

溪岸崩壊土砂による短時間溪流閉塞の実験的研究

日本大学生産工学部土木工学科（前・財団法人建設技術研究所）○小田 晃

京都大学大学院農学研究科 水山高久

筑波大学大学院生命環境科学研究科 宮本邦明

1. はじめに 災害をもたらす鉄砲水の発生原因は現在、調査・研究が進められており、徐々に明らかになりつつある。その中で、一時的に溪流が土砂や礫等によって閉塞される現象が着目されている¹⁾。そのような現象は河道幅の狭い溪流で多く発生しているようであり、それが原因のひとつとなって災害となった事例も確認されている²⁾。一時的な河道閉塞が発生する要因としては、溪流の地形的な変化（湾曲、狭窄、河床の凹凸）のほかに、0次谷からの土砂流出や溪岸部の崩壊が考えられる。

大規模な天然ダムに関する研究事例は多くの報告がある³⁾。しかし、小規模な溪流閉塞についての研究は多くない。これは、形成から決壊までの時間が短いため、その現象自体の確認が困難であることが原因と考えられ、特性については明らかにされていないのが現状である。そこで、本研究では短時間溪流閉塞の形成から決壊に至る過程と決壊時の流量変化を明らかにすることを最終的な目的として水路実験を実施した。実験は、溪岸崩壊により溪流が短時間閉塞する状況を再現するため、通水している水路の側面から、崩壊土砂を想定して土砂を滑落させた。ここでは最初の段階として、通水している水路に天然ダムが形成される時の土砂の堆積形状、土砂量、決壊時のピーク流量の関係について報告する。

2. 実験概要 溪流を想定した実験水路は長さ9.0m、幅15cmの矩形断面直線水路、崩壊土砂を滑落させる斜路は幅20cmであり、角度45°で水路側壁に設置した(図1)。崩壊土砂量(平均粒径4.4mm)は1,000、2,000cm³、流量は250、500、1,000、2,000cm³/s、水路勾配は1/5、1/4、1/3である。水路底面は粗度付(1.0mm-2.0mmの砂を貼り付けた)の固定床とした。堆積形状は水路側面から撮影した画像を解析し、水路下流端には流量計測用の容器(直径32cm、高さ57cm)を設置してその水位上昇量から流量を求めた。

3. 実験結果

3.1 天然ダムの高さや底面長の関係 崩壊土砂が溪流に落下した時、土砂は流水により下流へ流され、天然ダム形状が変化することが実験観察から分かった。そこで、ここでは崩壊土砂が流水中に滑落・堆積した場合の形状(高さや底面長)を調べた。天然ダムの高さや底面長は水路左岸側の値であり、水路側面から約1/3秒間隔で撮影した写真から判読した。高さや底面長の定義図を図1に示す。なお、堆積土砂の天端は水路横断方向にほぼ水平となる状態を対象とした。

図2に水路勾配1/5のときの越流直前の天然ダムの高さや底面長の関係を示す。図中の「●」と「▲」は流入流量が無い場合の実験値である。また、高橋らの式⁴⁾による、流入流量が無い場合の天然ダム高さや底面長の計算値も「+」と「*」で示した。この図から、流入流量があることにより同程度の堆積高の場合には底面長が長くなることが示された。崩壊土砂が溪流に落下して天然ダムを形成するまでの短い

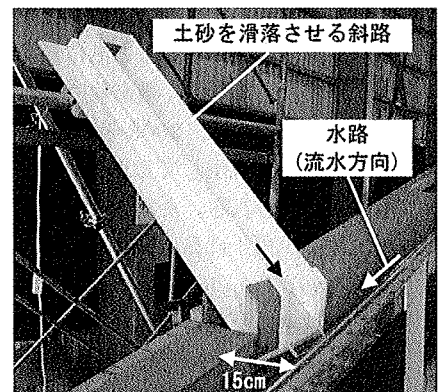


写真1 実験水路(斜路接続部)

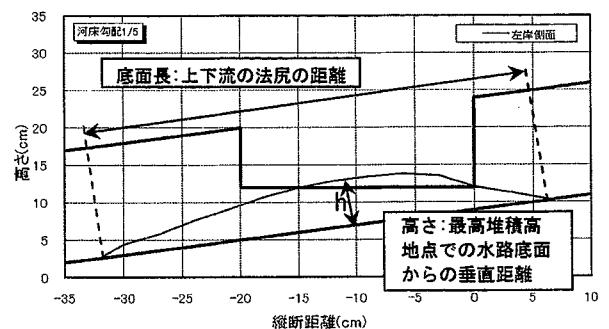


図1 堆積土砂の高さや底面長の略図

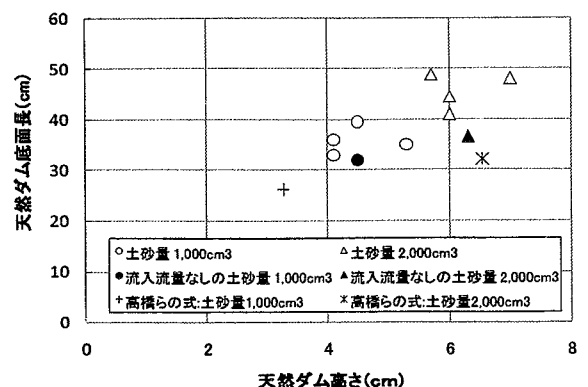


図2 天然ダムの高さや底面長の関係

時間に、崩壊土砂は流れにより移動するためと考えられる。また、崩壊土砂量の多い方(△・▲・*)が天然ダムの高さは高く、底面長は長くなる。

3.2 流入流量と天然ダムの高さ・底面長の関係 同じ土砂量でも天然ダムの高さが変化している(図2)。そこで、これらのパラメータとして考えられる流入流量に着目した。その結果、水路勾配1/5のときの流入流量2,000cm³/sの場合、2種類の土砂量とも天然ダムの高さが他の流入流量の場合より1.0cm程度高くなる傾向が示された。これは、土砂が水路に落下した直後、上流側の堆積土砂が流水により移動して下流側の堆積土砂上に移動し、堆積するためと考えられる。なお、底面長の変化は示されていない(図3)。

3.3 流入流量と決壊時のピーク流量の関係 流入流量と決壊時のピーク流量の関係を図4に示す。図中の×印は土砂量1,000cm³、それ以外は土砂量2,000cm³である。決壊時のピーク流量は水路下流端(崩壊土砂投入水路下流端から50cm下流)で計測した水位を基に算出した。この図から、流入流量が1,000cm³/sまでは流入流量の増加とともに決壊時のピーク流量が増加している。しかし、流入流量が2,000cm³/sに増加すると決壊時のピーク流量は流入流量に近付く傾向が示された。これは、流量が増加すると崩壊土砂が一気に流される状態に近付くため、天然ダムが形成されにくくなることを示していると考えられる。また、水路勾配が流入流量と決壊時のピーク流量の关系到及ぼす影響は明確には示されていない。なお、土砂量が1,000cm³の場合、2,000cm³と比べて決壊時のピーク流量が少なくなる。

3.4 湛水量と決壊時のピーク流量の関係 図5に越流直前の水面形状から判読した湛水量と決壊時のピーク流量の関係を示す。越流直前の湛水量は水路勾配1/5の場合における水路側面から撮影した写真により推定した。なお、湛水域の上流端で発生する跳水により水面形が著しく乱れ、湛水域の判読が困難である流入流量2,000cm³/sのケースは除いた。その結果、今回の条件範囲では湛水量の違いによる決壊時のピーク流量に変化は見られない。湛水量が流入流量に対して多くないことが理由と考えられる。

4. おわりに 流れが存在している溪流に土砂が滑落して天然ダムが形成される時の形状特性と流量の関について報告した。実際の天然ダム形成時は降雨時である場合が多い。天然ダムの形成から決壊に至る過程を明らかにするためには溪流に流水が存在している状態での、さらなる検討が必要であると考えられる。

参考文献 1) 長谷川祐治ら(2007): 流木を含む土石流の流れに関する研究(2), 平成19年度砂防学会研究発表会概要集, p.416-417 2) 栗原淳一ら(2007): 2006年に発生した鉄砲水災害の発生原因について一佐賀県伊万里市, 山形県富並川の事例一, 砂防学会誌, Vol.60, No.2, p.39-44 3) 例えば、田畑茂清ら(2002): 天然ダムと災害, 古今書院 4) 高橋保ら(1988): 天然ダムの決壊による土石流の規模に関する研究, 京都大学防災研究所年報, 第31号, B-2, p.601-615

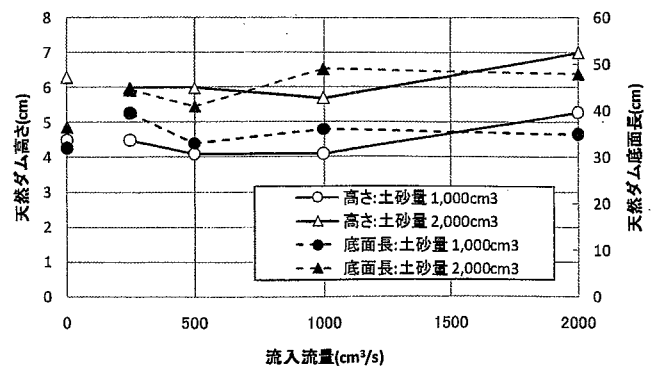


図3 流入流量との天然ダムの高さ、底面長の関係

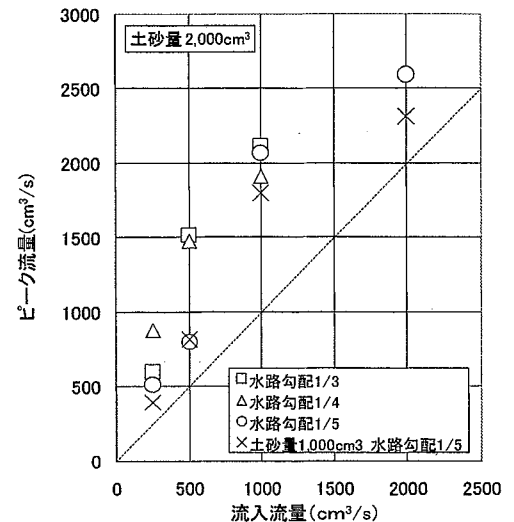


図4 流入流量とピーク流量の関係

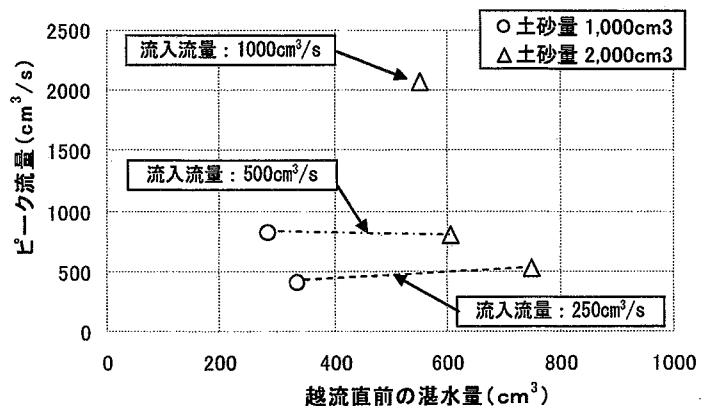


図5 天然ダムの高さ、底面長ピーク流量の関係