

天然ダム進行性崩壊の研究

立命館大学理工学研究科 ○鬼頭和記 高山翔揮
立命館大学理工学部 里深好文

1、研究の概要

急勾配河川において局所的な豪雨や地震によって大規模な斜面崩壊が発生すると、天然ダムが形成される場合がある。天然ダムの決壊は流出流量が急激に上昇する原因となり、下流域の居住区域に甚大な影響を及ぼす危険性がある。よって、天然ダム決壊の予測や決壊後の被害予測は防災の観点で重要なテーマである。天然ダムの決壊予測には、天然ダムの各崩壊過程の発生要因と特色を把握する必要がある。天然ダムが崩壊する過程は既往の研究によって越流決壊、すべり崩壊、そして進行性崩壊の3種類に分類されている。この内、進行性崩壊は天然ダム堤体内の浸透及びダム下流側からの漏出水の影響で崩壊箇所が徐々にダム上流部に移動し、最終的に越流が発生するものである。各崩壊プロセスに関して、天然ダム決壊後の流出流量に関する既往の研究が存在するが、進行性崩壊を主な決壊原因とした天然ダム崩壊プロセス及び流出予測に関しては特に未解明の部分が多い。そこで、本研究では、天然ダムの進行性崩壊によって崩壊が発生する事例について、崩壊過程と流出流量の因果関係を検討するために再現実験を行い、その結果を考察した。

2、実験の概要

実験水路に天然ダムを作成し、決壊実験を行った。図-1が水路に作成した天然ダムの模式図である。図中には結果の整理に使用するダム軸を示した。また、実験中は天然ダムの様子を水路の周囲に設置したビデオカメラで撮影した。なお、実験中は水路上流から一定の流入流量を与えて、水路側面に排水路を設けることにより、湛水位が設定値以上に上昇しないようにした。さらに、実験を実現象に近づけるために、平均粒径 1.33mm の珪砂を使用して水路床に粗度を作成した。ダム背面湛水位、堤体材料の平均粒径の違いが実験結果に与える影響を検討するために、表-1に示す5つのケースで実験を行った。また、ダム堤体からの漏出水量を水路下流端で測定した。

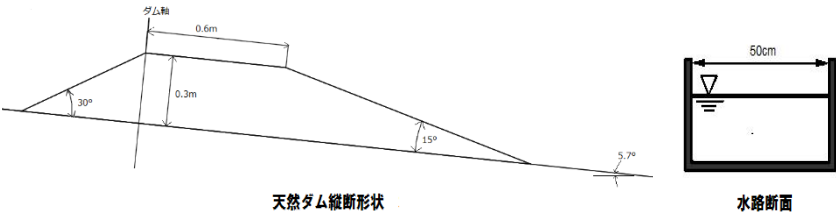


図-1

3、実験結果と考察

いずれの実験においても、進行性崩壊とダム天頂部における越流が観測された。図-2はCASE1において観測された崩壊過程の一部である。写真内の秒数はダム下流端から漏水が発生した時刻からの経過時間を示している。最初の漏水が確認されてからは、天然ダムつま先から発生した漏水によって堤体が徐々に侵食され、安定性を失った堤体の一部が崩落するという過程が繰り返され、それに伴って崩壊箇所が上流へと移動する様子が観測された。実験中に撮影した越流開始後の湛水位の変化から流出流量ハイドログラフを作成した。この作成方法では流量に対する侵食土砂の影響が考慮されないが、流出ピーク流量に対する侵食土砂の影響は小さいと考えている。ハイドログラフ作成と同時に最大ダム高さの時間変化を記録した。図-3にその結果を示す。図-3から、越流開始後の流出ピーク流量、及びピーク流量発生時刻は堤体材料の平均粒径よりもむしろ湛水位に影響され易いことが確認された。また、流出ピーク流量が比較的大きかった実験条件の下では、越流開始時のダム高さが大きいことをグラフから読み取ることができた。それと同時に、越流開始直前のダム高さに関しても平均粒径の変化による影響はほとんど無いことが確認された。次に、崩壊プロセスの進行について、湛水位、

	使用土砂の 平均粒径 [mm]	含水比 [%]	湛水位 [m]	流入流量 (ℓ/s)
CASE 1	1.33(珪砂3号)	0	0.26	1
CASE 2			0.205	
CASE 3			0.15	
CASE 4	0.948(珪砂4号)		0.26	
CASE 5	0.460(珪砂5号)		0.26	

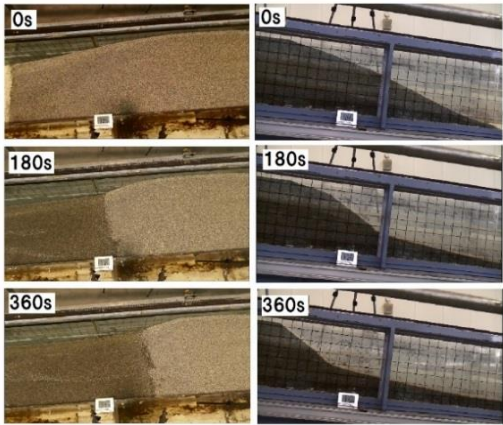


図-2

及び、平均粒径の影響を検討するために、崩壊過程におけるダムつま先からダム軸までの距離に関する時間変化を算出した。越流開始以前に測定した流出流量（ダム堤体からの漏出量）の時間変化を算定した。図-4 がそのグラフである。なお、横軸はダムつま先から漏水が発生した時刻、つまり、ダム堤体の侵食が開始された時刻からの経過時間を表し、左右の縦軸はそれぞれ越流開始前の流出流量（漏出量）及びダム軸から崩壊箇所までの距離を表す。従って、グラフ内の各線と横軸の交点は越流開始時刻とほぼ同時刻における堤体の状態を表す。グラフより、湛水位が大きい場合と平均粒径が大きい場合には、崩壊プロセスの進行が早く、漏出量の時間変化が大きいことが分かる。このことから、進行性崩壊が天然ダム崩壊プロセスの大部分を占める場合には、越流までに要する時間は漏出量に大きく依存しているといえよう。漏出量が湛水位と平均粒径に依存する理由としては、湛水位が大きいほど、また、平均粒径が大きいことによりダム堤体の透水性が高いほど、水が堤体に浸透し易いことや、堤体内の流速が大きくなることが考えられる。これらの影響から、漏出量が増加し、漏出した流れによる土砂運搬が活発になったと考えられる。

4. まとめ

天然ダムの崩壊過程において、進行性崩壊がその大部分を占めるような場合において、天然ダム上部で越流がいつ発生するかを予測するには、天然ダム背面湛水位及び材料の平均粒径が重要な意味を持つことが分かった。今後はより多様な粒度、平均粒径を有する材料で実験を行う必要がある。また、流出ピーク流量に影響を与えると考えられる越流直前のダム高さに関しては、天然ダム堤体の強度が影響を与えると考えられるため、その評価方法についても更なる検討が必要である。

5. 参考文献

- 1) 赤澤史頭：天然ダム越流決壊に伴う流出流量変動に関する基礎的研究，立命館大学博士論文，2015.
- 2) 里深 好文・水山 高久：溪床堆積物の不飽和浸透過程を考慮した石礫型土石流の発生・発達に関する数値計算，水工学論文集，第 53 巻，pp. 698-702，2009.
- 3) 高橋 保・中川 一：天然ダムの越流決壊によって形成される洪水・土石流のハイドログラフ，水工学論文集，第 37 巻，pp. 699-704，1993.
- 4) 高橋 保・匡 尚富：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，pp.601-615，1988.
- 5) Ripendra Awal, Hajime Nakagawa, Kenji Kawaike, Yasuyuki BABA and Hao Zhang : Three Dimensional Transient Seepage and Slope Stability Analysis of Landslide Dam, Annuals of Disas. Prev.Res.Inst., Kyoto Univ., No.52B, 2009.

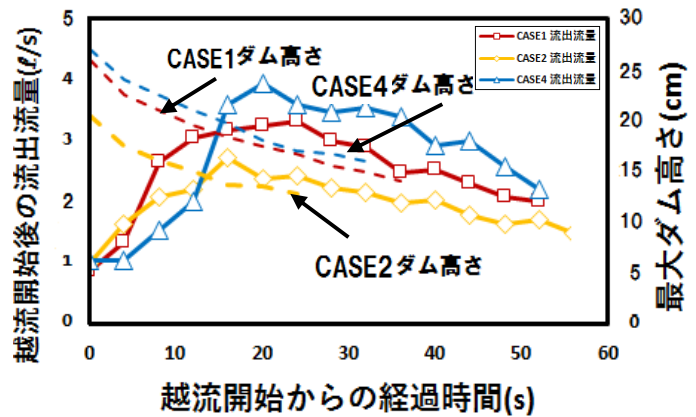


図-3

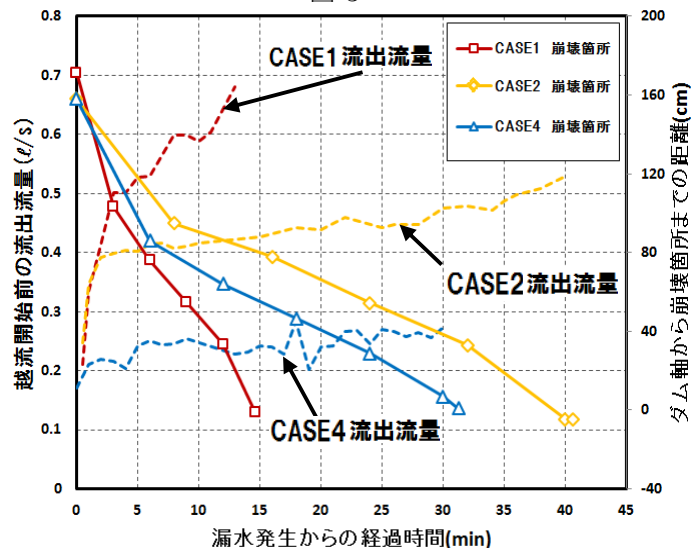


図-4