

流木捕捉率に及ぼす流下密度と平均流木長の影響について

砂防鋼構造物研究会 ○大隅 久, 石川信隆, 防衛大学校 渋谷 一, 香月 智
(財)砂防・地すべり技術センター 嶋 丈示, 京都大学大学院 水山高久

1. 緒言

流木の発生原因としては、①立木の流出、②過去に発生した倒木等の流出、③伐木や原木の流出、④用材の流出の4種類が考えられ、流木の流下状況についても、流下の際の折損により流木が短くなる傾向になると思われる。一方、流木災害の実態は堆積・捕捉状況から判断することが多く、流木がどのような状態で流下しているかなどの流下形態については、明らかになっていない。さて、掃流区間の流木捕捉工の設計においては、捕捉工の純間隔(W)が最大流木長(l_{max})の比(W/l_{max})が1/2以下、かつ最大転石の2倍以上となるように設計する¹⁾と指針に定められているだけで、流木の実態を反映したものとなっていない。また、川幅が広い場合や最大流木長が長い場合などは、上記の基準により捕捉工の純間隔を設定する上で、各現場で多岐にわたる判断が必要とされてきた。そこで、本研究では、流木捕捉工の適切な設計が行えるように流木条件(流下形態や流木形状など)と捕捉工の純間隔との関係を明らかにするため、流木捕捉工のモデル実験を行い、流木捕捉率に及ぼす流下密度と平均流木長の影響について調べたものである。

2. 実験概要

実験水路は、昨年²⁾と同様に長さ4.35m、幅0.3m、高さ0.5mの水路を用い、水路勾配は掃流区間に相当する3度として、流木条件のうち流下形態としては、①流量、②流下密度、③流木長分布とし、流木形状としては、①流木径、②流木長、③根の有無のパラメータを選び、一方の捕捉工は純間隔を変化させて各条件と流木捕捉率の関係を調べた。ここで、初期投入流木(D_f)とは当初1秒間に流す投入流木本数であり、流木捕捉率とは100本の流木を流下させて、流木捕捉工が捕捉した本数の割合と定義した。実験はフルード則に従うものとし、縮尺1/50で行った。実験条件を表-1および表-2に示す。

表-1 流下密度を変化させた実験条件

流量 Q (ℓ/sec)	W/l_{max}	最大 流木長 l_{max} (cm)	平均 流木長 l_{mean} (cm)	流木 径 d (mm)	根の有無	初期 投入流木 (本/sec)
2.5	1/2	18	最大 流木長 と同じ	6	根なし 根付き	20
5.4	3/4	12				10

表-2 平均流木長を変化させた実験条件

流量 Q (ℓ/sec)	W/l_{max}	最大 流木長 l_{max} (cm)	平均 流木長 l_{mean} (cm)	流木 径 d (mm)	根の有無	初期 投入流木 (本/sec)
2.7	1/5 ~ 3/4	18	18	6	根なし	20
			12			
			10			
			8			

3. 流下密度の定義

まず流木捕捉率には流下密度が大きく影響される。すなわち、捕捉工に到達した流木と次に到達する流木との間隔に大きく影響され、その間隔には重なり合って流下するのか、個々に流下するのかという長さの要素がある。一方、間隔をあけて流下してくるとしても時間が要する場合と要しない場合の時間の要素があり、この二つの要素を同時に考慮したうえで、流下方向の横断方向に対する流下密度 D_o として下記のように導いた。

$$D'_f = \frac{l_{max}}{B} D_f \quad (1) : \text{初期投入流木本数を横断方向に換算した1秒間当りの流木本数 (本/sec)}$$

$$l_g = \frac{V}{D'_f} \quad (2) : \text{横断方向の流木本数を流下方向へ換算した流下間隔 (m/本)}$$

$$D_o = \frac{l_{max}}{l_g} \quad (3) : \text{流下方向の横断方向に対して均一に流下する流木本数 (本)}$$

ただし、 B :水路幅(m), V :流速(m/sec), l_{max} :最大流木長。

例えば、流下密度 $D_o=2$ 本とは、流下方向に対して横断方向のどの断面においても常に2本の流木が流れていることを示し、 $D_o=1$ 本より流下密度が大きく、 $D_o=3$ 本より小さいことを意味する。

4. 流下密度が流木捕捉率に及ぼす影響

図-1は、流下密度 D_0 が流木捕捉率に与える影響を調べたもので、(a) 捕捉工間隔が狭い ($W/\ell_{max}=1/2$) 場合と (b) 広い ($W/\ell_{max}=3/4$) 場合を比較したものである。(a) の場合で流量が小さい ($Q=2.5\ell/s$) ときは D_0 の変化による捕捉率の変化はあまり見受けられないが、流量が大きくなり ($Q=5.4\ell/s$) になると、 D_0 の影響を受けることが分かる。また、(b) の捕捉工間隔が広くなると D_0 の影響がさらに顕著に現れ、流量が大きい ($Q=5.4\ell/s$) 場合は、 D_0 の変化に関係なく流木捕捉率はほとんど得られないことが分かる。

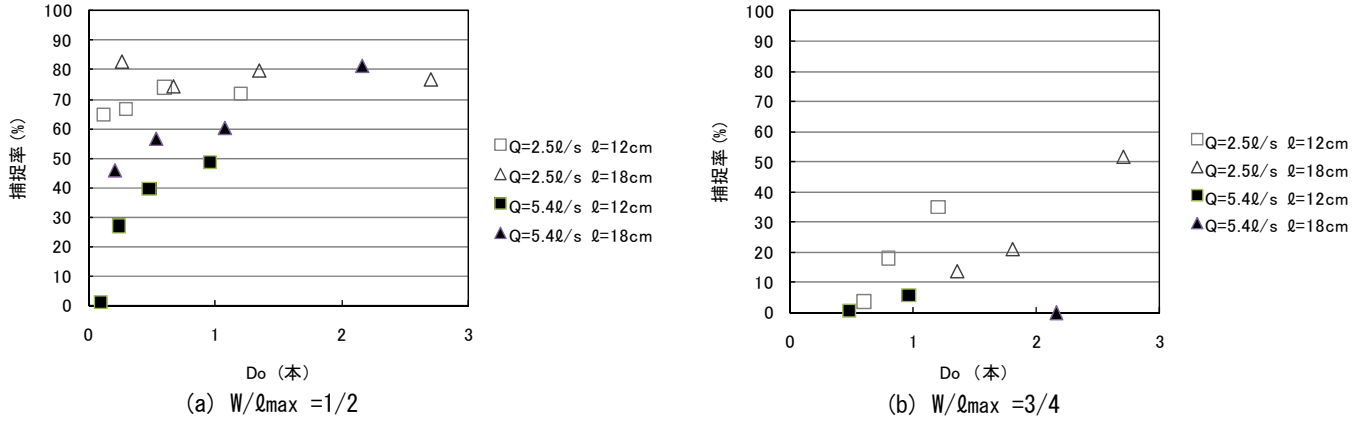


図-1 流下密度が捕捉率に与える影響

5. 平均流木長が流木捕捉率に及ぼす影響

図-2 は平均流木長をパラメータにした捕捉工間隔と捕捉率の関係を示したものである。これより、一般に平均流木長をパラメータにすると、最大流木長をパラメータにした場合より捕捉率が下がり、捕捉工間隔 (W/ℓ_{max}) が同じでも平均流木長が小さいと捕捉率が低下することが分かる。表-3 は平均流木長 (ℓ_{mean}) を変化させた場合、捕捉率が概ね 80% 以上となるような捕捉工間隔 (W/ℓ_{max}) を求めた実験結果で、図-3 はその結果を基に、縦軸に捕捉工間隔 (W/ℓ_{max})、横軸に平均流木長 (ℓ_{mean}) / 最大流木長 (ℓ_{max}) とした場合である。図-3 から、平均流木長 (ℓ_{mean}) / 最大流木長 (ℓ_{max}) が小さくなると捕捉工間隔 (W/ℓ_{max}) を狭くしないと 80% 以上の捕捉率を得られないことが分かった。つまり、流木捕捉工間隔の設定においては平均流木長を考慮する必要があることが認められた。

根付き流木の場合は、当然ながら捕捉率が上がる傾向を示すことが確認された。今後さらに捕捉工の高さの影響などについても検討していく予定である。

表-3 平均流木長を変化させて捕捉率が 80% 以上となる捕捉工間隔

最大流木長 ℓ_{max} (cm)	平均流木長 ℓ_{mean} (cm)	ℓ_{mean}/ℓ_{max}	捕捉工純間隔 W (cm)	W/ℓ_{max}
18	18	1.00	8.0	0.44
	12	0.67	4.5	0.25
	10	0.56	3.6	0.20
	8	0.44	2.4	0.13

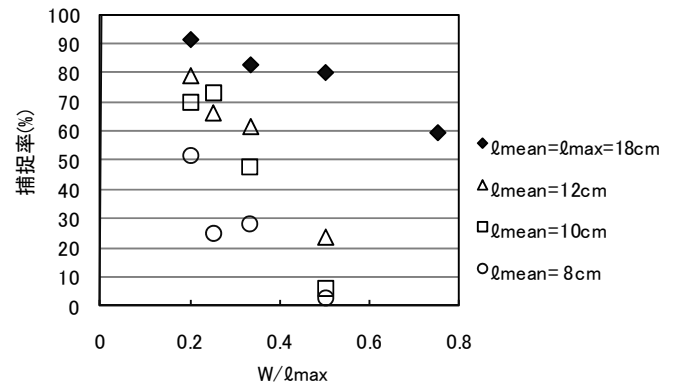


図-2 平均流木長をパラメータにした捕捉工間隔と捕捉率との関係

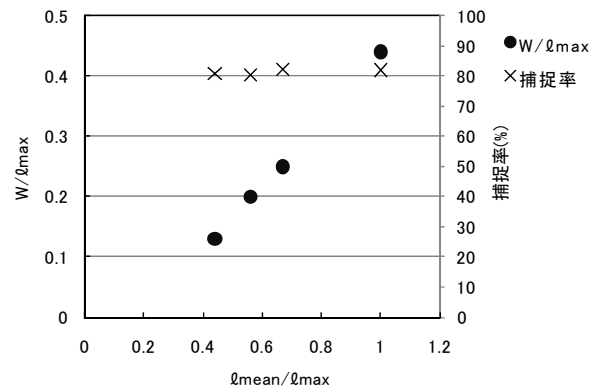


図-3 捕捉率 80% 以上となる平均流木長と捕捉工間隔との関係

参考文献

- 国土交通省砂防部国土技術政策総合研究所：砂防基本計画策定指針及び河川輸土石流・流木対策等技術指針及び河川輸砂 pp.102-106, 平成 19 年 11 月
- 大隅久石川川床隆香月智渋谷一水山高久：掃流区間における流木捕捉工のモデル実験, 平成 21 年度砂防研究発表会概要集, pp.124-125, 平成 21 年 5 月.