

流木の流下と集積に関する研究

A Study on Characteristics of Drift Wood during Floods

奥澤 豊*

Yutaka OKUSAWA

1. 背景と目的

現在、河川に橋を設置する場合、その構造は政令である「河川管理施設等構造令」（以下、構造令と略す。）の規定を最低限満足するようになっている。構造令は、昭和 51 年に制定されたものであり、堤防やダム等の河川管理施設の他、橋や堰等の主要な許可工作物の構造について河川管理上必要とされる一般的技術基準を定めたものである。橋については、過去の災害や当時の社会・経済状況、河川改修状況及び架橋技術等を考慮し、構造の基本となる径間長や橋脚等について規定がなされている。本研究は橋の径間長の決定要因の一つである流木に着目し、流木の流下過程と集積過程に関する検討を行い、現時点の橋の径間長に関する考察を行ったものである。

2. 流木の流下過程

平成 9 年度に建設省土木研究所と共同で流木に関する水理模型実験を行った。¹⁾ここではそのうち、実河道模型を用いた流木の流下形態に関する実験結果や、筑後川において平成 5 年 6 月の出水時に観測された流木の流下過程について報告する。

2. 1 流木流下形態に関する水理模型実験

福岡等の研究²⁾によれば流木の集積は河道の平面形状や風向に影響するといわれている。

ここでは、実河道模型を用いて河道の平面形状、河道流況による流木の分散・集中状況、湾曲による流速の偏りが流木の流下形態に及ぼす影響等について把握することを目的に実験を行った。

2. 1. 1 実験施設

実験は、建設省土木研究所屋外に設置されている実河道模型を用いて河道内の流木の流下状況について実施した。図-1、表-1に施設の概要を示す。

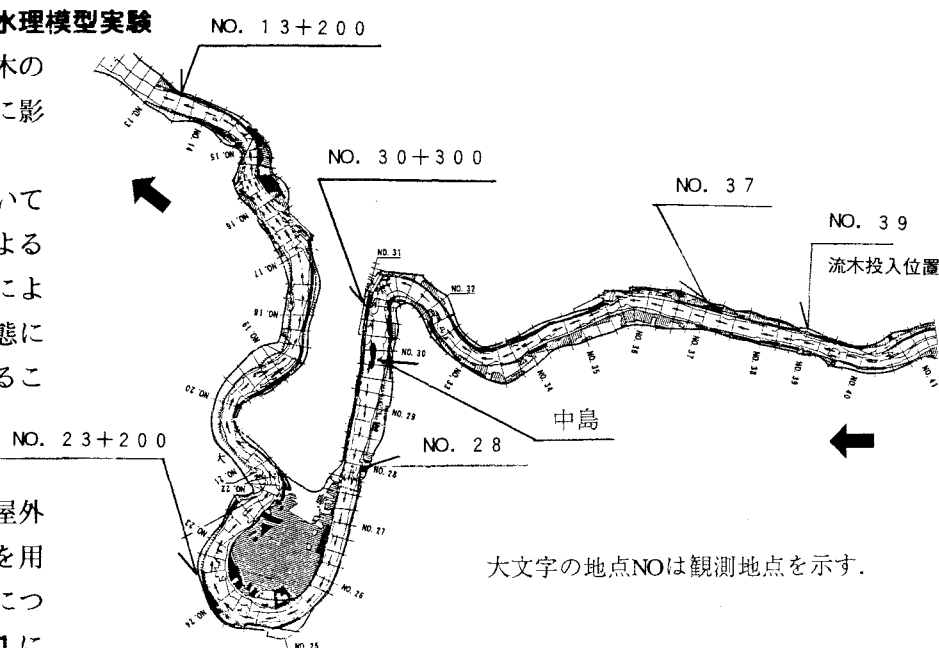


図-1 実河道模型平面図

キーワード：河川管理施設等構造令、橋の径間長、流木の流下過程と集積機構、流木災害

* (財) 国土開発技術研究センター調査第1部 主任研究員 (〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-8-10)

2. 1. 2 実験方法

表－1 実河道模型の概要

上流部の直線区間（NO.39）において投入した流木の流下状況を代表的な 5 地点（NO.37,NO.30+300,NO.28,NO.23+200,NO.13+200）で目視及びビデオ撮影し、流木の流下横断分布特性を求めるうえで便宜上横断面をゲートにより 5 分割した。	模 型 縮 尺	1/60	河 道 延 長	190m
	河 道 幅	1.2m ～ 2.5m	河 床 勾 配	1/700 ～ 1/2,000
	水 深	15cm ～ 25cm	流 速	35cm/s ～ 80cm/s
	フルード数	0.4 ～ 0.7		

2. 1. 3 実験条件・実験ケース

実験条件としては、流木の長さ・流木本数密度（投入時）をパラメータとし変化させた。但し、河道断面での通過本数を確実に計測するための最大投入総本数は 100 本が限界であった。投入時流木本数密度は、流木投入地点（NO.39）を中心に、上下流 25cm の範囲に投入する流木本数を変化させ、密度を変化させた。

2. 1. 4 実験結果

流下時間・流下位置の分布図を図－2 に示す。これより流木の流下形態について以下のことがいえる。

- ①横断方向に一樣に投入した比重の軽い流木（比重 0.7）は、流下するに従い流れの主流部に集中し流下するようになる。流れの主流部の集中化を生じさせる主要因が湾曲流れによることから、湾曲部流下後に流木の集中化は著しくなっている。（NO.30+300,NO.23+200 の外岸側）また、流木の集中化に伴い全く流木の流下しない部分が断面内に生じている。（NO.23+200 の内岸側）
- ② NO.28 は湾曲後の直線区間に位置している。直線区間の河道中央部にある中島の影響もあり水面勾配が緩勾配となっている区間である。上流の湾曲により右岸に集中した流木は流れの減速とともに拡散する傾向を示す。
- ③ 10cm と 20cm の 2 種類の流木を流下させたケースを比較すると流木長により流下位置が異なる状況は計測されなかった。（図－2 のケース 1-1 と 1-2 の比較）
- ④流木投入密度を変化させた結果からは流木密度により流下位置が異なる状況は計測されなかった。（図－2 のケース 1-1,2-1,2-2,2-3 の比較）
- ⑤対象断面直上流の湾曲度と流木のゲート最大通過率（最も多く流木の通過したゲートの通過率）、分散率（ゲートの内通過したゲートの割合）には明確な相関は見られなかった。これは対象地点直上流湾曲部に流入する流木がその上流区間の河道の影響により流下位置が、偏って流下している事が原因であると判断され、流下位置は対象地点上流の河道形状が影響すると判断される。
- ⑥通過位置別流下時間分布を見ると、上流区間ではほぼ同時に横断的に広く分布していた流木は、流下するに従い湾曲外岸側を集中して流下するようになる。NO.28 上流部の拡散域を通過した後再び湾曲による影響を受け外岸側に集中して流下するようになるが、その流下過程で流木は集团的流下ではなく縦断的に広く分布し流下するようになる。

2. 2 災害事例に見る流木の流下過程

平成 5 年 6 月 18 日～19 日にかけて九州中・北部を中心とした梅雨前線の活動に伴い、筑後川他 7 河川が警戒水位を超える出水に見舞われた。この出水により平成 3 年台風 17,19 号により発生した風倒木災害の地域を多く抱える大分県、熊本県、福岡県において山腹崩壊や崖崩れが多発し、風倒木や立木が土砂とともに河川に流入し、各地で河川内の流木が観測された。

特に筑後川の松原、下笠ダムの流域は時間雨量 70mm というまれにみる集中豪雨があり、過去最大量の流木が貯水池内に流入した。図－3 は下笠ダムから筑後大堰までの河川縦断方向にみた流木の流下、貯留等の状況を示したものである。ダムでは事前に二重網場を設置する等の風倒木対策を講じていたこともあるが、ダム貯水池内には松原ダムで 18,000 m³、下笠ダムで 59,000 m³ の流木が貯留した。これは全体の 98 %（全流木に占める貯水池（ダム）内貯留分）の流木がダムによりカットされたものと推測される。

これより、上流ダムの設置により流木のほとんどはダムにより捕捉され下流部へ流下しないと考えられる。

凡 例	
$\triangle$	観測地点 NO.37
$\bullet$	NO.30+300
$\square$	NO.28
$\blacktriangle$	NO.23+200
$\blacksquare$	NO.13+200

※グラフ内で上下に線で結ばれているのは、
通過時間帯の最大値と最小値を示している。

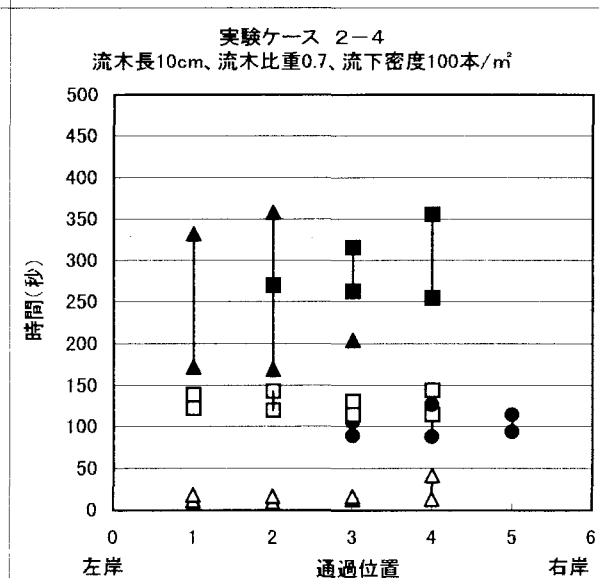
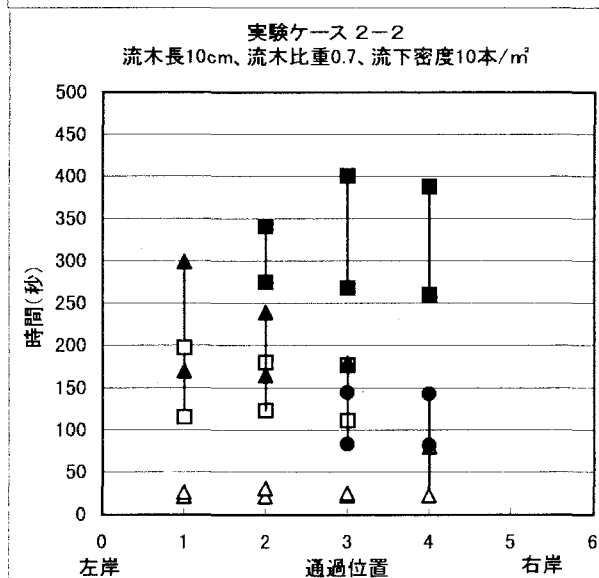
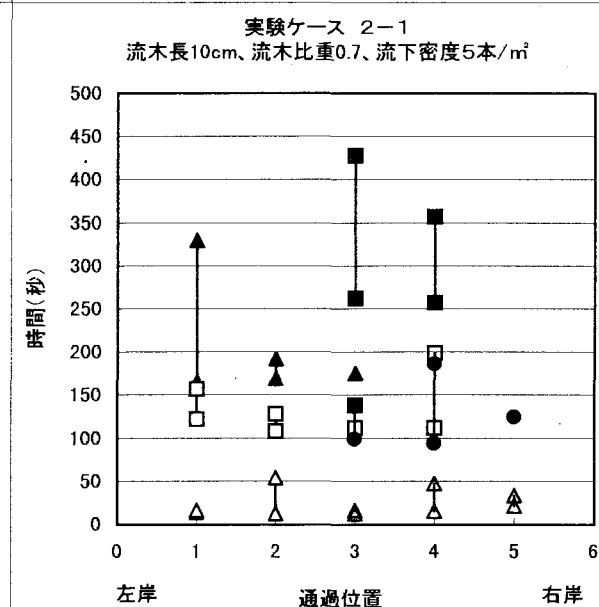
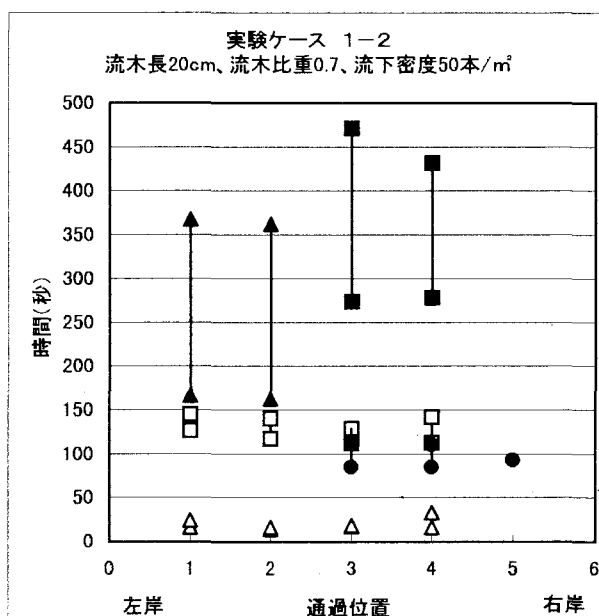
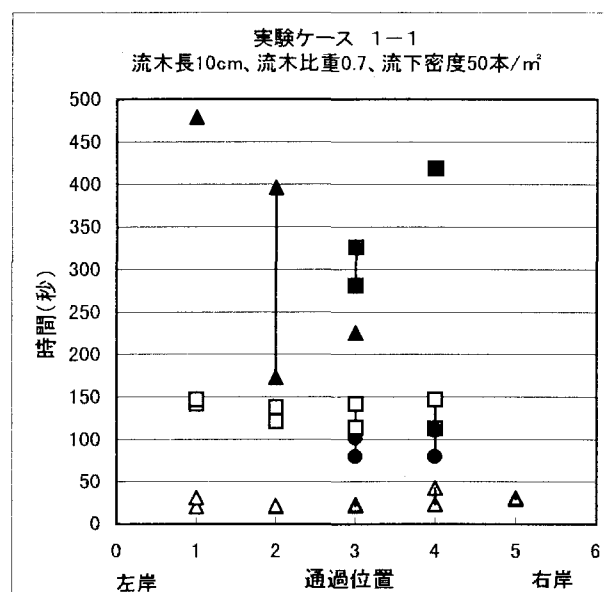


図-2 流木流下位置に関する実験結果

有明海	筑後大堰	久留米大橋	神代橋	恵蘇宿橋	夜明ダム	島内堰	松原ダム	下釜ダム	
河道内流下分:	← 2,893本 (454m ³)		← 1,430本 (225m ³)		← 1,978本 (312m ³)				991m ³ (1%)
河道内残留分:	214本 (35m ³)	94本 (8m ³)	680本 (107m ³)		1,000本 (157m ³)	109本 (17m ³)			324m ³
貯水池内貯留分:							18,000m ³	59,000m ³	77,000m ³ (98%)
									合計 78,315m ³

3. 流木の集積過程

3. 1 昭和28年当時の集団流下の状態と閉塞しない径間長の関係

③多量の流木を堰止めた 30 k 付近の宮の陣橋より下流では、径間長が概ね 30 m 以上あれば流木が集積していない（第-7, 10）と考えられること。

・記号の塗りつぶしは被災径間を示す ・主な被災原因は流木(流木以外は第-20.32.41.43)

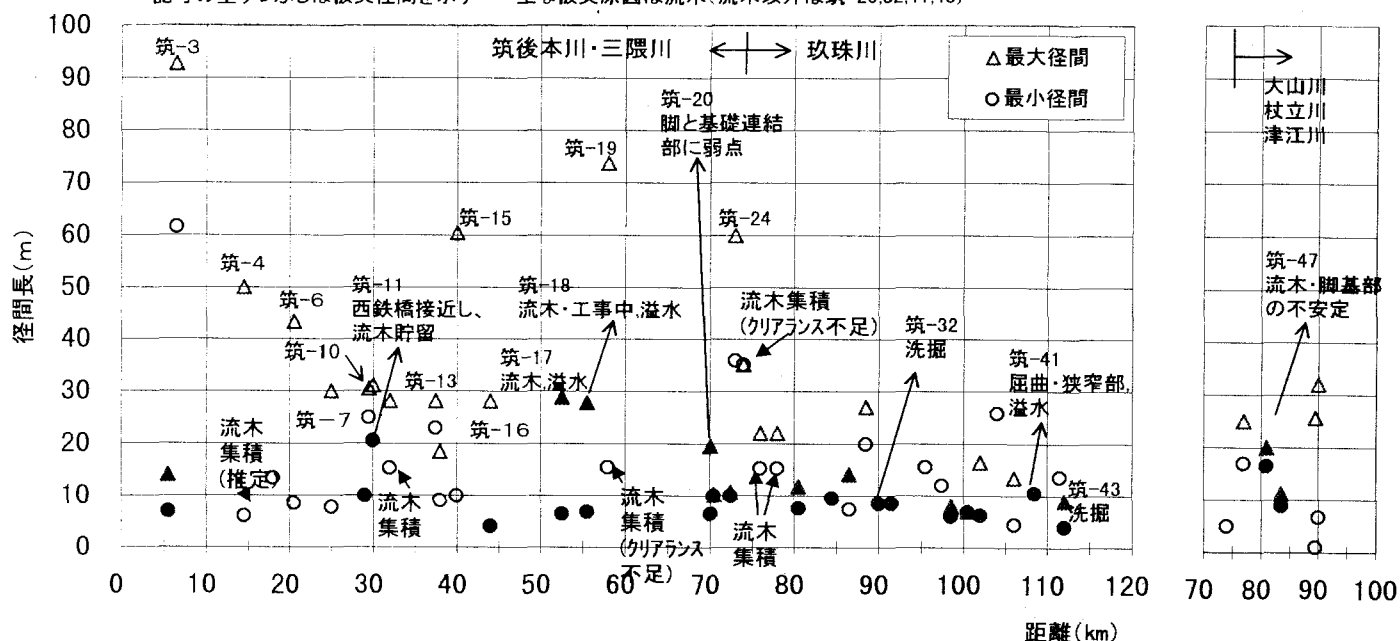


図-4 橋梁の径間長別の流木集積及び被災の有無（筑後川）

5. 1 流木の集積形態に関する水理模型実験

橋脚の径間長を規定している一要因である流木の集積機構に関し、橋の径間長、橋桁余裕高と流下する流木の密度、流木長等との関係について水理模型実験を行った。¹⁾以下に流木集団流下実験について報告する。

5. 1. 1 実験施設

建設省土木研究所の水理共同実験棟の拡散実験水路を用いて河道内の橋脚部における流木の集積状況について実験を行った。

5. 1. 2 実験方法

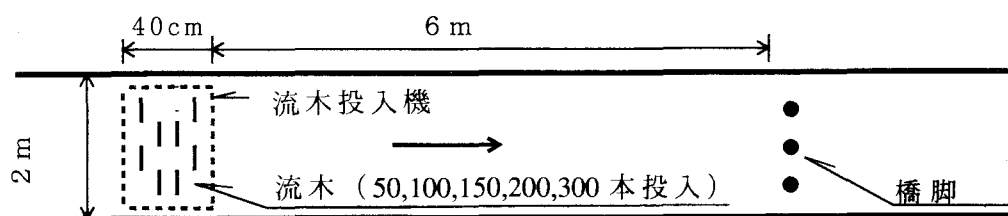
実験は、図-5に示すとおり設置した橋脚の上流6mの地点から流木を投入し、橋脚に接触した流木について、流下形態を以下の2形態に分類して、集積した流木の本数をカウントする方法で集積率（集積本数／総投入本数）について計測した。

◆流木の集積形態の分類

①集積した・・・流木が橋脚に衝突した後、20秒間集積していた流木

②集積しない・・・流木が橋脚に衝突した後、20秒以内に流下した流木

また、水路幅に設置した流木投入機に流木を均一に敷き並べ、投入機を水路に水没させることで流下密度の管理を行った。



模型縮尺 1/50

図-5 実験水路平面図

5. 1. 3 実験条件・実験ケース

表-2に示すように河床勾配、水深、橋脚本数、橋桁条件（桁の有無、余裕高）、流木形状、流木タイプ、流木本数をパラメータとし変化させて実験を行った。

橋脚模型については小判型を採用した。また、橋脚幅の影響を把握する時の条件を統一するため、橋脚による阻害率を構造令で示される基準値の上限である5%として設定した。

表-2 実験ケース

河床勾配	1/100, 1/300, 1/450	流木長	30cm, 40cm
水深	15cm, 22cm, 24cm	流木比重	0.7, 1.0
橋脚本数	1本, 2本, 3本, 4本, 5本	流木本数	50本, 100本, 150本, 200本, 300本
桁下余裕高	0cm, 2cm, 4cm, 6cm, ∞(桁無し)		

5. 1. 4 実験結果

集団流木時の流木の挙動を調べる上で最も適切な条件を、多くのパラメーターから絞り込み、河床勾配：1/300、水深：22cm、流木長：40cm、流木比重：0.7の条件を中心として、流木長（L）、径間比（ r ＝流木長／径間長）、桁下余裕高（h）をパラメータとして整理を行った。

結果の中から、径間比と集積率の関係を、米元の実験結果³⁾と併せて図-6に示す。流木長に対して径間長が長くなると（径間比が小さくなると）、橋に掛かる流木の集積率は小さくなる傾向を示す。桁下余裕高が確保されていれば、径間比が0.4以下では集積率が極端に小さくなる。今回の実験では5%以下の集積率と

流木長／径間長と集積率の関係図(今回の実験結果、米元論文比較)
 桁下に余裕がある場合(今回の実験:h=4cm以上、米元論文:h=3.4cm)

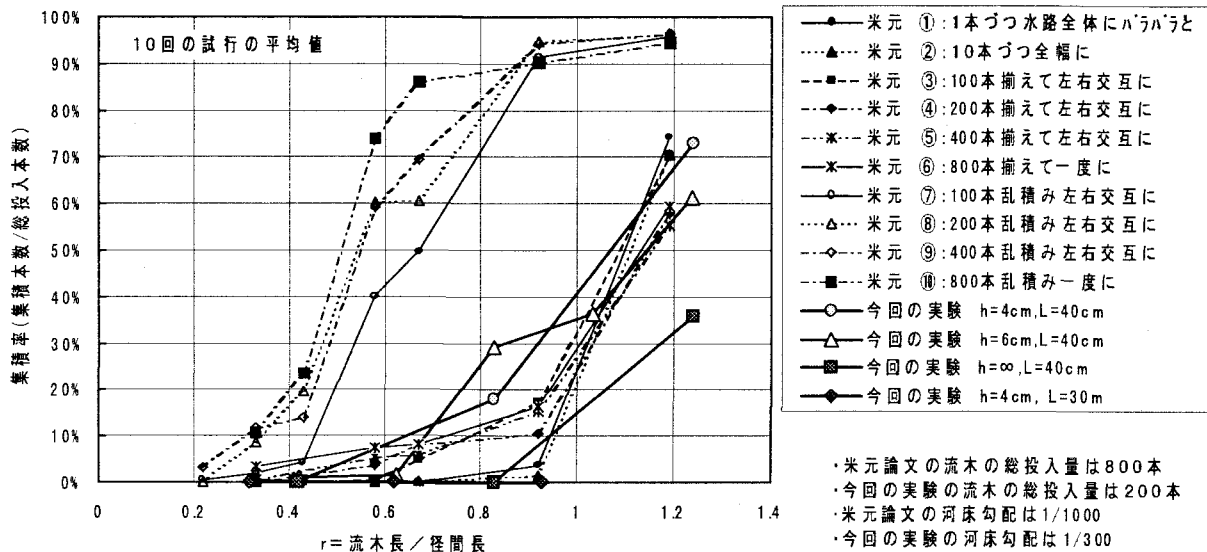


図-6 集積率と径間比(流木長/径間長)の関係(平均値)

なり径間長の影響はほとんど見られなくなる。また、桁下余裕高が十分に確保されている橋脚 ($h = \infty$, $L = 40\text{cm}$) については集積率に径間比が影響を及ぼすのは0.8程度からという結果が得られた。

6. 流木と橋の径間長に関する考察

流木と橋の径間長についての考察を以下に示す。

- ①流木の流下形態については、実河道模型による実験から比重の軽い(0.7)流木の流下位置は、湾曲部の外岸側等の流れの主流部に集中して流下することがわかった。これより、その河川に発生する可能性が高いと考えられる種類(比重等)の流木を定量的に予測することで湾曲部に架かる橋の外岸側と内岸側の径間長に差異を設けることにより、経済的かつ自由度の高い設計が可能になると考えられる。
- ②筑後川の事例より上流部にダムが存在する場合は、そこで大部分の流木が補足されることがわかった。これより、このような河川についてはダムの下流での流木の集団流下が発生する可能性が低いため、径間長の緩和が可能であると考えられる。
- ③流木の集団流下実験から、径間比の増大とともに集積率が急激に増加する傾向にあり、その時の径間比は0.4～0.8の範囲にある。これは、径間比が0.4以下であれば橋での流木の集積率が極端に小さくなり、最大流木長を20mと仮定した場合、50m ($20\text{m}/0.4 = 50\text{m}$) 程度の径間長が確保されていれば、径間閉塞を起こす可能性が低いことを示している。

謝辞

本研究を遂行するにあたり多大なご支援とご協力を頂いた建設省土木研究所河川研究室室長・藤田光一氏、同主任研究員・坂野章氏、また資料提供いただいた建設省九州地方建設局の方々に深甚なる敬意を表します。

参考文献

- 1) 望月達也, 松尾和巳: 橋梁の流木災害に見られる特徴, 土木技術資料 第39巻, 第5号, pp.6-7, 1997.5
- 2) 福岡捷二, 新井田浩: 流木類の流下・堆積とそれらの河道設計への利用, 土木学会論文集 NO. 479, pp.51-60, 1993.11
- 3) 米元卓介: 洪水時に流木が橋梁及び堤防に及ぼす影響と対策, 早稲田大学理工学部研究所 17 輯, 1961.7