

鋼製透過型砂防堰堤の流木捕捉実態について

砂防鋼構造物研究会 ○飯塚幸司
 (一財) 砂防・地すべり技術センター 嶋丈示
 京都大学名誉教授 水山高久

1. はじめに

近年、異常気象の影響により土石流が多発するとともに流木災害が増えている。平成 29 年 7 月の九州北部豪雨では $1000\text{m}^3/\text{km}^2$ を超えて流木が発生し過去最大級の流木災害¹⁾をもたらした。こうしたなか、国土交通省において流木を効果的に捕捉できる鋼製透過型砂防堰堤の流木捕捉工の整備を推進している。しかし、鋼製透過型砂防堰堤を含めた流木の捕捉実態に関する事例は小山内ら²⁾の報告が挙げられるが少なく、流木の捕捉形態を検証するために事例が蓄積されていない。

そこで、本稿では土石流区間に設置する流木捕捉工を対象に、これまでの流木混じりの土石流に関する既往の研究成果を調査し、最近の鋼製透過型砂防堰堤の捕捉事例から流木の捕捉実態について考察する。

2. 既往の研究成果

土石流の災害事例において流木と巨礫等が混在している場合でもその流下過程で流木と巨礫が分離して流下し、流木、巨礫の順で捕捉されていることが報告されている。このことから既往の研究成果を流木の流下形態に着目して調査した。

渋谷ら³⁾は、透過型砂防堰堤の流木混じり土石流の捕捉実験から、土石流中に含まれる流木の容積や透過断面を構成する部材間隔を変化させ、流木における捕捉効果の影響を検討した。また、嶋ら⁴⁾は、実際の被災例を基に捕捉された土石流の特徴を整理し、礫と流木によって細粒土砂まで捕捉された事例を示した。

葛西ら⁵⁾は、現地調査と実験結果とを総合して、流木は巨礫とともに土石流先端部に集中する傾向であると指摘している。また、松村ら⁶⁾は、格子型砂防堰堤を用いた実験より、掃流域と土石流流域における流木のみが流下する場合の捕捉機能を検証している。最近では、榎本ら⁷⁾は、鋼製透過型砂防堰堤における土石流捕捉事例を総括し、①石礫と流木の捕捉、②土砂と流木の捕捉、③石礫のみの捕捉、④流木のみの捕捉に捕捉事例を区分した。

3. 事例調査と捕捉状況

3.1 事例調査概要

表-1 に、鋼製透過型砂防堰堤の捕捉事例について、各諸元、捕捉パターンごと⁷⁾に分類してまとめた。なお、事例 No.11 に掃流区間の流木捕捉工を参考を示す。

既往資料調査より、捕捉流木量は堰堤への堆積状況

を写真判読にて推定し求め、捕捉土砂量は捕捉流木量から差し引いて求めた。

3.2 捕捉状況

類似している捕捉状況を事例ごとに(1)から(5)に示す。
 (1)捕捉状況 1

写真-1 に No.1, No.2 の事例を示す。No.1 は満砂し、No.2 は堰堤高の 5.0m 程度堆砂している。堆砂地表面では、流木が堰堤の上流部に堆積している。礫は堆砂地表面に堆砂していることが確認できる。下流から見ると、全面にわたり流木や枝葉で覆われているが、礫も捕捉されているのが確認できる。2つの事例とも上流域の痕跡から土石流発生後、流下過程において流木や土砂を巻き込みながら土石流として堰堤に到達したと推測される。上流域は溪流の縦侵食も発達している。流木も比較的長く、流木の表面の皮が剥けている状態の割合も多く、堰堤近傍の流木と推測される。



写真-1 捕捉状況 1(No.1, No.2)

表-1 捕捉事例の一覧 (諸元と捕捉パターン)

No.	竣工年	件名	透過型 タイプ	堰堤形式	ダム全高 (m)	鋼製高 (m)	水通し幅 (m)	流域面積 (km^2)	現河床勾配	最大礫径 D95(m)	捕捉 土砂量 (m^3)	捕捉 流木量 (m^3)	流木 容積率 (%)	捕捉 パターン ⁷⁾
1	平成26年	三本松川(1)	格子形	透過型	10.5	8.5	7.0	0.54	1/3	1.2	1,250	270	17.8%	②
2	平成12年	新所2砂防ダム	格子形	透過型	10.5	8.0	8.0	0.37	1/4	1.0	1,250	150	10.7%	①
3	平成25年	西山川	J型	透過型	9.5	6.5	3.5	0.24	1/5.6	0.6	2,130	530	19.9%	②
4	平成25年	田茂沢第1	格子形	透過型	12.5	10.5	6.0	0.3	1/6.5	0.5	3,925	65	1.6%	②
5	平成24年	長沢本川P-3上流砂防ダム	T型	透過型	14.5	12.0	10.0	-	1/10	0.6	10,420	380	3.5%	①
6	平成23年	小水無沢第一砂防堰堤	J型	透過型	10.0	8.0	20.0	2.12	1/11	1.4	8,760	1,800	17.0%	②
7	平成18年	並木沢1号砂防堰堤	B型	透過型	10.0	8.0	7.0	-	1/16	0.9	5,350	30	0.6%	②
8	平成26年	ペンケオタソイ川1号	B型	透過型	8.0	6.0	21.2	-	1/18	0.9	42,550	1,190	2.7%	①
9	平成15年	井川砂防堰堤	格子形	透過型	12.0	10.0	40.0	11.40	1/19	1.0	44,970	630	1.4%	①
10	平成23年	神子畑川	J型	透過型	5.5	3.5	14.0	7.13	1/23	0.9	5,720	80	1.4%	①
11	平成26年	美瑛川1号	B型	部分透過型	17.5	6.5	62.0	93.00	1/33	1.3	0	10,000	100.0%	④

注)No.11 は掃流区間の流木捕捉工。

(2) 捕捉状況 2

写真-2 に No.4, No.7 の事例を示す。No.4 は満砂し、No.7 は堰堤高の 4.0m 程度堆砂している。2つの事例とも堆砂地表面では、流木が堰堤の上流部に堆積している。礫は堆砂地表面にほとんど確認できない。下流から見ると、全面にわたり流木や枝葉で覆われ礫は確認できない。

流木は堰堤の上流部に押し付けられるように流木が立ったように捕捉されている。その堆積厚は 1.0m 程度である。堰堤近傍は一部溪岸が侵食されているが、上流部は露岩している状況である。

これらの状況から、出水時、堰堤の上流部に枝などの流木が目詰まりを起こし、そのきっかで後続の土砂が大量に捕捉されたと推測される。写真-2 には示さなかったが No.3, No.5 についても同様な捕捉状況であった。



写真-2 捕捉状況 2 (No.4, No.7)

(3) 捕捉状況 3

写真-3 に No.9, No.10 の事例を示す。No.9 は堰堤高の 5.0m 程度まで堆砂し、No.10 は堰堤高の 2.0m 程度堆砂している。2つの事例とも堆砂地表面では、流木が堰堤の上流部に堆積している。流木の一部が堰堤天端に残っている。

礫は堆砂地表面の全面にわたり堆砂しているのが確認できる。下流から見ると、全面にわたり流木や枝葉で覆われているが、堰堤下部の捕捉面に礫が捕捉されているのが確認できる。

上下流の流下痕跡から2つの事例ともに多量の流水により、流木で目詰まりしたことをきっかけに堰上げが発生したと推測される。No.9 はその影響で堰堤から上流へ距離 5m 付近で巨礫が止まっている。

流木は、他の事例より損傷が大きく流木が短く、根が見えているものが目立つ。水が引いたところで、捕捉面に張り付いた流木が、ずり落ちたものと堰堤の天端部に取り残されたものと推測される。



写真-3 捕捉状況 3 (No.9, No.10)

(4) 捕捉状況 4

写真-4 に No.6 の事例を示す。大量の土砂と流木で満砂状態である。流木が土砂の堆砂が確認できないほど

全面にわたり堆砂している。土砂は堆砂地表面の上流に堆砂している。

上下流の流下痕跡から多量の流水により、流木で目詰まりしたが、その大量の流木の影響で堰堤から上流へ距離 40 m 付近に土砂が堆積している。



写真-4 捕捉状況 4 (No.6)

(5) 捕捉状況 5

写真-5 に No.8 の事例を示す。大量の土砂と流木で満砂状態である。流木と礫が堆砂地表面の上部全面に渡り堆砂していることが確認できる。

大規模な土石流が溪岸を侵食しながら流下したと推定されることから、流木と礫や土砂が混在しながら堆砂していることが確認できる。



写真-5 捕捉状況 5 (No.8)

4. 考察

本調査から流木の捕捉事例を類似した捕捉状況ごとに示した。それによると、捕捉状況については捕捉物（礫、土砂、流木）の割合はそれぞれの違いがあるものの、流下過程で流木と巨礫が分離して流下しており、流木、巨礫の順で捕捉されていることが分かった。また、現河床勾配が急なほど流木の容積率が高い傾向となった。しかし、流木の捕捉量や捕捉形態について勾配や流域等には明確な関係性を確認できなかった。

既往の研究成果では、流木混じり土石流に関する捕捉実験が行われているが、上流域の地形的特性を考慮した流木の発生形態に関して十分に検討されていない。このため、改めて流木の発生形態や流下形態および捕捉機能を含めた体系的な検討が必要である。

今後は、上流域の荒廃状況（樹木の繁茂状況）により、土石流形態を推測（石礫型か流木混入型かなど）し、捕捉工間隔を設定する方法が考えられ、事例調査を進めいくことが重要である。

参考文献

- 1) 国土交通省：平成 29 年 7 月九州北部豪雨による土砂災害の概要（速報版）Vol.6, 平成 29 年 9 月
- 2) 小山内ら：流木対策施設の効果と維持管理体制の現状, 砂防学会誌, Vol.50, No.6, pp.48-51, 1998
- 3) 渋谷ら：透過型砂防えん堤の流木混じり土石流の捕捉性能に関する実験的研究, 砂防学会誌, Vol.62, No.1, p.66-73, 2009
- 4) 嶋ら：鋼製透過型砂防堰堤の土石流捕捉における礫および部材間隔に関する一考察, 砂防学会誌, Vol.67, No.5, p.3-11, 2015
- 5) 葛西ら：鋼製透過型ダムの土石流捕捉形態, 神戸製鋼技報, Vol.49, No.2, p.65-68, 1999
- 6) 松村ら：格子型砂防ダムによる流木捕捉効果, 砂防学会誌（新砂防）, Vol.43, No.3, p.9-12, 1990
- 7) 榎本ら：鋼製透過型砂防堰堤の土石流区間における捕捉パターンと地域特性との関係について, 平成 25 年度砂防学会研究発表要集