

(財) 砂防・地すべり技術センター 松村 和樹

(株) 神戸製鋼所 葛西俊一郎 岡田 勝

渡辺 昇 ○ 嶋 丈示

はじめに

洪水時における流木は、上流域での溪岸の浸食、崩壊を助長させ、下流では家屋や橋梁の破壊を引き起こすなど、その災害規模を増大させる要因の一つになっている。¹⁾ これら被害の例は多く、土石流対策とともに流木対策も重要な課題の一つである。しかしながら、わが国では流木対策を考慮した施設は極めて少なく、流木対策は土石流対策と比較し遅れているのが現状である。この原因としては、流木の発生、流下、堆積機構が十分に解明されていないこと、および、流木対策施設の設計基準が確立されていないことなどが考えられる。

これまでの流木に関する研究は、水に浮かぶ流木の運動過程を検討するもの²⁾が多い。しかし、土石流とともに流下する流木の運動、また、その流木の捕捉機能などに着目した研究は、瀬尾ら³⁾、水山ら⁴⁾のみである。筆者らは、①土石流対策に用いられている格子型砂防ダムが、流木に対してどのような捕捉機能を有するか、また、②効果的に流木を捕捉する格子間隔の決定法を得ることを目的として、水理模型実験を行ったので、ここに報告する。

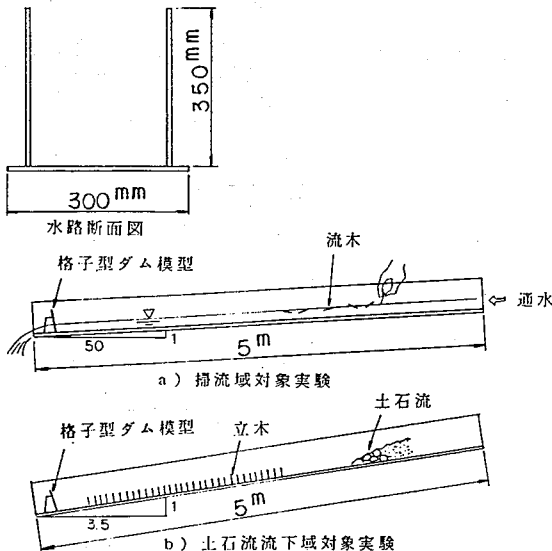


図1 実験水路模型概略図

1. 実験の概要

実験は、掃流域ならび土石流下流域を対象とした。模型の縮尺は、フルード則を適用し以下のとおりとした。河床勾配は、掃流域対象実験では1/50、土石流下流域対象実験では1/3.5とした。実験水路は長さ5.0m、幅0.3mの片面アクリル製の矩形水路を用いた。図1に水路模型の概略を示す。図2に実験に用いた格子型砂防ダム模型の標準断面を示す。表1に模型の寸法を示す。また、実験で用いた流木は、長さ2~9m、径20~25cmの樹木を想定して、径3mmφと4mmφ、長さ50mm、80mm、120mmの木製円柱材とし、土石流材料は、最大粒径20mmと25mmの二種類の混合砂礫とした。

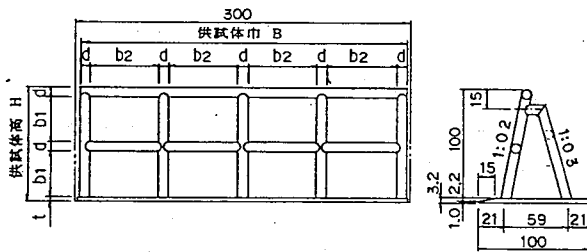


図2. 模型標準断面図

表1: 供試体の形状

掃流域対象実験			流木+土石流対象実験		
b_1	b_2	b_2/b_1	b_1	b_2	b_2/b_1
24	48	2.00	41	48	1.17
41	48	1.17	*41	62	1.51
*41	62	1.51	41	86	2.10
41	86	2.10	41	134	3.27
91	48	0.53	91	48	0.53

注) *は背面材あり

表2: 掃流域の実験条件

項目	条件
流域面積	20 km ² 程度
河幅	30 m
河床勾配	1/50
降雨強度	60 mm/hr程度
計画流量	300m ³ /sec程度
単位幅流量	約10m ³ /s/m

1.1 実験方法

1.1.1 掃流域対象実験

本実験は表2に示す現地条件を想定して行った。実験水路は固定床とし、そこに計画流量を通水しながら、流木相当材を所定の本数(2本/sec、4本/sec、8本/sec)流下させ、後続の流木がほぼ完全にダムに捕捉された時点で流木の投入を終了し、流木密度の相違による格子型砂防ダムの流木捕捉効果を調べた。計測項目は、流木の堰止め状況、流木の流れ方、流出流木本数などである。

1.1.2 土石流流下域対象実験

本実験は表3に示す現地条件を想定して行った。実験水路は、流木が土石流に巻き込まれながら流下してくると想定し、水路内に土砂を敷き、ダム上流0.35~3mに総数300本の円柱材を千鳥状に立て、流量15m³/secの水を与えて流木を含む土石流を発生させ、格子型ダムによる流木の捕捉状況を調べた。計測項目は、流木、土石流の流速、流出土砂量、その時間的变化、ダム上流の流木・土砂の堆砂状況、流木の捕捉本数などである。

表3: 土石流域の実験条件

項目	条件
流域面積	0.5 km ² 程度
河幅	15 m
河床勾配	1/3~1/4
降雨強度	100 mm/hr程度
清水流量	15 m ³ /sec程度
土石流最大粒径	$d_{max}=1.5$ 程度
土石流土砂濃度	30%~50%

2. 実験結果

2.1 掃流域における流木捕捉効果の検討実験

掃流域における格子型ダムの縦・横間隔と流木流出率の関係を図3、4に示す。

b_1 : 横材純間隔 L: 流木の長さ

b_2 : 縦材純間隔 D: 流木の直径

図3には横材間隔(b_1/L)と流木流出率の関係を、図4には縦材間隔(b_2/L)と流木流出率の関係を示した。図3は $b_2 (=48mm)$ を一定とし、 $b_1 = 24mm, 41mm, 91mm$ と変化させたものであり、図4は $b_1 (=41mm)$ を一定とし、 $b_2 = 48mm, 62mm, 86mm$ と変化させたものである。掃流域での流木流出率(r_s)は下記のように定義した。

$$\text{流木流出率}(r_s) = \frac{\text{実験終了までに流出した流木本数}}{\text{投入した流木本数}}$$

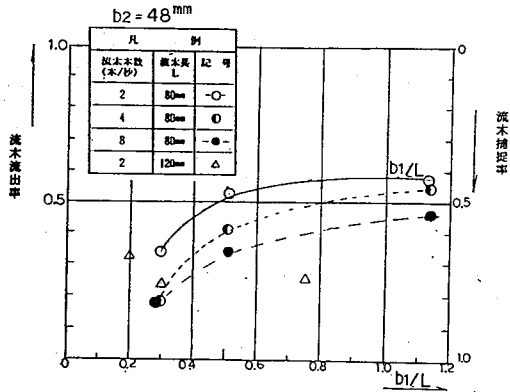


図5. b_1/L の変化に伴う流出率変化図

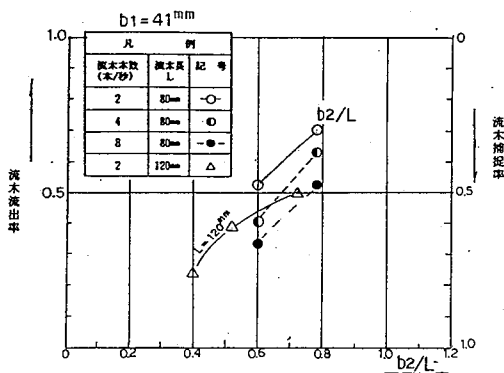


図6. b_2/L の変化に伴う流出率変化図

図3より、 $L = 80 \text{ mm}$ のとき、 b_1/L が0.5以上になると流木流出率 (r_s) は緩やかに増加の傾向を示す。これに対し、 b_1/L が0.5以下になると、 b_1 が小さくなるにつれ流木流出率 (r_s) は、減少率が大きくなる傾向にある。 $L = 120 \text{ mm}$ では、 b_1/L の変化に関係なく流木流出率 (r_s) は、ほぼ一定である。

このことから、格子型ダムの横材間隔を流木長の0.5倍以上にしても流木の捕捉効果はほとんど変化しない。これに対し、横材間隔を流木長の0.5倍以下にすると捕捉効果が大きくなる。さらに、 b_1/L が0.3付近では流出率 (r_s) は30%程度まで減少し、この付近では横材による大きな流木捕捉効果が認められる。

図4は縦材間隔についてまとめたものである。図3と比較すると、流木流出率 (r_s) は横材間隔と比較して、縦材間隔の変化に敏感に影響をうける。また、流木捕捉効果は、縦材間隔、横材間隔とも流木長の0.6倍付近で同程度となる。

2.2 土石流流下域における流木捕捉効果の検討実験

土石流流下域における格子型砂防ダムの流木捕捉についての実験結果を図5、6に示す。ここで、土石流流下域における格子型砂防ダムの流木流出率 (r_D) は以下のように定義した。なお、無施設時の流木流出本数は全流下本数 (300本) に対して約95%であった。

$$\text{流木流出率 } (r_D) = \frac{\text{実験終了までに流出した流木本数}}{\text{無施設時の流木流出本数}}$$

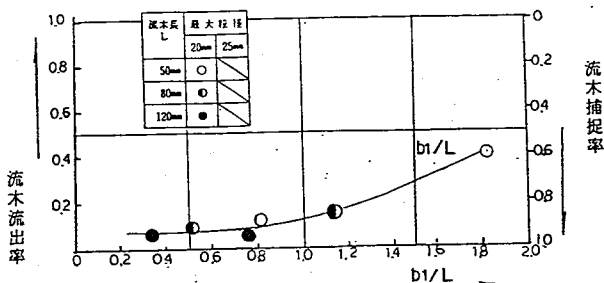


図7. b_1/L の変化に伴う流木流出率

図5、6よりあきらかなように、横材間隔と縦材間隔の流木流出率 (r_D) に与える影響はほとんど差が認められない。これは掃流域の場合と際立った違いである。この原因は、流木が土石流に巻き込まれて流れるため方向に規則性がなく、横材間隔と縦材間隔が同じなら縦横同程度の流木捕捉効果となったため

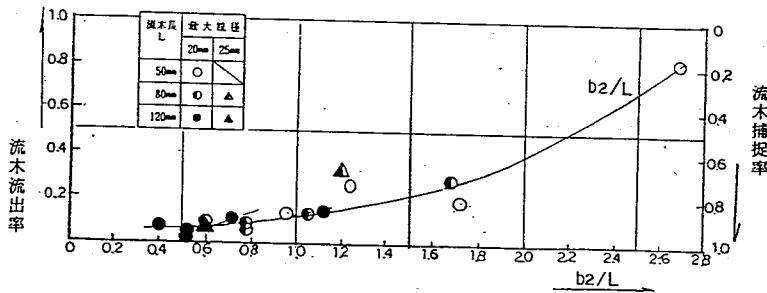


図8. b_2/L の変化に伴う流木流出率

と思われる。

流木流出率 (r_s) は b_1/L または b_2/L が 2.0 の大きな縦横間隔でも 40% 程度に抑えられる土石流流下域での格子型砂防ダムの流木捕捉効果は掃流域のそれに比べて効果的であると云える。

3. まとめ

以上の検討から得られた結果をまとめると以下のようなになる。

3.1 掃流域における流木捕捉効果

- 1) 流木流出率 (r_s) は、横材間隔の変化に比べ縦材間隔の変化に敏感である。
- 2) 横材純間隔と流木流出率 (r_s) の関係は、 b_1/L が約 0.3 で 30% となる。縦材純間隔の場合、 b_2/L が約 0.4 で 30% となる。
- 3) 縦材間隔の流木捕捉効果と横材間隔のそれは、流木長の 0.6 倍付近で同程度になる。

3.2 土石流流下域における流木捕捉効果

- 1) 流木流出率 (r_s) におよぼす影響の程度は横材間隔と縦材間隔とではほとんど差がなく、掃流域の場合とは際立った違いを示した。これは、流木が土石流に巻き込まれるため方向に規則性がなく、縦材、横材の間隔が同じなら縦横に関わらずほぼ同一の流木捕捉機能を発揮するためと考えられる。
- 2) 流木流出率 (r_s) の定義が掃流域のそれ (r_s) と若干異なるが、格子型形状が同一の場合の流木捕捉効果は、掃流域のそれに比べて土石流流下域の方が大きいと云える。
- 3) 流木流出率 (r_s) は、縦材間隔および横材間隔とも流木長の約 2 倍でも 40% 程度に抑えられる。

謝辞

最後に、本研究に当たって御指導を賜った建設省土木研究所砂防研究室水山高久室長に謝意を表します。

参考文献

- 1) 水原邦夫: 流木に関する基礎的研究, 昭和 53 年 12 月
- 2) 例えば、水原邦夫、南 哲行: 流木の流木阻止に関する基礎的研究 (I)、新砂防、第 32 巻、第 2 号、pp. 10~16、1979 年 11 月
- 3) 瀬尾克美、水山高久、大場 章、上原信司: 土石流と共に流出する流木の運動と捕捉工に関する実験的研究、土木技術資料、第 26 巻、第 2 号、pp. 9~13、1984 年 2 月
- 4) 水山高久、石川芳治、矢島重美: 透過型砂防ダムによる流木捕捉効果、土木技術資料、第 30 巻、第 11 号、pp. 47~52、1988 年 11 月