

流木を含む土石流の流れに関する実験的研究

財団法人建設技術研究所 ○長谷川祐治 杉浦 信男
 阿部 彦七 小田 晃
 京都大学大学院農学研究科 水山 高久
 筑波大学農林工学系 宮本 邦明

1. はじめに

土砂のみならず、多量の流木が流出することによって下流域への被害が増大することはすでに知られている¹⁾。これは、流木の衝突や橋梁への集積による水位上昇・氾濫などによると考えられてきた。ところで、流木混入による水深や流速など流れへの影響についてはほとんど知られていない。水山ら²⁾は、土石流を対象に狭窄部での流木の補足について実験的検討を行い、狭窄部の幅と流木長の関係が重要であることを示した。

水山ら実験結果から、流下幅に変化が無い直線流路では流木が含まれても流速や水深にほとんど変化が現れないが、湾曲していたり、谷の幅が変化していたりすると流木により土石流の一時的堰き止めなどにより流速や水深に大きな変化が生じ、被害拡大の原因となり得る可能性も考えられる。本報は、直線水路において、突起と流木混入の有無による土石流の水深や流速、流量、輸送濃度への影響について検討したものである。なお、本実験は、泥流型もしくは土砂流のように流木が水面付近に浮遊している³⁾のではなく、土石流フロントが形成され、流木が土石流先端部に集中している場合を想定し実験を行った。

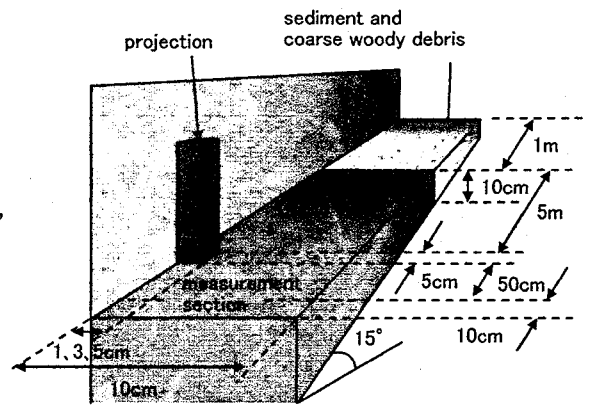


図-1 水路概略図

2. 実験概要

実験には、長さ7.0m、幅10cm、勾配15度の直線矩形断面の水路を使用した。水路下流6.0mの区間は、底面から10cm嵩上げを行い、床板に1.5mmの一樣砂を貼り付け、土石流の流下区間とした。その上流1.0mは、流下させる土砂と流木を敷き詰めた。上流端からは1.0ℓ/sの水を定常的に供給して土石流を発生させた。使用した砂は、最大径2.0cm、平均粒径0.82cmの混合砂で、量は10ℓ、流木は、長さ4.2cm、径0.2cmの一樣なものを2000本使用した。水路に狭窄部を設ける場合、右岸側壁に厚さ5.0cm、幅1.0、3.0、5.0cmの3種類の突起を測定地点50cm上流に設置した。水深と流速の測定は、水路下流端から10cmの位置に超音波変位センサとビデオカメラを使用し、土石流先端部の土砂量と流量、流木量は、下流端で測定を行った。図-1に水路概略図を、表-1に実験条件を示す。

表-1 実験条件

実験 No.	流木	突起	突起幅
1	無し	無し	—
2	無し	有り	1cm
3	有り	無し	—
4	有り	有り	1cm
5	有り	有り	3cm
6	有り	有り	5cm

3. 実験結果

3. 1 狭窄部と流木混入による土石流の水深、流速、流量、輸送濃度への影響

図-2は、実験 No.1 に対する実験 No.2~4 の水深比、流速比、流量比、濃度比の標準値を示したものである。なお、水深は最大値を、流量と流速および濃度は土石流先端部の値を使用した。この図によると実験 No.2 は各項目の標準値が 1.0 程度の値であるのに対して、実験 No.3 は水深比、実験 No.4 は流量比と水深比、流量比が 1.0 より大きい値であることがわかる。水深については、図-3 に示した突起の 50cm 下流で継続的に測定した

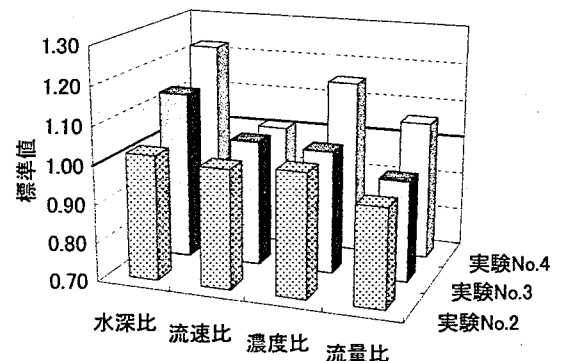


図-2 土石流の水深、流速、流量、濃度の比較

※ 実験 No.2 (1.02, 1.01, 1.02, 0.96)
 実験 No.3 (1.14, 1.03, 1.02, 0.96)
 実験 No.4 (1.23, 1.02, 1.15, 1.06)
 ()内は水深比、流速比、濃度比、流量比である。

結果を確認すると、実験 No.1 と比べて実験 No.3 は、先端部 ($t=0.0\sim 1.0\text{sec}$) のみで水深がやや高くなっているものの、実験 No.4 は、先端部はもとより後続流 ($t=1.0\text{sec}\sim$) の水深も高くなっていることがわかる。実験観察において、先端部には流木の層が形成されるため、これが原因で水深が一部高くなったと考えられる。一方、後続流には流木がほとんど含まれておらず、先端部とは原因が異なる。ここで、突起の有無による土石流先端部の流木流出量を確認すると、無しの場合が 1538 本/s、有りの場合が 978 本/s である。さらに、流木を含む土石流の突起位置から下流端までの到達時間を突起の有無で比較すると、有りの場合が約 0.2 秒遅れて到達する結果となった。このことは、流木が突起によって土石流の流れを阻害したことを裏付けている。しかし、突起による流れの阻害については、流木の流れる角度が大きく影響していることが考えられるため、ビデオ画像によって確認を行ったが、流木は一樣な方向を向いていなかった。特に、狭窄部付近では流木が吸い込まれるような流れとなるため、縦方向に向かって流れているように見てとれた。

3. 2 突起幅の違いが土石流の流れに及ぼす影響

写真-1 は、突起幅を 3.0cm と 5.0cm に変化させて、通水後の状況を側方 (写真の右側) と下流 (写真の左側) から撮影を行った結果である。突起幅 1.0cm では、河道閉塞が生じなかったのに対して写真のように幅

3.0, 5.0cm では河道閉塞が生じている。石川ら⁴⁾の実験では、狭窄部の幅/流木長 (w/l) < 1.0 の場合には、流木はほとんど全て堆積し (狭窄部に捕捉される)、 $w/l \geq 1.3$ の場合には、流木はほとんど捕捉されないとの記述があるが、本実験では $w/l = 1.2$ (突起幅 5.0cm) だけでなく 1.7 (突起幅 3.0cm) の場合においても河道閉塞を生じ、狭窄部でほとんど捕捉される結果となった。石川らの実験は、現地観測の結果に従って流木量を土砂量の約 2% であるのに対して、本実験は約 4.4%、特に先端部のみに着目すると約 60% である。河道閉塞後、突起を取り外し、河道閉塞の決壊を想定した実験を実施した。その結果、実験 No.1 に対する実験 No.5, 6 の水深比、流速比、流量比、濃度比の標準値は、それぞれ (1.17, 1.31, 1.39, 1.35)、(1.26, 1.33, 1.49, 1.37) とすべて 1.0 を大きく上回った。

4. おわりに

直線水路において突起および流木混入の有無による土石流の水深や流速、流量、輸送濃度への影響について検討を行った。その結果、水路幅が途中で変化すると、流木を含む土石流は、たとえ、河道閉塞後の決壊が生じなくとも水深、流量、輸送濃度が増大する。今後は、具体的な流域の条件を対象とするとともに、土石流中に含まれる流木の流れ方について検討を行っていく。

参考文献

1) 水山高久, 大場章, 万膳英彦: 土石流発生に伴う流木の生産, 流出事例と対策, 砂防学会誌, Vol.38, No.1, p.1-6, 1985 2) 水山高久, 石川芳治, 矢島重美: 透過型砂防ダムによる流木捕捉効果, 土木技術資料 30-11, p.623-628, 1988 3) 仲野公章, 山田孝, 溝口昌晴: 流木を大量に含む土石流, 土砂流の運動・堆積特性, 平成 13 年度砂防学会研究発表概要集, p.88-89, 2001 4) 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, 砂防学会誌, Vol.42, No.3, p.4-10, 1989

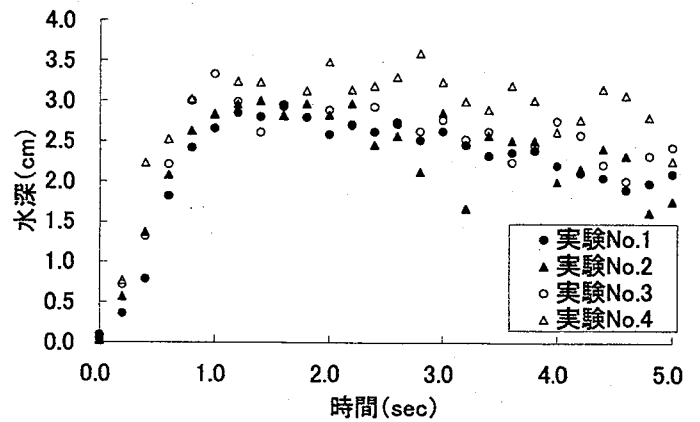


図-3 水深の時間変化

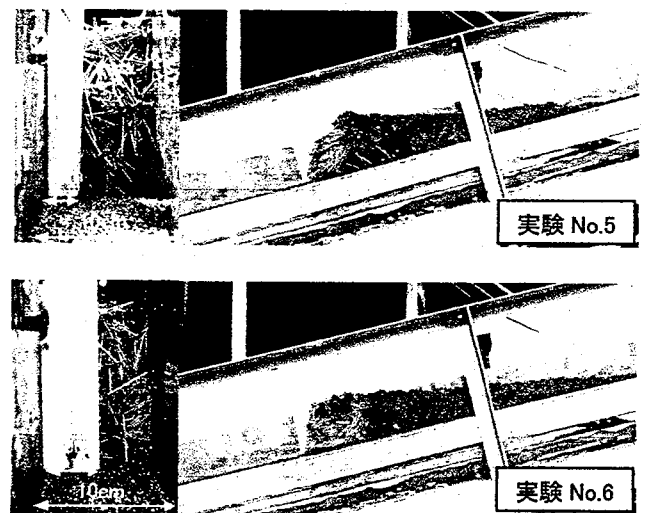


写真-1 流木による河道閉塞の状況