

掃流区間における流木捕捉工のモデル実験

砂防鋼構造物研究会
防衛大学校
京都大学大学院

大隅 久, 石川信隆
香月 智, 渋谷 一
水山高久

1 緒言

流木捕捉工の設計においては、捕捉工の純間隔 (W) と最大流木長 (l_{max}) の比 (W/l_{max}) が $1/2$ 以下となるよう設計することが指針¹⁾により定められている。流木捕捉に関する研究も数多く行われてきた²⁾が、掃流区間においてはあまり見当たらず、 $W/l_{max} = 1/2$ 条件と捕捉性能との関係は未解明なままである。また流木が捕捉された事例においても、最大流木長と平均流木長に差があることも報告³⁾されているが、現行設計では考慮されていない。

そこで本研究では、掃流区間における流木捕捉工の捕捉性能を検証するため、水路実験により捕捉工の純間隔と流木長との関係について実験的に検討をしたものである。

2 実験概要

本実験は、フルード相似則にして $1:50$ 縮尺に相当するものである。

2.1 実験水路

水路は、防衛大学校所有の長さ 4.35m 、幅 0.3m 、高さ 0.5m であり、底面はステンレス製、側面はガラス製で、側面からの観察が可能となっている。実験は、水路勾配 3° 、流量 $2.7\ell/\text{s}$ である。

2.2 流木模型

流木は、直径 d を 3mm と 6mm の 2 種類、最大長さ l_{max} を 6cm 、 12cm 、 18cm の 3 種類、計 6 種類を作成した。

2.3 流木捕捉工模型

流木捕捉工は、直径 10mm の円柱形の木材を垂直に立てたものであり、高さ H は一定 (40mm) とし、その間隔 W は $1.2 \sim 13.5\text{cm}$ を表-1 に示すパラメータに合わせて図-1 のように設置した。

2.4 実験ケース

表-1 に示す 48 ケースの実験を行った。シリーズ I は、最大流木長および流木径が捕捉工の間隔によってどのように捕捉率に影響を与えるかを調べるもので、同じ流木長の 100 本を 5 秒間で水路に偏在しないように投入流下させた。シリーズ II は、最大流木長を一定にして平均流木長を変化させた時の捕捉率に与える影響を調べるもので、流木長を混在させてシリーズ I と同様な方法で流下させた。

2.5 流木捕捉率の算定要領

実験ごとに、流木捕捉工が流木を捕捉した本数および流木捕捉工を通過した本数を計測した。この本数を基に、次式により流木捕捉率 P_c を算定した。

$$P_c = \frac{n_c}{n_c + n_p}$$

ここで、 P_c : 捕捉率、 n_c : 流木捕捉工が捕捉した流木本数、
 n_p : 流木捕捉工を通過した流木本数。

3 実験結果および考察

3.1 流木の捕捉状況

写真-1 には、現行基準の $W/l_{max}=1/2$ とした時、(a) シリーズ I の最大流木長のみ 100 本を流下させた場合と、(b) シリーズ II の短いものを混ぜて平均流木長を最大流木長の $2/3$ とした場合の捕捉状態を比較して示している。写真-1 (b) より、短いものを混ぜた場合、捕捉間隔が同じであっても捕捉流木数が減少していることがわかる。また、この景況から捕捉メカニズムにおいて、流木が 2 本の捕捉工に跨ることもわかる。

表-1 実験条件

シリーズ	W/l_{max}	最大流木長 l_{max} (cm)	平均流木長 l_{mean} (cm)	流木径 d (mm)	全ケース数	
I	1/5	18	最大流木長と同じ	6	24	
	1/3	12		3		
	1/2	6		3		
	3/4	6		3		
II	1/5	18	12	6	24	
	1/3		10			3
	1/2		8			3
	3/4		8			3

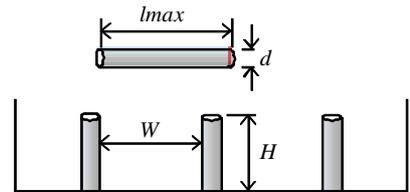


図-1 捕捉工の間隔と最大流木長



(a) $W/l_{max}=1/2$, $l_{max}=18\text{cm}$, $l_{mean}=18\text{cm}$



(b) $W/l_{max}=1/2$, $l_{max}=18\text{cm}$, $l_{mean}=12\text{cm}$

写真-1 捕捉状況

3.2 流木捕捉率 (P_c) ~ 捕捉工の間隔比 (W/l_{max}) 関係

図-2 にシリーズ (a) ~ (d) における流木捕捉率 ~ W/l_{max} 関係を示す。図-2(a), (b) は、全流木長を同一 ($l_{max} = l_{mean}$) とする条件下で流木径を変化させた場合の結果を示している。なお、1 つのマークは同一ケース 3 回の実験の平均値を示している。

- (1) 純間隔の影響：まず全般的に同じ流木長に対して W/l_{max} を大きくすると概ね線形的に捕捉率が低下することがわかる。
- (2) 流木長の影響：流木長が短くなると捕捉率は低下することが認められ、その傾向は間隔が広くなるほど顕著である。
- (3) 流木径の影響：流木径 3mm と 6mm の場合を比べると、流木径の大きい 6mm の方が捕捉率は高いことがわかる。特に、図-2(a) の流木径 3mm で $W/l_{max}=1/2$ の場合、 $l_{max}=12, 18\text{cm}$ では捕捉率 P_c 60% であるのに対し、 $l_{max}=6\text{cm}$ では捕捉率 $P_c=17\%$ となり、流木長が短く流木径が小さいと捕捉率が低下しており、捕捉率が W/l_{max} によってのみ支配されていないことがわかる。
- (4) 平均流木長の影響：図-2(c), (d) は、最大流木長を 18cm と固定したうえで、平均流木長を変化させた場合の結果を示している。この場合も W/l_{max} の増加に伴って線形的に捕捉率が減少するが、特に平均流木長が小さい場合の捕捉率は低く、さらに流木径 3mm の方が 6mm に比べ捕捉率が低い。ここで注目すべき点は、図-2(b) の $W/l_{max}=1/2$ の捕捉率と図-2(d) の $W/l_{max}=1/5$ の捕捉率がほぼ一致していることである。これは、流木長が混在している場合は $W/l_{max}=1/5$ にすると捕捉効果が流木長一定の場合の $W/l_{max}=1/2$ とほぼ等しいことを意味している。

3.3 流木捕捉メカニズムに関する考察

実験から観察された流木が捕捉されるメカニズムとして、まず「捕捉のきっかけ」ができ、そのきっかけを基に後続の流木が捕捉されやすくなる過程が確認できた。すなわち、「捕捉のきっかけ」には以下の 2 種類があると考えられる。

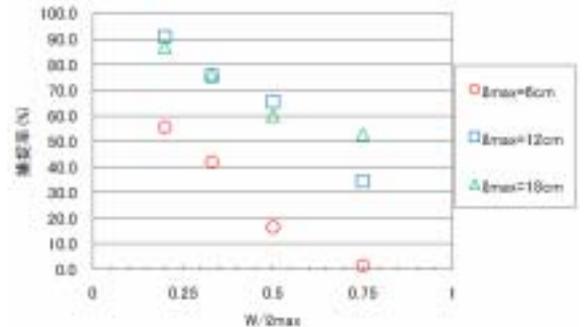
- (1) 何本かの流木が 2 本以上の捕捉工柱に跨って捕捉される。つまり図-3 のように同じ W/l_{max} の場合でも流木長が短いほど余長 l_{rest} は少なくなるため、2 本に跨って捕捉される確率が低くなり、捕捉率が低くなる。
- (2) 流木が 1 本の捕捉工柱にぶつかり、回転している間に後続の流木が絡み合うことにより捕捉される。すなわち、流木長や流木径が大きいほど、流木が 1 本の捕捉工柱にぶつかり、回転する速度が遅くなることから、捕捉率が高くなると考えられる。

4. 結論

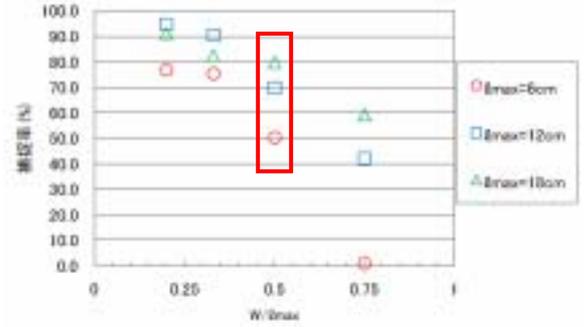
- (1) 同じ $W/l_{max}=1/2$ でも流木長や流木径によって捕捉率が異なることが判明した。
- (2) 流木長が混在する場合は $W/l_{max}=1/5$ にすると捕捉率が流木長一定の場合と同じになることが分かった。

参考文献

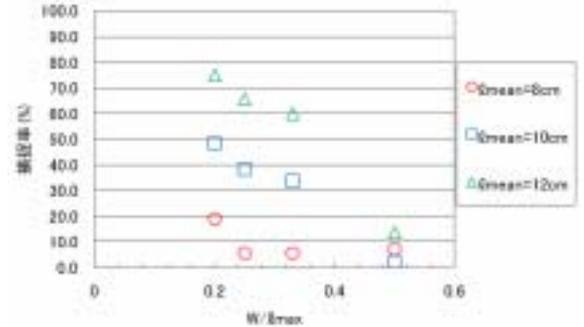
- 1) 国土交通省砂防部, 国土交通省国土技術政策総合研究所: 砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編) 及び同解説 土石流・流木対策設計技術指針及び同解説, 平成 19 年 11 月, 2) 例えば, 石川芳治: 山地小溪流からの流木を伴う土砂流出による災害に関する研究, 博士論文, 1989, 3) 土井康弘, 南哲行, 山田孝, 天田高白: 満砂状態の不透過型砂防ダムによる流木捕捉機構に関する実験的研究 土石流とともに流下する流木, 砂防学会誌, Vol.52, No.6, p.49 - 55, 2000



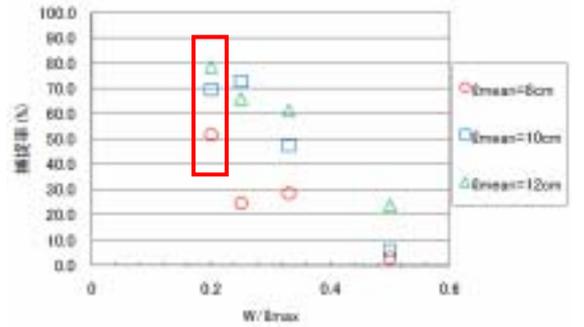
(a) $l_{max}=l_{mean}$, $d=3\text{mm}$



(b) $l_{max}=l_{mean}$, $d=6\text{mm}$



(c) $l_{max}=18\text{cm}$, $d=3\text{mm}$



(d) $l_{max}=18\text{cm}$, $d=6\text{mm}$

図-2 流木捕捉率 ~ W/l_{max} 関係

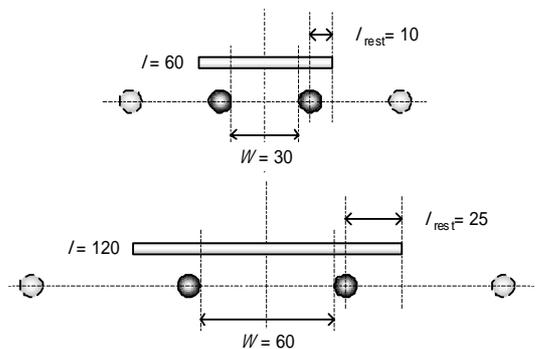


図-3 流木長ごとの余長 l_{rest}