

39 流木対策を考慮した透過型砂防ダムに関する実験的研究

建設省土木研究所 ○ 石川 芳治 水山 高久 矢島 重美

1 はじめに

土石流とともに流下してくる多量の流木によって下流にある人家や橋梁等の被害が増大する例は多く、土石流対策とともに流木対策も重要である。本研究では建設省近畿地方建設局六甲砂防工事事務所により設置されている流木止スクリーン付き砂防ダム、およびオーストリアで用いられている透過型砂防ダムの機能と効果を明らかにし、土石流と共に流下してくる流木を効率的に制御できる透過型砂防ダムの設計手法を確立するための基本的事項を明らかにすることを目的として、室内模型水路を用いて土石流および流木を発生させて計428ケースの実験を行い、実験結果を考察した。

2 実験概要

実験は図-1に示す長さ5m、幅20cm、深さ40cmの側面アクリル板付きの木製水路を用い、水路勾配は土石流を発生できる勾配として17度に設定して行った。さらに実験条件に応じてこの水路の下流に長さ2mの側面アクリル板つきの水路あるいは沈砂池模型を設置した。模型の縮尺は鉛直方向、水平方向とも1:50とし、その他の諸量の縮尺はフルードの相似則を適用して決めた。流量は0.66、1、2ℓ/secの流量を用いた。水路には最大粒径25.4mm、平均粒径3.4mmの砂礫を、厚さ5cmで水路の上流端より敷き、その敷き砂上に図-2に示す4種類の流木模型を各々ほぼ等間隔に立てて設置した。流木対策を考慮した透過型砂防ダムとして、図-3の流木止スクリーン付き砂防ダムおよび図-4に示すオーストリア型砂防ダムを水路下流端より約1mの位置に設置した。また流木対策を考慮した沈砂池として図-5に示す模型を用いた。流木止スクリーン・スリットには図-6のA、BおよびCタイプの鋼製の模型を用いた。給水は水路の上流端から行い、給砂はしていない。実験は砂防ダムの形状、流木止のタイプ、流木止の位置、流量、土砂量、流木の直径、流木の長さ、流木の本数等の条件を変化させて計428ケース実施した。土石流、流木の流下、堆積、流出状況は水路の側方および上方からビデオカメラと35mmカメラにより撮影した。流下、堆積、流出した土砂量、流木の本数は給水終了後図-1に示す区間ごとに測定した。実験を通して流木模型の比重は0.91~0.98であった。

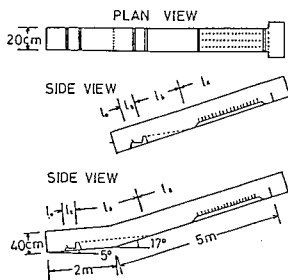


図-1 実験に用いた水路の模式図と流木、土砂測定区間

Type	ℓ (cm)	d (cm)
1	10	0.3
2	10	0.8
3	5	0.3
4	5	0.8

図-2 流木模型

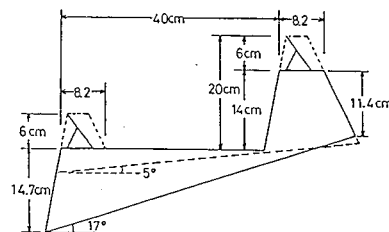
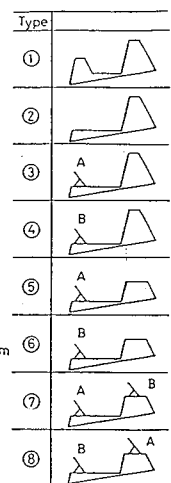


図-3 流木止スクリーン付き砂防ダム模型



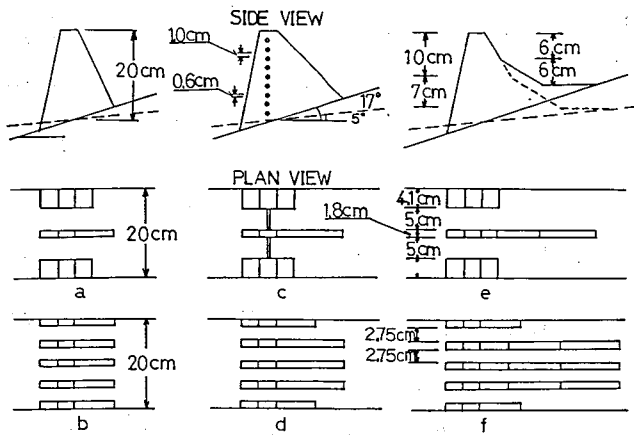


図-4 オーストリア型砂防ダム模型

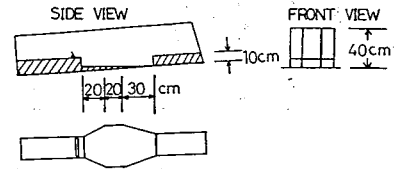


図-5 流木止付き沈砂池模型

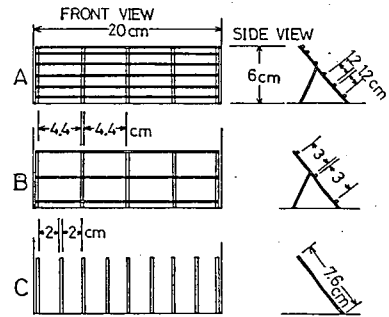


図-6 流木止スクリーン・スリット模型

3 流木止スクリーン・スリットと流木捕捉率

流木止スクリーン・スリットによる流木の捕捉率 T は次のように定義する。

$$T = \frac{\text{流木止スクリーン・スリットにより捕捉された流木本数}}{\text{流木止スクリーン・スリットに到達した流木本数}} \quad \text{.....(1)}$$

流木の直径 d と長さ l の異なる4種類の流木について、単位幅流量 q 、水路勾配 I_f 及び土砂量 V を変化させた場合の流木の捕捉率 T の例をを図-7、8に示す。これらの図より、流木の直径 d と長さ l が大きくなる程、単位幅流量 q が小さくなる程、水路勾配 I_f が緩くなる程、土砂量 V が少ない程流木の捕捉率 T は高くなる。流木止スクリーン・スリットの横方向純間隔 W および縦方向純間隔 H と流木の長さ l および直径 d との比と捕捉率 T との関係を図9、10に示す。 $H < d$ の条件では流木の捕捉率 T が1.0となることは明らかであるので、実験の範囲である $H/d > 1.5$ の条件では流木止スクリーンの縦方向純間隔 H は捕捉率 T に関係しないと考えることができる。流木の捕捉率 T と各物理量との関係より、

$$\Theta = \frac{h W^2}{d l^2} \quad \text{.....(2)}$$

としたときの、流木の捕捉率 T と $F_r \cdot \Theta$ との関係を図-11に示す。この図より流木止スクリーン・スリットによる流木の捕捉率 T は $H/d > 1.5$ の範囲では、次式により算定できる。

$$\begin{aligned} F_r \cdot \Theta \leq 0.8 & \quad \text{のとき} \quad T \approx 1.0 \\ 0.8 < F_r \cdot \Theta < 8 & \quad \text{のとき} \quad T = \log(8 / F_r \cdot \Theta) \quad \text{.....(3)} \\ 8 \leq F_r \cdot \Theta & \quad \text{のとき} \quad T \approx 0 \end{aligned}$$

ただし F_r はフルード数、 $\Theta = h W^2 / d l^2$ 、 h は流木止スクリーン・スリット直上流での水深、 W は流木止スクリーン・スリットの横方向純間隔、 d は流木の直径、 l は流木の長さ、 T は流木止スクリーン・スリットによる流木の捕捉率である。実験を通じて流木止スクリーン・スリット直上流でのフルード数は0.91~3.0、レイノルズ数は2,600~7,900であった。

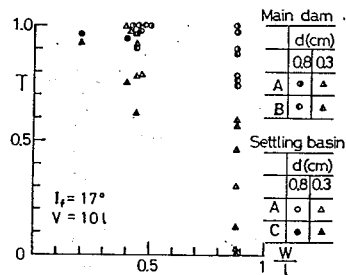
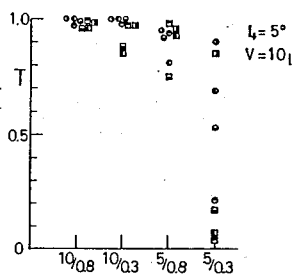
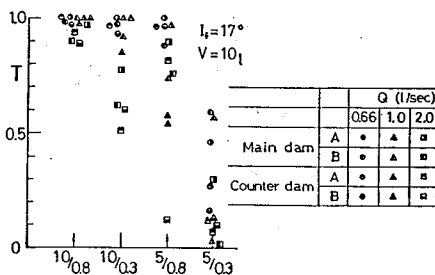


図-7 流木種類と捕捉率の関係 図-8 流木種類と捕捉率の関係 図-9 W/l と捕捉率の関係

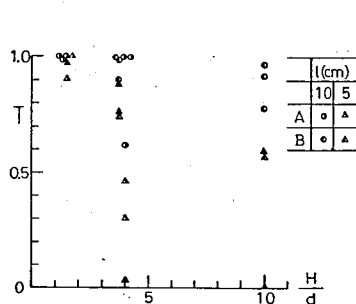


図-10 H/d と捕捉率の関係

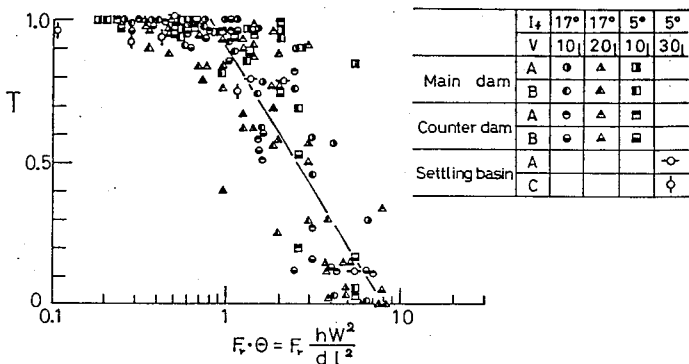


図-11 $F_r \cdot \Theta$ と流木捕捉率の関係

4. 流木止スクリーン付き砂防ダム機能

流木止スクリーン付き砂防ダムについて、単位幅流量を変えた場合の流木および土砂の停止・堆積区間とその割合を図-12～14に示す。通常の副ダムのある砂防ダムでは単位幅流量が小さい場合は主ダムと副ダムの間に比較的多くの流木を捕捉するが、単位幅流量が大きくなった場合には流木の捕捉効果は激減する。通常の副ダムのない砂防ダムでは水叩き工上での流木の捕捉効果はほとんど無い。これらに比較して砂防ダムに流木止スクリーンを設置した場合は流木の捕捉効果は増大し、その効果は流木止スクリーンの設置位置が主ダム、副ダムであることによりほとんど変化しない。土石流とともに流下する流木は砂防ダムの堆砂地内への土砂の堆積に伴い、その一部は土砂とともに堆積して土砂内に埋没する。

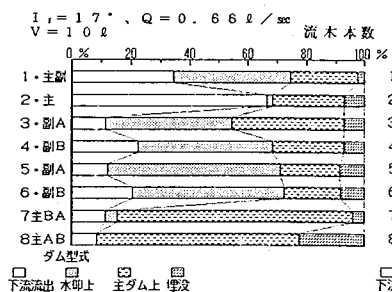


図-12 流木止スクリーン付き砂防ダムの機能

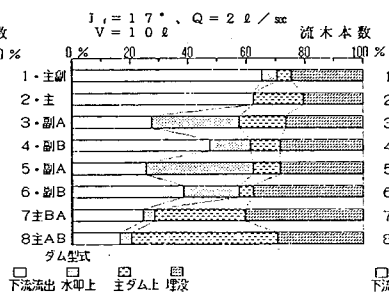


図-13 流木止スクリーン付き砂防ダムの機能

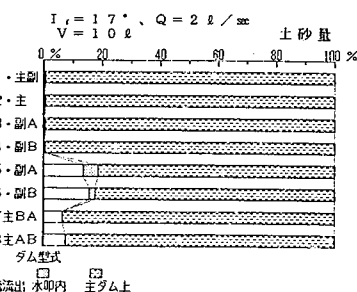


図-14 流木止スクリーン付き砂防ダムの機能

5 オーストリア型透過型砂防ダムの機能

オーストリア型透過型砂防ダム（a～f）のうち、a～dについては土砂の調節機能を維持するために流木が流れ易い形状として考えられて設置されており、e、fは堆砂地内において土砂と流木を分離して流木を堆積土砂の表面上に集めようとして設置されている。またオーストリア型透過型砂防ダムにはスリット部に横桁が設置されているものといないものがあるためこの2種についても模型により検討した。実験の結果を図-15、16に示す。これらの図よりオーストリア型透過型砂防ダムの目的とされている流木の透過および分離の促進効果はほとんど認められなかった。流木や土砂の直径に比較して縦方向の純間隔が狭くなるように横桁を設置すると流木の捕捉効果は増大するが、土砂の調節効果は減少する。

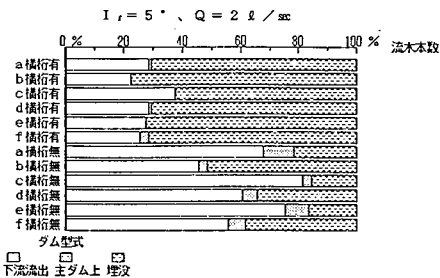


図-15 オーストリア型砂防ダムにおける流木捕捉、堆積分布

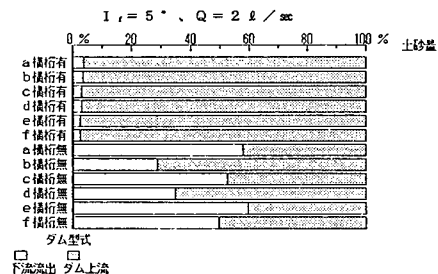


図-16 オーストリア型砂防ダムにおける土砂堆積分布

6 まとめ

実験より単位幅流量 q が小さくなる程、流速 v が大きくなる程、水深 h が減少する程、流木止スクリーン・スリットの横方向純間隔 W が小さくなる程、流木の直径 d および長さ l が大きくなる程、砂防ダムに取り付けられた流木止スクリーン・スリットによる流木の捕捉率 T は高くなることが分かった。 $H/d > 1.5$ の範囲では流木止スクリーンの縦方向純間隔 H は捕捉率 T にほとんど影響しない。これらの関係をまとめた結果、 $\Theta = h \cdot W^2 / d \cdot l^2$ および F_v をフルード数とすると、捕捉率 T は $F_v \cdot \Theta$ の関数として表せることが明らかとなった。我国で一般的に用いられている形状の砂防ダムと比較して、流木止スクリーン付き砂防ダムは流木の捕捉効果が高いことが判明した。また流木止スクリーンを沈砂池下流に設置してもほぼ同程度の流木捕捉効果がある。オーストリアで一般的に用いられている形状の流木対策を考慮した透過型砂防ダムを用いた実験ではオーストリア型砂防ダムの目的とされている流木の透過および分離促進効果はほとんど認められなかった。

最後に本研究を行うにあたり建設省近畿地方建設局六甲砂防工事事務所の皆様には現地調査等に協力して頂きました、ここに記して感謝する次第である。

参考文献

- 1 水原邦夫、武居有恒、南哲行；流木の流下阻止に関する基礎的研究Ⅰ、新砂防Ⅴ 01. 32、No. 2、pp10-16、1979
- 2 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Ⅴ 01. 26、No. 2、pp69-73、1984
- 3 矢沢昭夫、水山高久、森田明宏；オーストリア鋼製砂防施設事情；土木研究所資料第2301号、1986