

平面循環水路を用いた流木の樹皮剥離過程に関する検討

秋田大学 学生会員 ○谷口 隼也
正会員 齋藤 憲寿
正会員 渡辺 一也

1. はじめに

大規模な降雨によって大量の水や土砂とともに流木が流れ出し、付近の地域に甚大な被害を与えるという事例が全国的に多く報告されている¹⁾。そのため、流木の発生や挙動等、あらゆる方面で流木の被害を軽減するための研究が行われている²⁾³⁾。しかし、流木の樹皮が剥離する過程を、時間を追って検討した研究は未だに行われていない。樹皮剥離過程を明らかにすることは、流木発生源の推定につながり、今後の河川管理や森林管理にとって有用である。

そこで本研究では、流木が原因となり甚大な被害が発生した小本川を参考に平面的に循環する水路を作製した。この水路と流木モデル・土砂・水を用いて水理模型実験を行い、樹皮剥離過程に関する検討を行った。

2. 実験概要

実験で用いた平面循環水路を図-1に示す。水路中心線の一周の長さは280.0 cm、水路の横幅は129.0 cm、奥行きは49.4 cmとした。水は水路内側の貯水場から2つのポンプで汲み上げ、ホースを通じて水路外壁に設けた4箇所の吐出口から水流を起こす仕組みにした。吐出口は水路底部から5 cmの高さにあり、15°で入射するようにした。ポンプを稼働させ続けると貯水場の水位が減少して水を流せなくなったため、曲線部出口に越流堰を設けて貯水場に水を越流させることにした。越流させる際、流木モデル(以下流木)が貯水場に流入しないように金網を設けた。水路の縮尺は、小本川の川幅54.0 mと水路幅11.5 cmの比より1/470とした。

土砂は馬場目川河床のものをを用いた。小本川の土砂と馬場目川の土砂の粒径加積曲線を図-2に示す。図-2から、この土砂の主成分は砂と礫で、均等係数は小本川が8.17、馬場目川が7.83であり、最大粒径は33 mmであった。実際の河床を再現するため、砂が下層に、礫が上層になるように調整し、層厚は約4 cmとした。

水路内の流速をプロペラ流速計で一点法により測定した。測定を行う際は、水路に清水のみ、または砂礫・清水を投入してポンプで水流を起こした。清水のみを対象とした実験では水位を9 cmとし、清水・砂礫を対象とした実験では砂礫を4 cm、水位を砂礫層上面から4 cm、6 cmとした。測定した条件と得られた流速、実際の縮尺に換算した流速を表-1に示す。池谷⁴⁾より、砂礫型土石流の流速は3~10 m/sとされているため、実現象を概ね再現出来ていることを確認した。また、表-1の条件で水を120 分間流下させると、実際の縮尺に換算して小本川の河口付近に到達する程度の距離となったため、流下時間は120 分とした。

流木は杉の枝を実際のものと仮定して用いた。想定

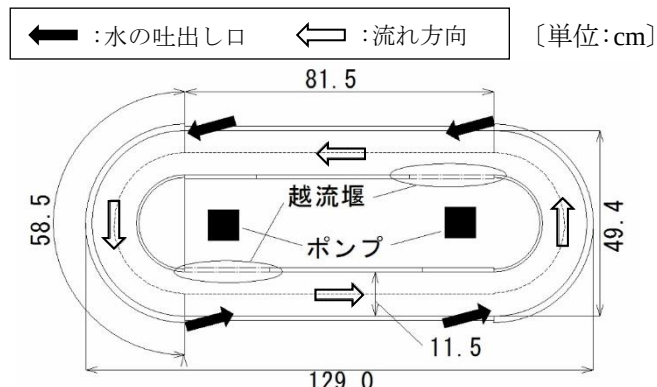


図-1 平面循環水路図

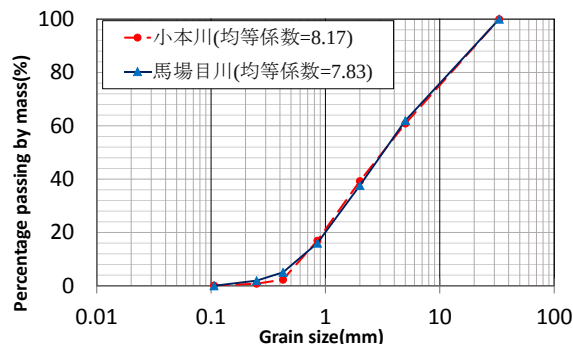


図-2 粒径加積曲線

表-1 流速・換算流速・流下距離の比較

	水位(cm)	流速(m/s)	換算流速(m/s)
清水のみ	9	0.49	10.62
砂礫あり (層厚4 cm)	4	0.37	8.02
	6	0.33	7.07

した流木長は25 mで、水路の縮尺では5.5 cmであった。枝の直径は6 mmを基準とした。流木は湿潤状態のものをを用い、このときの比重は、平均で0.92であった。

実験は表-1の各条件下で流木を10 本流して行い、60 分までは10 分毎に、その後の60 分は20 分毎にポンプを停止させて流木を観察した。樹皮の剥離は剥離率で評価し、式(1)に示す。流木の面積と剥離箇所の面積は、流木側面部分を4方向から撮影して画像解析を行うことで求めた。

$$\text{剥離率}(\%) = \frac{\text{剥離箇所の面積(pixel)}}{\text{流木の面積(pixel)}} \times 100 \quad (1)$$

3. 実験結果および考察

表-1における条件で流木を流す実験を行い、水路内の様子を観察した。流木・清水を用いた場合は、流木は断面部分を流れ方向に向けて河床付近を流れる傾向が強いことを確認した。

流木・清水・砂礫を用いた場合は、流木の挙動は流木・

キーワード：流木、平面循環水路、樹皮剥離、流下時間、洪水

連絡先（〒010-8502 秋田市手形学園町1番1号 TEL 018-889-2884）

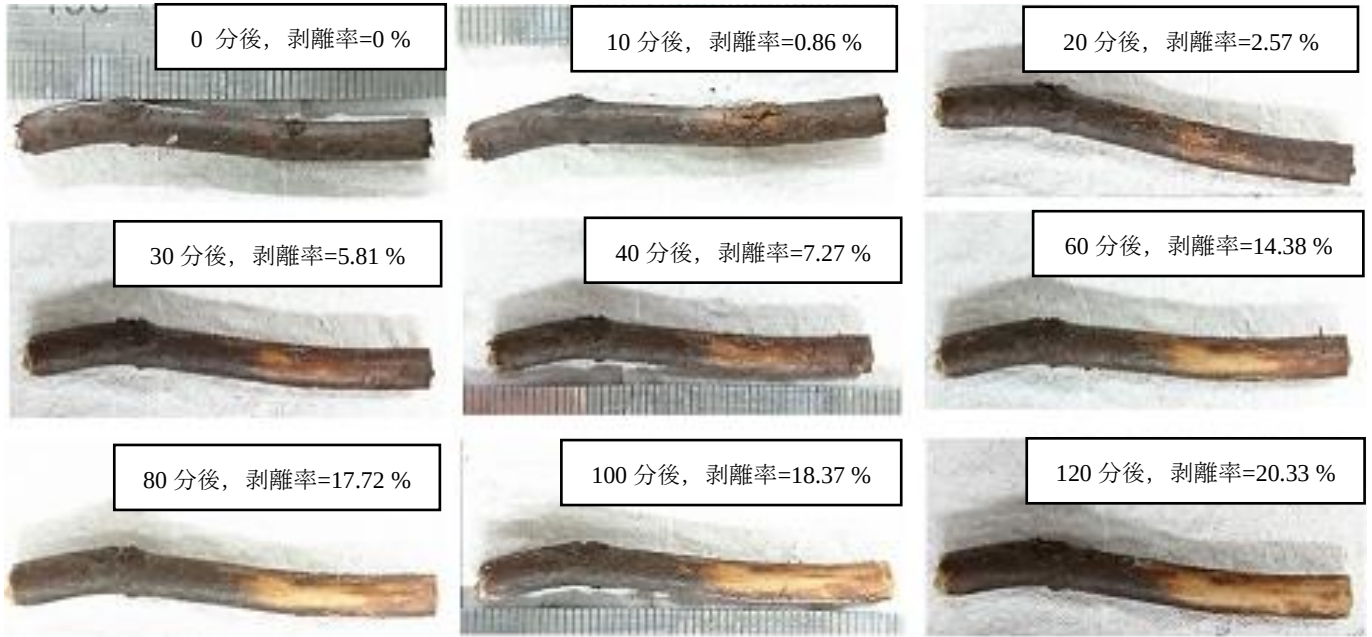


図-4 剥離過程(砂礫あり，水位 4 cm)

清水を用いた場合と同様の傾向が見られ，流木が礫と接触する際は，断面部分から衝突する場合と流木の側面部分が擦れるように接触する場合があることを確認した．また，河床付近の砂礫はあまり流されないか，または流されても水位の変化はあまり見られないため，砂礫の動的平衡が取れていることを確認した．

砂礫を用いた水位4 cmの条件で流下させた流木の中で，剥離していたある流木の剥離箇所について観察を行った．この流木の剥離過程を図-4に示す．流木表面に割れや欠け等の損傷は無かったが，10 分後の時点で側面部分が摩耗している様子が確認された．従って，この流木の側面部分は礫との接触による摩耗が原因となり剥離したことが分かる．これは礫と流木の側面部分が擦るように接触していたためと考えられる．剥離は円状に広がることはなく，主に長さ方向に進行したが，全長の半分ほどで進行が遅くなった．

剥離していた流木全てを観察したところ，割れや欠け等の損傷は見られず，図-4に示した流木と同様に摩耗により剥離が生じており，剥離箇所は主に側面部分であった．これらは最初に剥離が生じた箇所を中心に周囲に広がっていくことで剥離が進行していたが，複数箇所から同時に剥離が生じる様子はあまり見られなかった．一方，目視では剥離が生じていないと判断した流木に関しては，画像解析を行うことで断面部分から僅かに剥離が生じていることが確認出来た．

各条件で流した流木の最大剥離率に関して検討を行い，結果を図-5に示す．清水のみを用いた水位9 cmの場合は0.11 %であった．この結果より，流路の壁面や底面，また，流木同士の衝突による剥離はほぼ無いと考えられる．砂礫を用いた水位6 cmの場合は16.49 %，水位5 cmの場合は13.73 %，水位4 cmの場合は20.33 %であった．剥離率の推移を見ると，10 分後から大きく剥離が進行しており，その後も進行し続けたが，剥離の進行はそれぞれ異なっていた．この理由として，流木の個体差による影響が大きいと考えられる．

4. おわりに

本研究では，流木の樹皮が剥離する過程や様子を，平

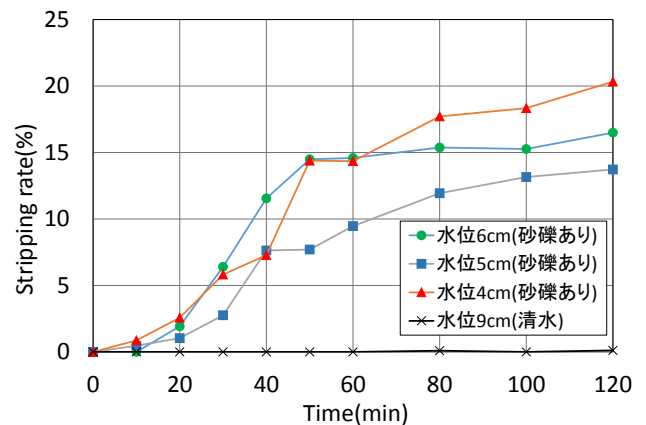


図-5 最大剥離率

面循環水路を用いて検討を行った．

- ・ 剥離が大きく進行している流木は主に側面部分から剥離が進行しており，複数箇所から同時に剥離する傾向はあまり見られなかった．
- ・ 剥離があまり生じていないように見える流木でも断面から僅かに剥離が生じていた．
- ・ 清水のみを用いた場合，流路や流木同士の衝突による表面の剥離はあまり確認できなかった．
- ・ 剥離は主に10 分後から進行するものが多く，それぞれの進行は様々であった．この理由として，流木の個体差の影響が大きいと考えられる．

今後は，流木の本数や土砂の粒径等の条件を変え，剥離の進行に及ぼす影響について検討を進めて行く予定である．

参考文献

- 1) 水原邦夫：土石流に伴う流木による災害とその防止軽減対策に関する考察，水利科学，No.352，pp.1-46，2016．
- 2) 石川芳治，水山高久，福澤誠：土石流に伴う流木の発生及び流下機構，新砂防，Vol.42，No.3(164)，pp.4-10，1989．
- 3) 立石龍平，香月智，石川信隆：回転円筒実験による水・砂・流木の混合土石流の偏析に関する基礎検討，構造工学論文集，Vol.62A，pp.1097-1110，2016．
- 4) 池谷浩：土石流災害，岩波新書，221p，1999．