

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：82105

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2012～2014

課題番号：24681037

研究課題名(和文)国内最大規模の人工水路を用いた天然ダム決壊の実証実験を通じた危険度評価指標の提案

研究課題名(英文) Risk evaluation on the collapse of landslide-dams through large-scale flume experiments

研究代表者

岡田 康彦 (OKADA, Yasuhiko)

独立行政法人森林総合研究所・水土保持研究領域・チーム長

研究者番号：50360376

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,400,000円

研究成果の概要(和文)：天然ダムの侵食・決壊機構の解明を目指し、国内最大規模の大型水路模型を利用した実証実験を実施した。大型水路は、長さが20m超、幅1mで、天然ダム背後の水位を徐々にあげて(流量0.001m³/s)天然ダムを決壊させた。

天然ダムの密度が小さい場合は、末端侵食から発生し、越流が開始してほどなくダム全体が決壊した。一方、密度が大きい場合は越流により水溝が形成され侵食が生じたが全体の決壊には至らなかった。ダム全体が崩壊して決壊に至るかどうかについては、ダムを形成する土砂の単位体積重量が大きく影響を及ぼすことが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：A large-scale flume experiments were conducted on the collapse of landslide-dams, the size of the flume was about 20 m long and 1 m wide. Water behind the landslide-dam was gradually raised-up at a volume flow rate of 0.001 m³/s.

In the case of the landslide-dams at a small unit weight, the collapse of the whole part of dams was triggered not long after the water behind the dams started to overflow. On the other hand, in the case of the dams at a large unit weight, part of the dams alone collapsed instead, indicating the importance of the unit weight of the landslide-dams on the potential of the collapse.

研究分野：治山工学

キーワード：天然ダム 大型水路実験

1. 研究開始当初の背景

急峻な地形が多く、また、降水量や地震の発生回数も多い我が国では、地すべり・斜面崩壊といった山地土砂災害が頻発し、毎年のように甚大な被害が生じている。そのため、これらの発生・運動機構の解明研究の他、効果的な抑止技術の開発研究は数多くなされてきていた。

一方、平成16年10月23日の新潟県中越地震において、芋川流域に地すべりや大規模な斜面崩壊による天然ダムが多数形成され耳目を集めた。旧山古志村の東竹沢地区では、天然ダムの決壊に備え緊急の排水工が施工された。緊急の対応を進める中で、やむを得ず、排水工が東竹沢地すべりの対岸の小学校を貫通する形で施工されたこともあり、国民に広く知れ渡ることとなった。

さらには、平成23年9月3日の台風12号の豪雨により、紀伊半島でも多数の大規模な天然ダムが形成された。この事実は、「天然ダムは主に地震により生じる」という従来の理解を覆し、豪雨によっても多発する結果となり、関係研究者を驚かせた。豪雨の際の天然ダムとなると、そもそも天然ダムを形成している土層内の水分や、周囲溪流の水量が豊富な条件であることから、また、洪水流や土石流といった急激な流れを上流より受ける可能性も高く、地震時のそれよりも緊迫した状況と推定される。地球温暖化の影響もあってか、集中豪雨の極端化や局所化の進行が懸念されている。天然ダムが形成されると下流域の住民の避難退去が必然となることから、その決壊機構の解明および危険度評価指標の提案が課題であった。

2. 研究の目的

平成16年10月23日の新潟県中越地震や、平成23年9月3日の台風12号により天然ダムは多発したため、広く一般に知れ渡ることとなった。他方、天然ダムが決壊すれば下流域へ甚大な影響を及ぼす可能性が高いものの、そのメカニズムは研究途上であり、限られたものであった。また、一言で天然ダムといっても、天然ダムを形成する土層は地すべりや大規模な斜面崩壊土塊が流下して形成されるため、流下過程で生じる動的篩い効果などによりかなり不均一になっていると推定される。また、地質が異なれば堆積状態も大きく影響をうけることが予想された。

また、従来より実施されてきた実験研究は、小規模な0.02m³程度の土層を対象にしたものであった。天然ダムの決壊現象については、規模の影響も大きいことから、可能な限り大規模な実験を実施することが望ましかった。そのため国内最大級の人工水路を用いて水路実験を実施して、土層の条件を変えて検討を行うことにより、天然ダム決壊のメカニズム

解明を目指すとともに、危険度を評価する指標の提案を試みた。

3. 研究の方法

天然ダム(地すべりダム)の侵食・決壊機構の解明を目指し、国内最大規模の大型水路模型を利用した実証実験を実施した。大型水路は、長さが20m超、幅1mで、天然ダム背後の水位を徐々にあげる静的な水圧載荷条件から、急激な水流を与える動的な条件までを実施可能な仕様を有する。0.001m³/sの流量で水位を徐々に上昇させる静的な載荷条件で実験を実施した。

実験に使用した土砂は風化花崗岩で、0.96m³の土砂を台形状に緩詰めして天然ダムを模し、勾配2度に設定した水路に形成した。土量を変えずに、天然ダム模型前面の傾斜を変えた3回(緩詰め体の供試体、2度勾配の水路に対して急傾斜45.0度、中傾斜26.6度、緩傾斜18.4度)の実験を行ってその侵食・決壊の動態を調べた。間隙水圧センサーを、深さ方向について模型底面から100mm、300mm、500mmの3深度に、流路縦断方向に関してダム模型頂面上流端から100mm、300mm、500mm、700mmの4か所に埋設して、天然ダム模型の背面から徐々に水位を上げたとき浸透水が模型内部を浸潤する動態を追跡した。また、ダム模型の左岸側側面には、その単位体積重量をほぼ天然ダム模型の土と同様になるように調整したマーカを多数埋設し、ダム模型が変形する様子を側面から容易に観察できるものとした。

前斜面傾斜が45.0度および26.6度の天然ダム模型では、水位が0.6mに達する前、つまり、越流が開始する前に、天然ダム模型前面部で末端侵食および崩壊が発生した。使用したマサ土は透水性が高く、ダム背後で湛水し終える前にダム最前部まで水が浸透した。2度勾配の水路で45.0度および26.6度の傾斜と相当量の傾斜があったため、水でほぼ飽和した土層が侵食/崩壊した。

前斜面傾斜を18.4度に与えた実験では、これも天然ダム模型背後で水位が0.6mに達する前に浸透水がダム最前部に到達したが、前斜面部で崩壊には至らず侵食が少し発生する程度に留まっていた。その後、ダム模型の頂面を水が徐々に流れはじめ、浸透水と合わさりダム全体がほぼ水に満たされて細溝が出来はじめると同時にダム模型前部傾斜の上端付近から崩壊した。これらから、ダム前斜面の侵食や崩壊が、ダム自体の決壊に大きく影響を及ぼすことがわかった。

土量は同様に0.96m³で密詰め体の供試体を、2度勾配の水路に対して18.4度の緩斜面を阿与えて作製して実験を実施した。この場合は、越流水が流れて細溝ができ、徐々に溝が深さを増しつつ拡大したが、ダム全体の崩壊は発生しなかった。急激な水流により著しい土砂の侵食が認められたが、最終的に湛水が流出した段階でも、左岸側の3割程度のダムはほ

とんど影響を受けずに残留しており、水路の左岸側から撮影したダム模型では無傷であるかのような形状が確認された。これらの実験結果から、ダム全体が崩壊して決壊に至るかどうかについては、ダムを形成する土砂の単位体積重量が大きく影響を及ぼすことが明らかになった。

4. 研究成果

長さ 20m 超、幅 1m の国内最大級の大型水路を用い、風化花崗岩を材料に天然ダムを模したダム模型を対象に決壊再現実験を実施したところ、

- ・ダム模型の土量は同じであっても、ダム前面の傾斜が異なるとき、前面の傾斜が緩い場合は決壊が発生するまでの時間が長い他、決壊時の激しさが小さい
- ・ダム模型の土量、形状が同じであっても、単位体積重量の大小に差がある場合、単位体積重量が大きいとダム模型全体の決壊には進展しないケースもあり、単位体積重量が決壊ポテンシャルに大きく影響を及ぼす

結果が得られた。天然ダムが決壊に至る危険度を評価する際に検討すべき重要な因子であることが実証された。



写真1 天然ダムの決壊実験に使用した国内最大級の人工水路（長さ 20m 超、幅 1m）



写真2 2度傾斜（右側が高い）の水路人工水路上に作製した天然ダム模型の一例（ダム模型前面および後面の傾斜は、水路底面に対して 45.0 度に設定）

a)



b)



c)



写真3 緩詰め天然ダムの前面傾斜を 45.0 度に設定した場合の決壊の様子 a) 浸透水が前端部下位より滲出、b) 末端部より小崩壊が発生、c) 崩壊が前斜面上位へと後退して全体が決壊



写真 4 緩詰め天然ダムの前面傾斜を 18.4 度に設定した場合の決壊の様子 a) 浸透水が前端部下位より滲出、b) 越流水によりダム頂面に細溝が形成され侵食が進行、c) 一気にダム自体が決壊

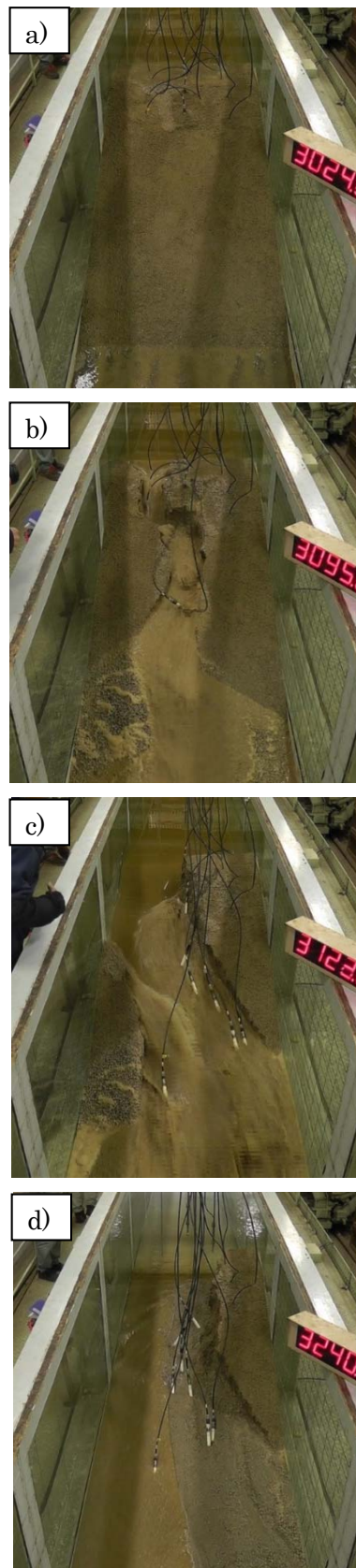


写真 5 密詰め天然ダムの前面傾斜を 18.4 度に設定した場合の決壊の様子 a) 浸透水が前端部下位より滲出、b) 越流水により右岸側で侵食が進行、c) 右岸側でさらに侵食が進行するが一部の土砂は残留している、d) 左岸側の約 3 割程度は不動のまま湛水が減少して運動は停止

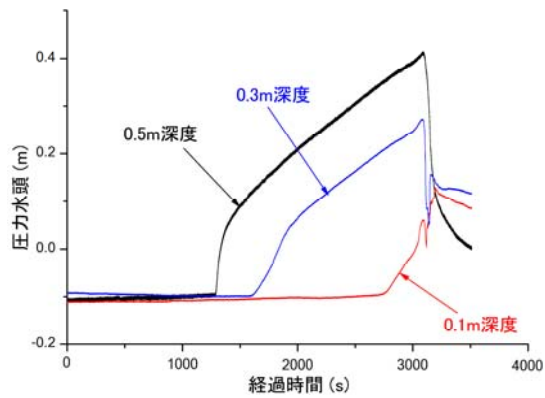


図1 密詰め天然ダム（前面傾斜 18.4 度）の天然ダム模型内部で計測された圧力水頭（深さ 0.1m, 0.3m, 0.5m）の変化

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 0 件）

〔学会発表〕（計 0 件）

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡田 康彦 (OKADA YASUHIKO)

独立行政法人森林総合研究所・水土保持研究領域・チーム長

研究者番号：50360376