

透過型砂防堰堤の形状が捕捉機能に及ぼす影響 -緩勾配領域に着目して-

京都大学大学院農学研究科 ○日浦幹・古谷智彦・中谷加奈・水山高久

京都大学防災研究所 長谷川祐治

立命館大学理工学部 里深好文

1. 研究背景と目的

土石流災害を防止・軽減するために土砂や流木の捕捉を目的とした透過型砂防堰堤が各地に設置されている。設置箇所の勾配や透過部の形状は多様である。12度以上の急勾配区間に設置された堰堤や、透過部が格子状や縦材のみで構成された堰堤については、多くの実験や検討から捕捉機能に関する知見が得られている。一方、12度以下の緩勾配区間に設置された堰堤や透過部が横材のみで構成された堰堤については、十分な検討がなされていない。緩勾配区間に設置された堰堤では、捕捉対象の巨礫が流下せず流木が閉塞して捕捉機能を発揮した事例も報告されていることから、流木の影響についても検討する必要がある。

本研究では、12度以下の緩勾配に設置された堰堤を対象とし、異なる3種類の透過部形状の堰堤模型を用いて水路実験を行い、勾配の変化や透過部形状による捕捉機能について検討した。また、堰堤設置区間の末端勾配に相当する3度の条件では礫よりも流木による捕捉事例が多く報告されていることから、流木を考慮した実験を行い、透過部形状及び、流木の有無が捕捉機能に及ぼす影響について検討した。

2. 実験方法

実験には長さ475cm、幅10cmの直線矩形断面水路の下流側450cmの区間を使用し、下流端に堰堤を設置して実験を行った。混合砂（ $D_{95}=10.35\text{mm}$ 、空隙込体積6.7L）を使用して、水路床には粗度として珪砂3号を貼った。3種類の透過部形状（格子、縦、横）の堰堤模型を用いて、部材の透過間隔は10mm（ただし格子と横堰堤の最下段の横材までの間隔は15mm）とした。上流150cmの区間に土砂を敷き詰め、上流端から水を定常供給して土石流を発生させた。水路の下流端から流出する土砂を土砂受けで時系列的に計測した。表1に実験条件を示す。

堰堤で捕捉された土砂を「捕捉土砂」、堰堤を通過して土砂受けで採取された土砂を「流出土砂」として、捕捉率を式（1）の様に算出した。捕捉率だけでなく、流出した土砂濃度や平均粒径、土砂粒径階の構成から、勾配や堰堤形状による捕捉率の差を検討した。勾配3度の条件では土砂だけでなく流木を考慮（直径5mm、長さ40mmの木の棒を使用、土砂体積の約2%を供給）した実験を行い、流木なしのケースと比較した。

$$\text{捕捉率}[\%] = \frac{\text{捕捉土砂量}}{\text{捕捉土砂量} + \text{流出土砂量}} \times 100 \quad \dots \text{式 (1)}$$

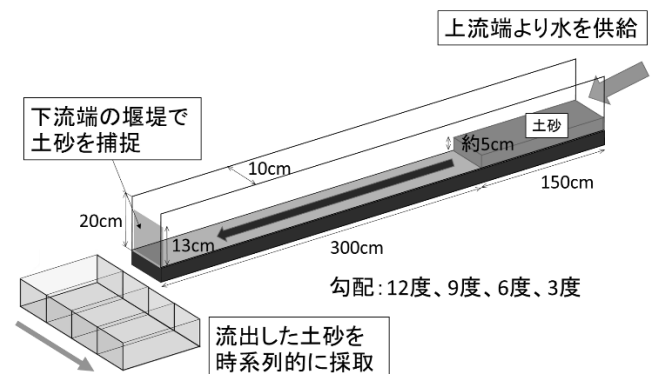


図1. 実験の概要



図2. 実験に使用した堰堤模型

表1. 実験ケース・条件

堰堤形状	勾配(度)	流木	流量(L/s)	通水時間(秒)
堰堤なし	12	×	1.0	15
	9	×	1.4	19
	6	×	2.2	26
	3	×	1.0	130
		○		130
格子堰堤	12	×	1.0	15
	9	×	1.4	19
	6	×	2.2	26
	3	×	1.0	480
		○		480
縦堰堤	12	×	1.0	15
	9	×	1.4	19
	6	×	2.2	26
	3	×	1.0	480
		○		480
横堰堤	12	×	1.0	15
	9	×	1.4	19
	6	×	2.2	26
	3	×	1.0	130
		○		480

3. 実験結果と考察

図3に12度、9度、6度での捕捉率を示す。勾配の違いで比較すると、格子堰堤と縦堰堤では大きな変化はないものの、横堰堤で勾配が緩くなると捕捉率が低下する傾向が見られた。堰堤形状の違いで比較した場合、格子堰堤が最も高く、次いで縦堰堤となり、横堰堤の捕捉率が最も低かった。

横堰堤では部材間に大きな礫が閉塞する必要があるが、縦堰堤と格子堰堤では隣接する礫が噛み合うことで部材間よりも小さな礫が捕捉され捕捉率が高くなった。また、格子堰堤は横材により透過面積が小さくなり縦堰堤よりも捕捉率が高くなった。このため、勾配が緩くなって土砂濃度が低下したとき、流動深が低くなるため横堰堤では捕捉率が低下したが、縦堰堤と格子堰堤では捕捉率が低下しなかった。(図4)

図5に3度での流木を考慮した条件での実験結果を捕捉率で示す。堰堤形状による違いは、他の勾配と同様の傾向に格子が最も高く、次いで縦堰堤、横堰堤の順であったが、流木なしのケースでは横堰堤は捕捉率が0であった。流木を考慮すると、流木なしの場合よりも流木ありの場合の方が高い捕捉率を示した。特に横堰堤での捕捉率の向上が顕著であった。

流木は土石流の先頭部に集まって流下し堰堤を閉塞するため、先頭部や少し遅れて堰堤に到達する礫を捕捉する。礫は次第に堆砂するが、流木による閉塞を越えた高さまで堆砂すると流木の影響がなくなり、堰堤形状が流出と捕捉に影響するようになる。従って、流木が閉塞した高さまで堆砂する間の礫の流出を抑制できるため、捕捉率が向上した。(図6)

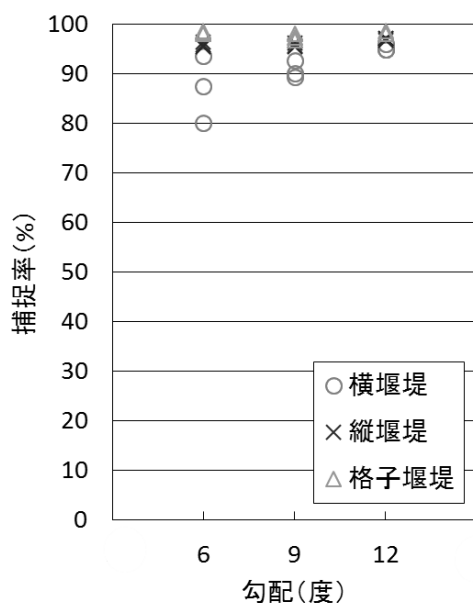


図3. 勾配(12、9、6度)の捕捉率

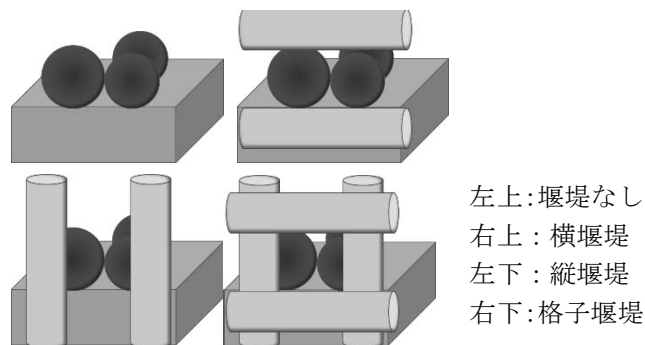


図4. 土砂濃度が低い場合の堰堤での礫の捕捉の模式図

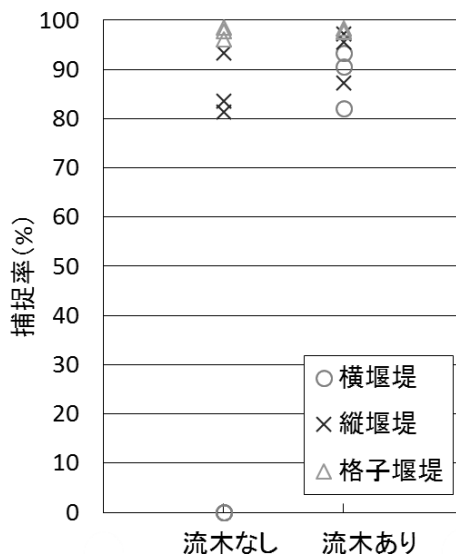


図5. 勾配3度(流木の有無を考慮)の捕捉率

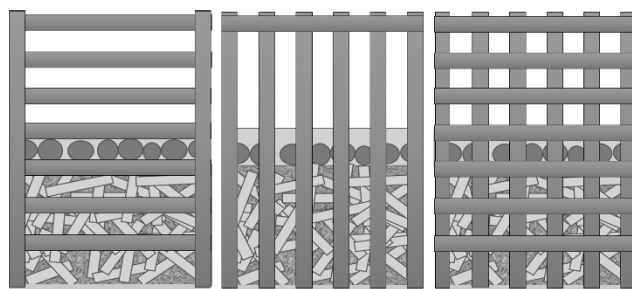


図6. 流木を考慮した場合の土砂捕捉の模式図

謝辞

本研究は、平成26年度 一般財団法人 砂防・地すべり技術センターの研究開発助成を受けて実施したものです。また、京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリーで実験を行いました。ここに記して感謝いたします。