

稲荷川源頭部における天然ダム形成、決壊に関する水理模型実験

国土交通省日光砂防事務所 光永健男 佐藤 勇
 石丸昌史
 (一財)建設技術研究所 ○杉浦信男 長谷川祐治

1. はじめに

稲荷川は土砂流出の激しい荒廃溪流で、寛文2年(1662年)や明治35年(1902年)、昭和41年(1966年)に大規模な土砂災害が発生している¹⁾。源頭部の崩壊地は、大規模崩壊が発生する「アカナ沢」と恒常的に年間30,000m³程度の崩壊が発生する「七滝沢」があり、両河川が合流するY字峡やその下流の雲竜渓谷では所々に存在する狭窄部で土砂流送が規制される。狭窄部上流では河道に土砂堆積が生じやすくそれが天然ダムの形成に繋がると考えられている。一般的に大規模な天然ダムは、深層崩壊等の大規模崩壊で形成されることが知られているが、土砂流出による天然ダムの形成過程やその規模についてはほとんど知られていない。本実験では稲荷川源頭部の地形を模型で再現し、土砂流出による天然ダムの形成過程を確認し、それが決壊した時の流出量を確認したので報告する。



2. 地形模型実験概要

模型対象地区は、栃木県日光市の稲荷川上流である。模型取り入れ範囲は、下流端を早川谷上流砂防堰堤として、アカナ沢と七滝沢の合流点(Y字峡)を含む約1,600m上流を模型上流端とした。縦断勾配は河道内に20mの大転石がある位置より上流は1/5(約11.3度)以上、それより下流の早川谷上流砂防堰堤堆砂敷は1/6.6(約8.6度)と土石流の発生、流下区間である。また、河道の途中には狭窄部がある等、河道幅の変化が大きい河川である。模型は相似縮尺で1/40である。

3. 土砂流出による天然ダムの形成過程

前報²⁾ではアカナ沢からの土砂流出による天然ダムの形成過程を報告したので、本報では七滝沢からの土砂流出による天然ダムの形成過程の結果を報告する。七滝沢では恒常的に土砂流出が生じるため、十数回にわたって土石流(1回の土砂量は約10,000m³)を発生させた。その結果、土石流の発生回数が少ない時はY字峡まで土砂が到達するが、回数を重ねると大部分の土砂が七滝沢で堆積する。これは、堆積勾配が徐々に緩くなり、堆積した土砂への浸透(水と土砂の分離、河床近傍付近における間隙水圧の低下にともなう河床せん断力の増加)が理由と考えられる。七滝沢に堆積した土石流堆積物(約110,000m³)を計画洪水流量50m³/sで二次移動させると、Y字峡に

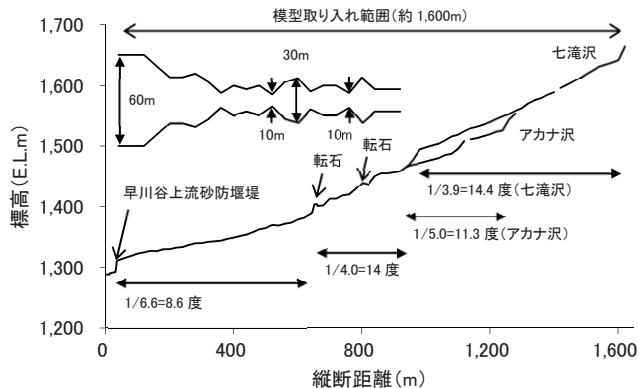


図-1 稲荷川縦断図、河道幅

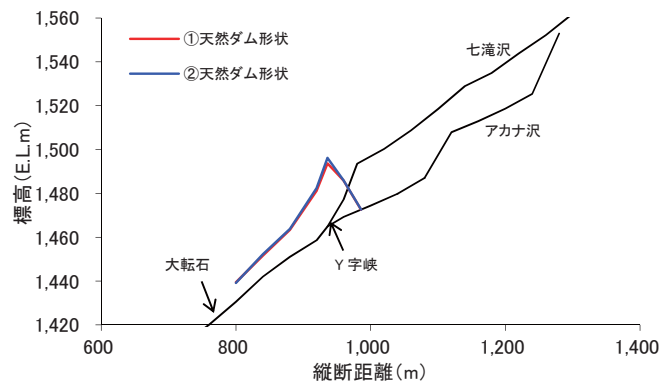


図-2 天然ダム形状縦断図

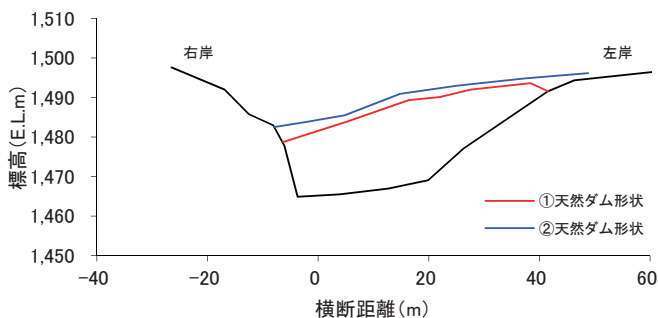


図-3 天然ダム形状横断図(Y字峡地点)

58,570³の土砂が流出して、高さ 28.7m、下流法勾配 1/2.8 (約 19.4 度)、土砂量 33,640³の天然ダムが形成される (図-2、3 の①の天然ダム形状)。Y 字峡の勾配は 1/4.0 (約 14 度) で、土砂は堆積し難い勾配であるが、七滝沢から約 30m の落差の滝を落下して合流すること、河道内に大転石がありそれが流れの阻害となること、流下材料に巨礫が含まれること (相対水深 (流動深/粒径) が極端に小さくなる)、これらの条件が合わされると比較的急勾配でも土砂が堆積しやすい状況になると考えられる。また、Y 字峡直上流の七滝沢の河道が弯曲しており、その内弯側 (左岸側) に堆積した土砂が崩れて (砂礫堆の移動)、高濃度の土砂が一気に流出したことが大規模な天然ダム形成に繋がったと考えられる。その後、粗粒土砂が移動しない 10³/s を通水すると、細粒土砂のみが Y 字峡に流出して、上記の天然ダムの堆積土砂を充填して天端に土砂が堆積し、高さ 31.3m、下流法勾配 1/2.6 (約 20.8 度)、土砂量 44,300³、湛水量 8,900³ の実験ケース中最大規模の天然ダムが形成された (図-2、3 の②の天然ダム形状)。七滝沢からの土砂流出による天然ダムの形成過程は、七滝沢で複数回の土石流発生→七滝沢で堆積→小規模洪水 (1~2³/s) →土石流堆積物がアーミング→大規模洪水 (約 50³/s) →Y 字峡に十数 m の土砂堆積 (粗粒土砂で構成のため小規模な流量では浸透し湛水しない) →七滝沢からの中規模洪水 (10³/s) で細粒土砂が流出→Y 字峡に天然ダムの形成、である。

4. 天然ダムの決壊

合流点直下に天然ダムが形成された後、合流点に同時にピーク流量 (合流後 158.2³/s) が到達するようアカナ沢と七滝沢から通水した (写真-1)。天然ダムが天端越流決壊した時の早川谷上流砂防堰堤からの流出流量は 205³/s (流出流量/流入流量=1.30)、土砂濃度はピーク流量時に 0.35 であった (図-4)。この濃度は、勾配 14.4 度 (1/3.9) の平衡濃度に相当する。天然ダムの決壊過程を詳細に見ると、天端の特定の箇所から越流が始まり、そこに流れが集中し、流路が形成され、縦侵食と横侵食 (縦侵食が進行後に側岸が崩落する現象) を繰り返し、流路が拡大して湛水した水が一気に流出することで流出量が増大する (写真-1)。一般的に、天然ダムの下流法面が急で縦断方向の天端長が短い形状 (切り立った三角形) の方が決壊規模が大きくなりやすいことが判っている³⁾。今回の天然ダムの形成位置と決壊過程からすると、天然ダム下流法面側方に流入する七滝沢から先に通水し、下流法面を侵食させた状態 (下流法面が急になった状態) で、湛水池が形成されているアカナ沢からの通水で天然ダムの天端を越流させた方が、決壊規模が大きくなると考えられる。すなわち、合流点に天然ダムが形成される場合、アカナ沢と七滝沢の出水時刻がずれると決壊規模に大きく影響すると考えられる。

5. おわりに

数十 m 規模の天然ダムは深層崩壊のみならず、土砂流出により形成されることを確認した。しかし全ての流域で起こり得る現象ではなく、稲荷川の地形 (弯曲、合流点、滝の落差、河道内の大転石等) や流出土砂の材料特性 (粒度分布の幅の広い混合砂、最大径が 2m 程度の巨石が含まれること等) が大きく影響すると考えられる。合流点に形成された天然ダムは、両支川の出水時刻がずれると決壊規模に影響する。

参考文献

- 1) 日光 稲荷川-寛文二年の土砂災害を辿る-、国土交通省関東地方整備局日光砂防事務所 2) 杉浦信男ら：稲荷川源頭部の大規模地形模型実験、平成 24 年度砂防学会研究発表会、pp. 708-709、2012 3) 里深好文ら：天然ダム決壊時のピーク流量推定に関する一考察、砂防学会誌、Vol. 59、No. 6、pp55-59、2007

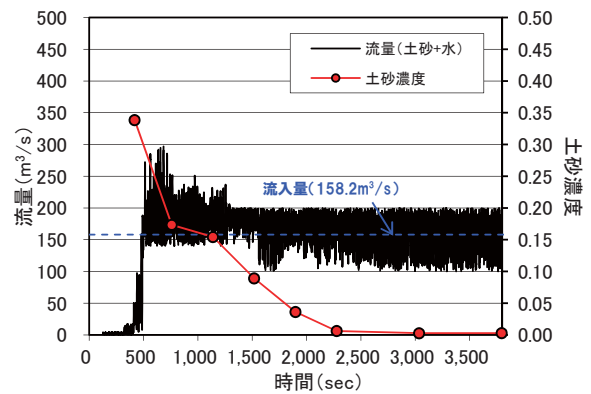


図-4 天然ダム決壊による流出量



写真-1 天然ダム決壊状況