの重要な要素で、出水時に下流へと運ばれる。出水時、多量に流出した草本類や WD (流木) が流路の狭い部分や障害物 (橋梁等) に集積し、一時的な流木ダムを形成すると、流木ダム上流の水位を上昇させるため洪水災害を発生させる可能性がある。従来行われてきた流木災害に関する調査・研究は流木を主なテーマとしており、草本類を考慮したものは見当たらない。そこで、本研究では草本類にも注目してフィールド調査と模型水路実験を行い、出水時に草本類と流木が橋脚に集積するメカニズムと流木災害が発生する可能性を明らかにすることを目的とした。

## 2. フィールド調査

滋賀県犬上川において、河口から約 1250 m 上流にある庄堺橋と河口から約 5100 m 上流にある無賃橋間を調査エリアとした。このエリアにおいて、今後 WD もしくは流木となる可能性のある立木 (河道内の堆積地に生育する樹木) のおおよその位置を記録し、樹種、樹高および胸高樹径を測定した。また、低水敷上にある WD のおおよその位置を記録し、長さおよび最大樹径を測定した。さらに、2006 年 7 月 19 日に犬上川で起こった出水前後における河道内の地形変化と草本類や立木、WD の挙動を観察した。

砂礫堆上に多くのツルヨシが分布していることから、草本類の発生源についてはおおよその見当がつく。また、出水前に調査対象とした立木は 96 本、WD は 8 本あり、そのうち 8 本の立木と 3 本の WD が 7 月の出水で流されていた。この出水で流れた立木の分布していた場所はほとんど段丘面付近の低水敷上であった。よって、出水によって段丘面が浸食されることで段丘面付近の立木が流木となり、下流へ運ばれることがわかった。特に、攻撃斜面側の段丘面や川幅減少による出水の水深増加や流速増加の影響を受ける段丘面で立木の顕著な流出が起こることもわかった。

## 3. 小規模水路実験

実際の出水時の水は濁りを生じているため草本や流木の橋脚集積現象を観察することは困難である。そこで草本模型や流木模型、橋脚模型を用いた小規模水路実験を行うことにした。

主水路の長さは 2 m、幅は 18.2 cm、深さは 9.0 cm であり、橋脚付近の両側面にはアクリル版を取り付けた。また、土砂は考慮せず固定床とした。

### 3.1 草本模型実験

草本模型には充分水を含ませた長さ 30 mm、幅約 2 mm の古紙配合率 30 %再生紙を用いた。水分を含ませた状態の草本模型の比重は  $0.936 \text{ g/cm}^3$ 、ツルヨシの比重は  $1.016 \text{ g/cm}^3$  であったので、両者の比重は 1 に近いことから、両資料は乱流条件下では水中を不規則に漂うものと考えられる。

まず、流量  $1.74 \text{ l/sec}$ ・水深 4.0 cm の条件で庄堺橋橋脚模型 (円柱直径 5 mm を縦に 3 つ並べたもの) を水路内に横並びで 2 本 (径間長 6.0 cm) 設置し、1 回につき約 500 本の草本模型を整流槽内に投入する実験を行った。すると、1 回目の投入で草本模型集積幅が急激に増加した。その後、投入回数を重ねていくごとに草本模型集積幅が徐々に増加していった。最終的に集積幅は約 32 mm 程度に収束する結果となった (図 1)。

次に、実際の出水では流量や水深が増加することを考慮し、流量  $0.91 \text{ l/sec}$ ・水深 2.7 cm の状態で円柱 5 mm 橋脚模

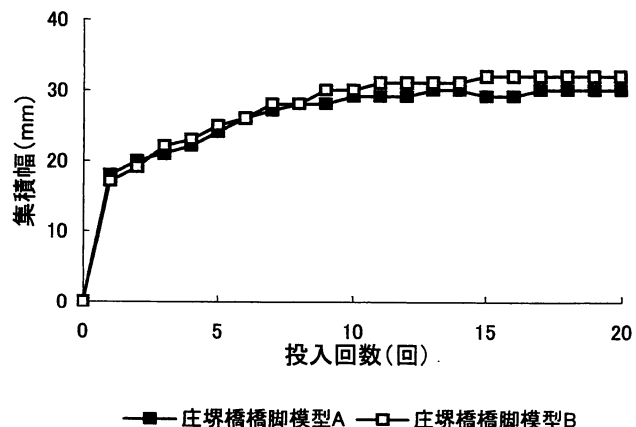


図1. 草本模型投入回数(1回につき約500本)と集積幅変化の実験結果

型に 30 mm 草本模型を十分に集積させた後、流量 1.74 l/sec・水深 4.0 cm の状態にする実験を行った。その結果、集積した草本模型に変化はみられなかった。よって橋脚に集積した草本類は堅固な結合状態で、流況が変化しても集積状態を維持すると考えられる。

### 3.2 流木模型実験

流木模型は長さ 7.0 cm、直径 0.5 cm の模型（以降 7.0-0.5 流木模型と記す）と長さ 4.0 cm、直径 0.3 cm の模型（以降 4.0-0.3 流木模型と記す）の 2 タイプ使用した。水分を含ませた状態において、流木模型の比重は 0.739 g/cm<sup>3</sup> であったので、乱流状態でも水面を浮遊することがわかる。

まず、流量 0.91 l/sec・水深 2.7 cm の状態で、径間長 6.0 cm の庄堺橋橋脚模型を水路内に設置し、4.0-0.3 流木模型と 7.0-0.5 流木模型をそれぞれ単独で 100 本流し、最終的に集積した流木模型の本数を数えた。その結果、4.0-0.3 流木模型は 0 本、7.0-0.5 流木模型は 9 本集積した。

次に、流量 1.74 l/sec・水深 4.0 cm の状態にし、4.0-0.3 流木模型を 5 本、7.0-0.5 流木模型を 1 本同時に整流槽へ投入し、これを 50 回繰り返す実験を行った。すると、最終的に 7.0-0.5 流木模型 1 本のみ集積する結果となった。

最後に、上に記した 7.0-0.5 流木模型が 9 本集積した実験の後、流量 1.74 l/sec、水深 4.0 cm の状態にする実験を行った。すると、集積していた流木模型は全て流れていった。

以上のことから、出水時に流木は橋脚へ集積しても不安定な状態で下流へ流れやすいと考えられる。

### 3.3 草本・流木混合実験

1 回に投入する模型は 20 mm 草本模型約 500 本、4.0-0.3 流木模型 15 本、7.0-0.5 流木模型 3 本である。

まず、流量 0.91 l/sec・水深 2.7 cm の状態で、庄堺橋橋脚模型（径間長 6.0 cm）を設置した。そして、草本・流木模型ができるだけ分散するように整流槽へ投入した。この作業を 30 回繰り返すを行い、終了時に草本模型の本数も数えた。さらに、せき上げ量を測定した。その結果、最終的に 4.0-0.3 流木模型は 17 本、7.0-0.5 流木模型は 5 本集積し（図 2）、草本模型は 1006 本集積していた。そして、せき上げ量は 1.3 cm であった。ここで、D'Aubuisson の公式を用いてこの実験におけるせき上げ量を理論的に算出したところ、

0.2 cm という値を得た。よって、実河川において流木ダムが形成されると理論値以上のせき上げが起こる可能性があると考えられる。

次に、上記の終了後に流量 1.74 l/sec・水深 4.0 cm の状態にした。すると 4.0-0.3 流木模型 7 本、20 mm 草本模型約 3 本が下流に流れたが、7.0-0.5 流木模型は 1 本も流れなかった。このことから、草本模型と流木模型が混合して橋脚模型に集積すると安定した状態になることがいえる。

## 4. 結論

本研究における滋賀県犬上川のフィールド調査と小規模水路実験によって次のことがわかった。

- A) 低水敷上のツルヨシや立木は・WD は出水時に下流へ流れる。
- B) 草本類は橋脚に堅固に集積するが、集積幅はある一定のところ収束する。
- C) 流木のみが橋脚に集積しても不安定で流れやすい。
- D) 草本類があることで、流木は橋脚へ強固に集積する。

以上のことから、橋脚への流木集積現象とそれによる流木災害の発生に関して、草本類が重要な働きをしていることがいえる。また、実際の河川で流れてくる流木や草本類は、枝や根によって複雑な構造であると推測できる。このため、今回の水路実験によって得られた結果以上の集積現象が、実河川で起こることは十分にありうると考えられる。

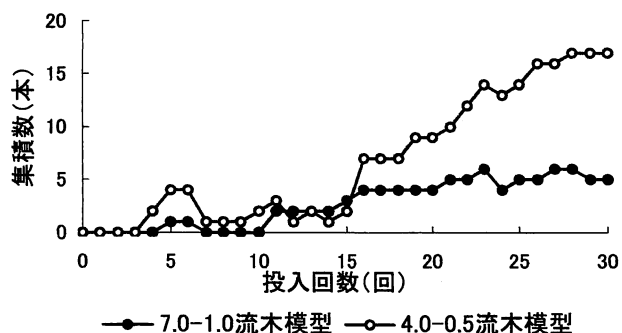


図2. 流木模型(2タイプ)と草本模型の混合流下実験の結果2