

41 透過型砂防ダムに堆積した流木が及ぼす影響

筑波大学農学研究科 ○土井康弘
 筑波大学環境科学研究科 中野秀浩
 建設省土木研究所砂防研究室 南哲行, 山田孝
 筑波大学農林工学系 天田高白

1. はじめに

透過型砂防ダムは土石流区間において巨礫を捕捉し、掃流区間においては堰上げ効果により洪水ピーク流量を調節する役割を持っており、また通常時は粒径の小さい土砂を下流に供給することで、不透過型砂防ダムに比較し自然な流れに与える影響が少ないという利点がある。しかし透過部が目詰まりを起こすと、小粒径の土砂まで捕捉してしまい、その機能が発揮されない事態となる。透過型ダムの開口部閉塞材料を調査した結果によると、そのほとんどが流木で特に小枝や雑木、雑草が多くを占めている(井良沢ら, 1998)。このような小流木は土砂災害に至らない程度の降雨による増水でも流出し、そのまま放置されている状況も多いのではないかとと思われる。流木の目詰まりにより土砂の捕捉に至る過程や堆積流木量と土砂量との関係を知ることは、透過型砂防ダムの保守管理を行う上で重要である。本研究はスリット式鋼製ダムモデルを設置した水路に流木モデルを流下させ、砂防ダムに堆積した流木が土砂に与える影響を中心に解析したものであり、その結果を報告する。

2. 実験条件と手順

松本砂防工事事務所管内の波田黒川第2号砂防ダムを想定し、縮尺を1/100としてフルード相似則により実験条件を決定した。土砂災害は地質条件にもよるが、最大時間雨量30 mm/hr以上で発生することが多い(芦田ら, 1986)。これよりピーク流量を時間雨量30 mm、流域面積20 km²から合理式により120 m³/sと計算し(流出率: 0.7)、ピーク流量発生前後の時間雨量を10mmとしてそれぞれ1時間ずつ、最後に5mm/hrで2時間流出したと仮定して実験流量とした(図-1)。時間雨量30 mm, 10 mm, 5 mmはそれぞれ実験流量1.2 l/s, 0.4 l/s, 0.2 l/sに、1時間は6分に相当する。流木モデルは直径2 mmの爪楊枝を用い、長さ6 cm, 4 cm, 2 cmの3種類、それぞれの発生量は不明なため本数の比率を1:2:3とし、表-1のように流木なしをCase 0、総本数の少ないものから順にCase 1~4とした。河床に堆積する流木の流出量は、河川流量の増加に伴い上昇する水位に比例して増えるものと思われる。実験水路に土砂を敷き、通水して砂礫堆を形成させ、通水量を0.2 l/sに設定して流木モデルを投入したところ、その多くが流下途中で停止した。流量を0.4 l/sに上げたところ、水路上に停止した流木の約70%が流下しダムモデルに到達し、さらに流量を1.2 l/sにすると、残った全ての流木が流出した。これより今回の実験では最初の流量0.4 l/sの時に、本数の比率を保ちながら全体流木量の70%、1.2 l/sに増水した時に残りの30%を投入することとした。投入の際、流木の投入密度が一定になるよう配慮しながら1ケース3回ずつ流下させた。

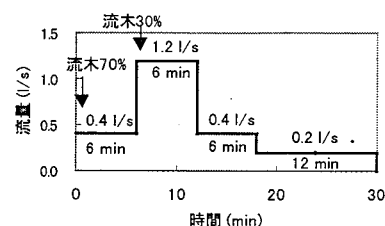


図-1 実験に使用したハイドログラフ

表-1 実験 Case 別の流木モデル投入本数 (単位: 本)

	6 cm	4 cm	2 cm
Case 0	0	0	0
Case 1	15	30	45
Case 2	25	50	75
Case 3	50	100	150
Case 4	75	150	225

実験には幅30 cm、長さ5 mの流量調節可能な循環式水路を用いた。水路勾配を1/30とし、水路の末端に透過部の幅20 cm、格子水平間隔2 cmのスリットダムモデルを設置した。実験に先立ち水路に平均粒径1.3 mmの砂を厚さ3 cm、長さ2.5 mで敷き、0.4 l/sで10分間通水して砂礫堆を形成させ、0.4 l/s通水開始後に全体流木量の70%、1.2 l/sに増水後残りの30%をダムモデルより2.5 m上流から投入した。通水流量を変える毎に水位を、またそれぞれの通水流量毎に流出した土砂量を測定した。通水終了後、堆積流木本数を数え、水路床の縦横断測量を行った。

3. 実験結果と考察

3.1 流木堆積率

Case 別に流木長さ毎の流木堆積率平均値を図-2に示した。ここで流木堆積率とは、ダムモデル地点で堆積した流木が投入した全体流木に占める割合を言う。いずれの流木も投入量が多いほど堆積率が高くなる傾向がある。しかし4 cm, 6 cm流木に比較し、2 cm流木はその増加率が大きい。橋脚に堆積する流木の流下実験(足立ら, 1957)に

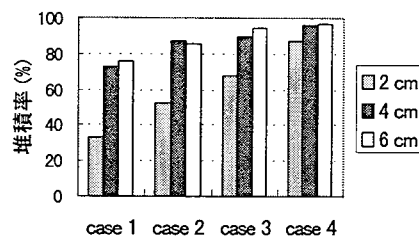


図-2 Case 別の流木モデル堆積率

よると、水の表面積に対し流下中の流木が水面で占めている面積（流木面積）の割合が大きいほど堆積しやすい。流木の投入本数が多いと流木面積の割合も大きくなり、流木堆積率が高くなるのはその結果を反映している。また 2 cm 流木だけでは格子間隔 2 cm のスリットを通過してしまう確率が高いが、先にスリットを閉塞した流木があると堆積しやすくなる。投入流木が多いほどスリットを閉塞する流木も多くなり、この結果 2 cm 流木捕捉率が上昇したものと考えられる。

3. 2 流出土砂量の時間的変化

通水流量毎の単位時間あたり土砂流出量を測定し、実験 Case 別に示したのが図-3 である。Case 0 において流量の増減と土砂流出量は対応しているが、流木の堆積した他の Case では異なった結果を示した。Case 2, 3, 4 においては、通水流量がピークの時に土砂流出量が最も低かった。これは砂防ダムに堆積した流木により発生する堰上げの影響で堆砂肩の進行速度が遅くなり、土砂が砂防ダムに到達しなかったことによる。また Case 1 においては透過部を閉塞した流木の隙間が大きく、従って堰上げの影響が小さく、堆砂肩が堆積流木の多い他の Case より速く進行し、流木の間から土砂が流出した。Case 1, 2, 3 の場合、土砂流出量が最も多かったのはピーク流量後の 0.4 l/s 通水時、Case 4 については 0.2 l/s 通水時であった。通水流量が 1.2 l/s から 0.4 l/s に下がると流路が水路内に形成され、土砂はこの流路を通して運ばれ砂防ダムに到達し、流木の隙間から流出した。

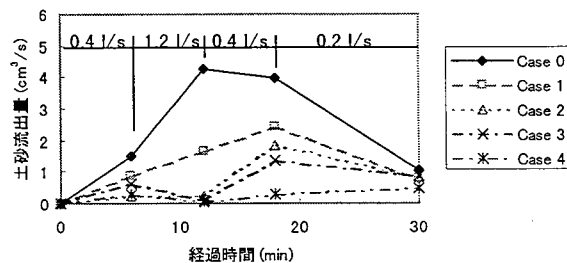


図-3 流量の変動に伴う流出土砂量の変化

3. 3 堆積流木と土砂捕捉率

通常流木の堆積量をいうときはその乾材積を用いることが多いが、本実験では全て同じ直径の流木モデルを使用しており、実態を表現するのに適当でない。ここでは堆積した流木の長さを合計した堆積流木全長と土砂捕捉率の関係を、Case 別に比較した（図-4）。土砂捕捉率とは、流木なしで行った実験(Case 0)終了後の総流出土砂量を 100%とし、それぞれの実験で流出した全土砂量との比を計算してその差をとったものを言う。堆積流木が増加することにより土砂捕捉率は 70%くらいまで飛躍的に上昇したが、その後上昇率は小さくなった。堆積した流木全長に占める 2 cm 流木全長の割合（2 cm 流木占有率）と土砂捕捉率の関係を図-5 に示したが、2 cm 流木占有率が高いほど土砂捕捉率も高くなる傾向がある。これは砂防ダムに堆積した長い流木の隙間を短い流木が塞ぐことにより堰上げの影響が強まり、同時に土砂の流出口を遮断することによる。また投入流木量が多いほど 2 cm 流木占有率が上昇する傾向があるが、これは流木量が多いと長い流木が透過部全面にわたって堆積し、2 cm 流木の流下路を阻むことによるものと考えられる。

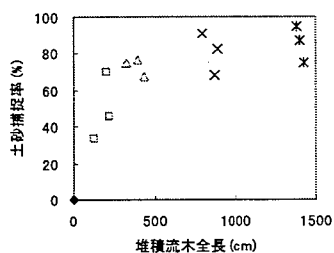


図-4 堆積流木全長と土砂捕捉率

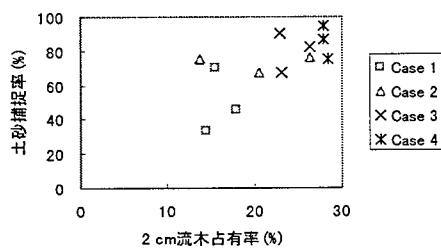


図-5 2cm 流木占有率と土砂捕捉率

4. おわりに

今回の実験結果より、透過型砂防ダムの開口部を長い流木が閉塞することにより小流木も捕捉されやすくなること、流木が堆積することにより本来流下させるべき土砂が捕捉されること、流木が堆積した場合の土砂流出ピークは洪水ピークを過ぎた後であること、が明らかとなった。透過型砂防ダムを閉塞する材料は流木だけでなく草本・土砂などの混合物もあり、これが堆積流木の隙間を埋めると、土砂捕捉率はより高くなるものと思われる。

引用文献

- 芦田和男, 江頭進治, 青井博志(1986): 豪雨時の山腹崩壊に関する資料解析的研究, 京大防災研究所年報第 29 号, B-2, p.309-327
 足立昭平, 大同淳之(1957): 流木に関する実験的研究, 京大防災研究所年報第 1 号, p.41-49
 井良沢道也, 本郷國男, 松本久, 重野輝幸(1998): 砂防ダム開口部の閉塞原因の究明と対策について, 平成 10 年度砂防学会研究発表会概要集, p.300-301