

木材等を活用した流木捕捉式簡易構造物の整備

宮崎大学農学部 森林緑地環境科学科 清水 収

1. はじめに

近年、集中豪雨等による山地災害が全国各地で頻発しており、さらなる災害の発生防止に向けて、荒廃山地の復旧整備の一層の推進が必要となっている。特に、平成29年7月九州北部豪雨では流木が大量に発生し土砂とともに下流へ流出して、住宅や公共施設等に甚大な被害を与えたことから、流木の対策を緊急に進めることが必要となっている。

こうした背景から本研究のテーマが設定された。実際の研究にあたっては、テーマに該当する実際の構造物の設置事例が見当たらないことから、事例を扱う検討は行えなかった。そのため、既往の知見に基づいて、構造物の整備の可能性を中心に検討することとした。

なお、このテーマに深く関係する技術指針に、「土石流・流木対策指針解説等（平成30年3月20日、林野庁森林整備部計画課長通知）」と「森林土木木製構造物設計等指針の解説等（平成28年3月20日最終改正、林野庁森林整備部計画課長通知）」がある。以降では、前者を土石流・流木対策指針、後者を木製構造物設計指針と呼ぶことにし、これらを参考にしながら検討する。

2. 土石流・流木対策指針に示されている流木捕捉の構造物

土石流・流木対策指針において、流木の定義は、土石流または洪水流に伴って流出する倒木等（第1章第2節）とされている。したがって、流木の流出の仕方として、①土石流に伴って流出、②洪水流に伴って流出、の2種が想定されている。

前者の「土石流に伴って流出する」場合には、土石流を捕捉する対策が、土石流に含まれる流木も合わせて捕捉することになるため、土石流捕捉が即ち流木捕捉である。同指針では、第4章第3節施設配置計画3-1土石流対策を中心とする計画において、透過型治山ダムによって流下する土石流の捕捉に努めることとなっている。

また、後者の「洪水流に伴って流出する」場合には、第4章第3節施設配置計画3-2流木対策を中心とする計画において、透過型治山ダム（流木捕捉式治山ダム）によって出水時の流木の捕捉に努めるものとされている。なお、流木捕捉式治山ダムとは、流木捕捉を考慮した透過型治山ダム（土石流対策を中心とした透過型治山ダムも含む）のことと説明されている。

上述のこれらの構造物は溪流を横断する形状であり、通常の治山ダムにおける設計外力（静水圧等）に加え、大きな外力（土石流の流体力や礫・流木の衝撃力）が作用することが想定されることから、透過部がコンクリート製あるいは鋼管製である。このことは、第5章第2節治山ダムの設計の補足、に書かれている。

3. 木製構造物設計指針に示されている木製構造物

一方、木製の森林土木構造物については木製構造物設計指針が定められており、同指針の第1章1-3木製構造物の範囲によると、木製構造物は小型木製構造物と大型木製構造物に分類される。まず、大型木製構造物とは、安定計算、部材応力計算等を必要とする大規模な構造物と定められ、具体的には木製治山ダム、枠構造で高さ1.5m以上の護岸工及び土留工（擁壁工）、さらにその護岸工により構成される流路工が挙げられている。一方、小型木製構造物は、安定計算、部材応力計算等を必要としない小規模な構造物と定められている。そして、解説として、木材は腐朽する特性があることを踏まえ、木製構造物の腐朽後は植生の根系によって構造物の機能が代替され、土砂等の安定の維持が期待できるものを小型構造物としている。

4. 木材等を活用した流木捕捉式簡易構造物の想定されるイメージ

以上の土石流・流木対策指針と木製構造物設計指針の両方の内容を踏まえ、本テーマである「木材等を活用した流木捕捉式簡易構造物」について考えると、テーマの一部、「木材等を活用した簡易構造物」については、小型木製構造物が該当するであろう。また、残りの「流木捕捉式の構造物」については、作用する外力に耐えうるコンクリート製あるいは鋼製の流木捕捉式治山ダムが該当する。このように考えると、これら両方の要求を満たすのは非常に困難である。

したがって、ここで検討される構造物はどちらか一方の要求に、より重点を置くことになる。その場合、流木捕捉の性能要求を満たした構造物については土石流・流木対策指針で既に確立されていることから、流木捕捉能力よりも、むしろ木製の簡易構造物、の方であると考えられる。すなわち、小型木製構造物であって流木を捕捉する可能性があるもの、が構造物の想定されるイメージとなる。

木製構造物設計指針の第4章4-2小型木製構造物の計画では、小型木製構造物として、簡易木製構造物、小型木製護岸工、小型木製土留工（擁壁工を含む）が挙げられている。このうち溪流に設けられる構造物は、小型木製護岸工であり、高さ1.5m未満の枠構造の護岸工もしくは枠構造でない護岸工である。

しかし、護岸工は溪岸の横侵食を防ぐことで流木の発生に対する対策にはなるが、流れの中に突き出した形ではないため、流木を捕捉する能力は持たない。したがって、流木の捕捉を図ろうとすると、流下中の流木が引っ掛かるような、流れの中に置かれる構造物である必要がある。しかしながら、木製構造物設計指針に書かれている小型木製構造物は上述の3種のみであり、流れの中に置かれる構造物は想定されていない。

5. 構造物に求められる条件

以上の検討から、流木捕捉を念頭に置いた簡易な木製構造物を、新たに発案することが必要となった。ここでは、その構造物に求められる条件を考察する。なお、当該の構造物

は流れの中に置かれるものとする。

1) 出水時でも流されず、その場に留まっていること

流れの中に置かれた環境でその場に留まっているためには、①構造物を重力式にする、②地中（川底）に打ち込まれた杭で固定される、③溪流外の支点とワイヤーでつながれる、等の対策が必要である。さらに、これらを併用すれば構造物の固定は一層強化される。

重力式のためには、木製の枠構造の内部に現地の石礫を詰める形式の構造物が適している。そして、この構造物の外側の枠は丸太 6 本を組んだ三角錐とし、底面の三角形の頂点が上流に向くように設置することによって、船の舳先のように、流れから受ける力（流体力）を小さくできる。さらに、石礫を詰める高さは構造物の下半分くらいまでにし、上半分は木枠のみの透過構造にすることによって、流れから受ける力をさらに小さくできる。

重力のみではその場に留まる力が不足する場合、さらに固定方法を追加する。杭固定は木杭や鉄棒を川底に打ち込んで、それと構造物を鉄線等で縛って連結する。ワイヤー固定は、構造物より上流側の溪流外に切り株等を見出し、それを支点にして構造物とワイヤーにて結びつける。なお、ワイヤーは遊びのない長さにしておけば、構造物が下流へ動いてワイヤーに張力が発生する際、支点に大きな衝撃力が作用しないと考えられる。

2) 破壊されても下流への悪影響が許容されるくらい小さいこと

既に述べたように、流木捕捉の構造物は通常、コンクリート製や鋼管製であること、また小型木製構造物には流れの中に置かれるものが想定されていないことから考えて、上の 1) で考案した構造物が、流木の流されている出水中に破壊されないことを担保するのは、現実として難しい。

したがって、出水中に構造物が破壊されても、その部材が流出することで下流に及ぼす悪影響が、許容されるくらい小さいことが必要である。そのためには、自然状態で下流へ流出していく土砂礫や流木に、破壊された構造物の部材が加わっても、土砂・流木の流出現象の規模や強度があまり大きくならないように、構造物に使われる木材や石礫のサイズおよび量を抑えることが求められる。

量については、簡単のために構造物を 1 辺 1.5m の立方体と仮定すると体積は 3.4m^3 であり、これが 3 基流されたとして合計体積は 10m^3 であるので、流出土砂量に比べると十分に小さいと思われる。構造物に使われる石礫の大きさについては、当該地点より上流の溪床に堆積している最大礫径を上回らないことを目安にすることが考えられる。さらに、使用する木材の長さについては、三角錐の構造物の高さを 1.5m にするとして、長さ 2m 未満の部材で作成できると思われる。この部材の長さは、流された場合に、下流のボックスカルバートや治山ダム放水路において閉塞を起こすことを避けるため、それらの幅よりも短くすることが必要である。

最後に、構造物の配置について考える。流下中の流木の運動について、土石流に伴って

流出する場合の流木運動の実態は不明であるが、洪水流に伴って流出する場合は個々の流木が水面付近を浮いて流されてくるであろう。そして、流木が障害物によって捕捉される場面では、単木の流木は流れと直角の方向を向いた姿勢で2ヶ所を支点にして捕捉される。それ以降は、その横向きの停止木が障害物となって、次々と流木が捕捉される。

したがって、構造物の配置としては、単木の流木をまず捕捉するように、流木の長さよりも短い間隔の2ヶ所の支点を作れば良い。溪流の幅が大きい所では、複数の構造物を溪流の横断方向に間隔を空けて並べる。また、溪流の幅が小さい所では、構造物と溪岸とで2ヶ所の支点になる場合には1つの構造物で足りるかもしれない。支点間の間隔、すなわち構造物を複数配置する場合の横断方向の間隔は、土石流・流木対策指針の第5章第2節2-6 治山ダムの透過部の間隔、が参考にできる。

6. おわりに

今回の構造物の提案については、室内での模型実験や現地試験（試験施工）によって、性能と安全性の確認が必要である。現地試験を行う場合、流木捕捉式治山ダム等が整備され安全性の確保がなされている場所の上流において実施する必要がある。