

流木による橋梁の閉塞防止技術に関する基礎的研究

九州大学工学部 学生員 福澤賢作
九州大学大学院工学研究院 正会員 藤田和夫

九州大学大学院工学研究院 正会員 押川英夫
九州大学大学院工学研究院 フェロー 小松利光

1. 研究背景と目的

近年の降雨の特徴として、小領域に集中して大きな降水を記録することが挙げられる。このことは山地斜面の崩壊につながり、大量の流木が河川に流入する。一方、現状での河川計画は、流木の発生ならびにその挙動の多くが未だ不明であることから、流木を殆ど考慮せずに立てられている。このことは、近年の雨の降り方の変化による流木の大量発生により、従来の河川計画そのものが成り立たない状況に陥っていることを意味している。即ち、本来十分流せる程度の洪水でも流木による橋梁部の閉塞により氾濫して橋台部や堤防が破壊され、これが大災害につながる危険を常に孕んでいることとなる。このような背景から、防災上流木に関する研究と対策が喫緊の重要課題となっている。

著者らは図-1に示すような非対称構造物を取り付けた回転式のキャタピラを橋脚に巻きつけることで、洪水時における橋脚への流木の集積を回避する手法を提案している。キャタピラの回転はロビンソン風速計と同じ原理に基づくものであり、本技術は洪水時の莫大な流水エネルギーを利用して橋脚に集積しようとする流木の流下を促進させるものである。本報告は、この手法の効果を簡便に評価することを試みたものである。即ち、回転式キャタピラを実際に用いるのではなく、非対称構造物を取り付けた回転式の円柱で橋脚を模擬し、通常の円柱等と比較することで橋脚に回転体が設置される効果を検証した。

2. 実験装置および方法

実験装置の概略を図-2に示す。実験に用いた水路は長さ560cm、幅50cm、深さ57cmで、水路の中心部に高さ12cmの橋脚と厚さ1cmの橋桁が設置されている。橋脚には通常の円柱(直径 $D=5\text{cm}$)と、それに半径1cmの円柱を4等分した1/4円柱を等間隔に5個設置した突起付きの円柱(以後、回転体と呼ぶ)の2つが用いられた。尚、流下を阻害することになる突起を設置する影響を把握するために、回転体については強制的に回転を抑えた場合と自由に回転する場合について実験を行っている。

水深は堰により橋桁の高さと同じ $h=12\text{cm}$ 程度に固定されており、流量 Q に関しては10, 15, 20, 25 l/sの4通りとした。実験条件を表-1に示す。但し、 U は断面平均流速、回転体の角速度 ω は流木を用いない流水中で測定された値である。

流木模型には直径8mmの円柱木材を用い、長さを3

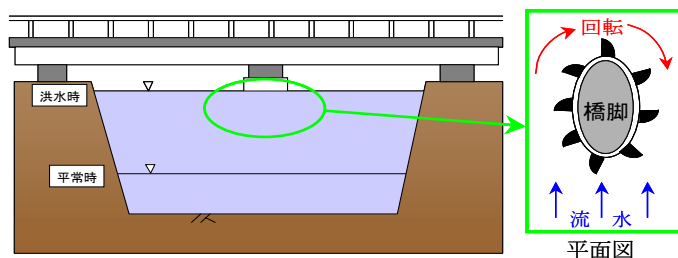


図-1 回転キャタピラ式流木トラップ防止装置

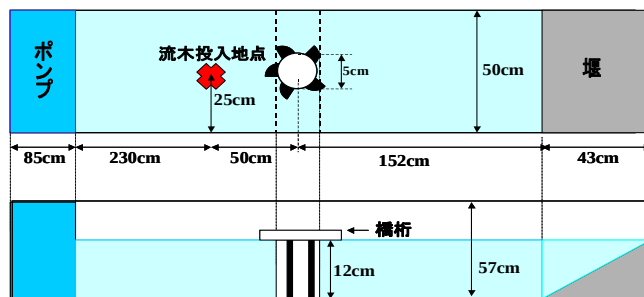


図-2 実験装置の概略

表-1 実験条件

Case No.	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
流量 $Q(\text{l/s})$	10	15	20	25
水深 $h(\text{cm})$	12.1	12.2	12.0	11.9
流速 $U(\text{m/s})$	17	25	34	42
角速度 (rad/s)	1.6	3.5	4.7	5.9



写真-1 実験に用いた流木模型($L=13.5\text{cm}$)

種類($L=13.5, 18.0, 27.0\text{cm}$)とした。また、プラスチック製の枝(HAGEN JAPAN製、グロッソスティグマ L)を取り付けた同じ木材を用いて、枝等の有無による違いを検討した。実験に用いた流木模型の例を写真-1に示す。流木の投入方法については、横断方向には中央、流下方向には橋脚の上流側50cmの位置の水表面上に流れに直交する向きに1本の流木を静かに配置した。流木が捕捉されたかどうかの判定は、流木が橋脚に衝突した後、10秒以上に渡って接触していたものを捕捉されたものと見なした。流木が捕捉された場合には、それを除去してから時間をおいて次の流木を流し、同一条件について50回の実験を繰り返した。

3. 実験結果及び考察

橋脚による流木の捕捉に影響を及ぼす主要なスケールとして、円柱の直径、水路幅、水深、流木長が考えられるが、流木が捕捉されるまでに水路床や水路側壁に接触するケースは見られなかったため、今回の実験条件では流木の捕捉には直径と流木長が主に関係しているものと考えられる。

始めに、構造物が回転することによる基本的な流木の流下の促進効果を検討した。本研究における回転体の効果の評価には、各50回の試行において（静止した）円柱に流木が捕捉された回数に対する回転体を用いた場合の捕捉回数の割合（ $\equiv R$ ）を用いた。枝がある場合について、断面平均流速を横軸とした結果の例を図-3に示す。ここでは、橋脚に突起物（1/4円柱）が取り付けられた効果も検討するため、静止円柱の捕捉回数に対する回転体が静止している場合の捕捉回数の割合（ $\equiv R_s$ ）を併記している。これより、流速が速くなるに伴って突起を取り付けた効果が大きくなることが分かる。本実験で用いた突起が橋脚の直径の2割と比較的大きいこともあり、流速が最大の場合においては $R_s=2$ 程度にまで増加しており、突起が流木捕捉を助長する効果は比較的大きいことが分かる。しかしながら、回転を生じさせると U が25cm/s以上において R がほぼ0.2以下と非常に小さくなっており、回転体の効果が著しいことが分かる。 U が最小の場合における R と R_s はともにほぼ1となっているが、これは流速が小さすぎることによる。このときの各試行では、突起の有無等にかかわらず大部分が捕捉（6～8割）されていた。ちなみに回転体を用いた際にも流木が捕捉された試行では全ての場合で回転は止まっていた。

次に回転体の流木捕捉の抑制効果に及ぼす流木長と流速の影響を検討した。横軸に円柱直径で無次元化された流木長、縦軸に R 、パラメータを流量とした例を図-4に示す。これより流量（流速）が最大の場合を除くと、流木長の増加に伴って流木捕捉の抑制効果は小さくなるが、 $L/D=3.5$ 程度を超えるとその効果はほぼ一定となることが分かる。これは前述のように、本実験の条件では流木の捕捉が流木長と円柱の大きさで規定されていることによる。また流速の増加に伴って捕捉の抑制効果が大きくなることが分かるが、流速最大の場合では R が全て0となっており、流木長に因らず全ての条件で流木を流下させていることが分かる。

最後に枝の有無による回転体の流木捕捉の抑制効果の差異について検討した。横軸に U 、縦軸に R 、パラメータを枝の有無と流木長とした例を図-5に示す。これより若干ではあるが、枝がある場合の方が捕捉の抑制効果は小さいことがわかる。これは流木に枝があると突起へのひっかかりが助長されることによるものと考えられる。因みに流速の変化に伴う捕捉の抑制効果

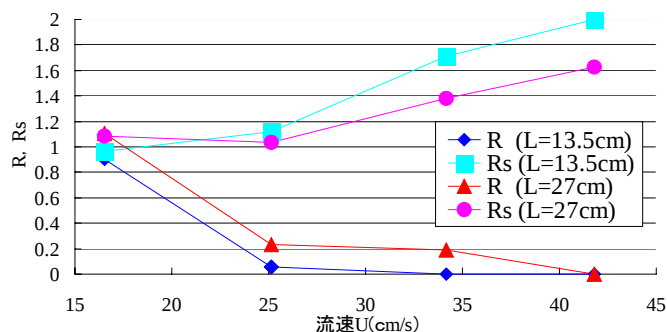


図-3 回転体および突起部の効果（枝付き）

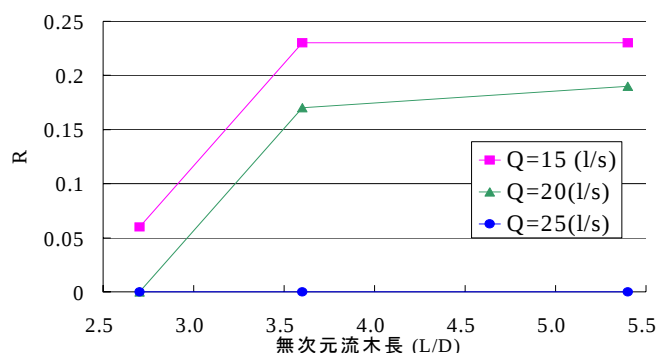


図-4 流木捕捉抑制効果に及ぼす流木長の影響（枝付き）

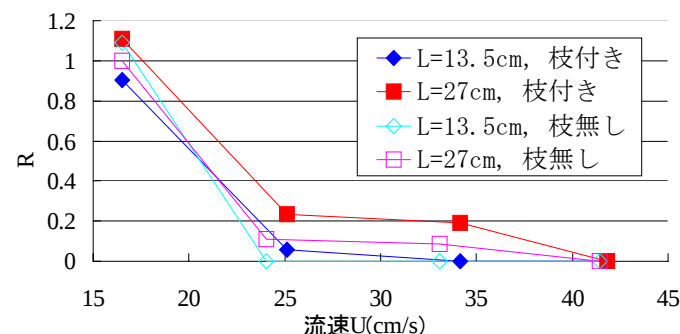


図-5 流木捕捉抑制効果に及ぼす枝の有無の影響

の変化は、枝の有無に因っては殆ど変わっていない。

4. 結論

流木の橋梁へのひっかかりを防止する技術の開発のための基礎研究として、橋脚を意図した構造物が回転することによる流木の流下の促進効果（捕捉の抑制効果）を検討した。得られた知見をまとめると以下の通りである。

- (1) 構造物の回転による流木の流下の促進効果は非常に大きい。従って、回転キャタピラ式の流木流下促進装置の有効性が期待できる。
- (2) 流速が大きくなるに伴って、回転体の流木流下促進効果は大きくなる。
- (3) 流木長の増加に伴って流木流下の促進効果は小さくなるものの、橋脚の大きさの3.5倍以上になるとその効果はほぼ一定となる。
- (4) 流木に枝があると、回転体の流木流下の促進効果は僅かではあるが小さくなる。