

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H02306

研究課題名(和文)溜池に流入する土石流の挙動解明ならびに廃止溜池を活用した治水技術の確立

研究課題名(英文) Examination of mechanical behavior of debris flow and establishment of flood control techniques using abolished small earth dams

研究代表者

澤田 豊 (Sawada, Yutaka)

神戸大学・農学研究科・准教授

研究者番号：60631629

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ため池による土石流の減勢効果の検証と廃止ため池を用いた土石流災害の減少方法の提案を目標にため池および廃止ため池内に流入する土石流を模擬した実験を実施した。その結果、貯水により、堤体への衝撃緩和と土砂の越流量抑制の効果が確認された。一方、貯水位に対して土石流の規模が大きい場合、大きな孤立波が発生する可能性が示された。また、廃止ため池のV字開削部の底上げにより、土砂流出の抑制効果は認められたものの、流木の流出抑制には効果を発揮しなかった。さらに、開削された堤体上流側の貯水は、流木の流出抑制という面で効果は認められるものの、土砂の流出範囲の拡大や越水の可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

気候変動により土砂災害が頻発化する中、ため池への土石流流入により深刻な被害が後を絶たず、リスク低減の観点から利用されなくなったため池の廃止が増えている。一方、過去の豪雨では、上流からの土砂がため池に一時的に貯留された事例も報告されており、ため池の廃止により治水機能が低下するとの指摘もあった。

このような背景の中、当研究課題では、貯水されたため池内に土石流が流入した場合の土石流の挙動解明と貯留水が土石流を減勢する効果について検証するとともに廃止ため池による土石流災害の減少方法について提案していることから、本研究成果は、ため池の廃止やその方法を検討する際の重要な知見を与えると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, model tests reproducing debris-flow entering reservoirs and abolished reservoirs were conducted to verify the energy dissipation of debris-flow and to propose a reduction method of disasters by debris-flow using abolished small earth dams. As a result, it was revealed that the storage of water had the effect of reducing the impact on the embankment and the overflow of granular materials. On the contrary, when the volume of the debris-flow is large in relation to the water elevation, it was shown that high solitary wave can be generated. Although the bottom up of the V-shaped excavation of the embankment was found to be effective in controlling the discharge of granular materials, it was not effective in controlling driftwood discharge. Furthermore, although the storage of water upstream of the excavated embankment was found to be effective in terms of controlling the discharge of driftwood, it indicated the extension of the discharge area and the possibility of overflow.

研究分野：地域環境工学

キーワード：ため池 廃止ため池 土石流 模型実験

1. 研究開始当初の背景

気候変動により土石流災害が頻発化する中、ため池への土石流流入により深刻な被害が後を絶たず、リスク低減の観点から利用されなくなったため池の廃止が増えていた。一方、過去の豪雨では、上流からの土石がため池に一時的に貯留された事例も報告されており、ため池の廃止により治水機能が低下するとの指摘もあった。ため池が存在することによる被害の拡大や抑制について議論するためには、貯水されたため池内に土石流が流入する際の挙動を明らかにする必要があるが、研究開始当初にはそのような研究はほとんどなされていなかった。

2. 研究の目的

上記のような背景の中、本研究では、貯水されたため池および廃止ため池内に土石流が流入した場合の土石流と貯留水の挙動を明らかにすることを目的とする。また、貯留水が土石流を減勢する効果の有無を検証するとともに堤体への衝撃荷重を評価する。さらに、廃止ため池を活用した土石流災害の減少方法について提案することを目的とする。

3. 研究の方法

上記の研究目的を達成するために、本研究では、土石流実験と数値シミュレーションから検討を試みた。数値シミュレーションでは、個別要素法 (DEM) と数値流体力学 (CFD) が連成されたソフトウェアを用い、後述する模型実験での土石流を DEM、貯水部を CFD で再現することを試みた。先に結果を述べるが、土石流の貯水部への流入挙動について定性的には再現できたものの、土石流が貯水部へ流入した後の移動距離などの実験結果と定量的に一致することはなかった。したがって、本報告書では、土石流実験の方法と結果について報告する。

1 年目 (2021 年度) の土石流実験に用いられた装置は、幅 300 mm、流下斜面長約 2000 mm、傾斜角 45° のアクリル製水路である (図 1)。水路斜面部には、土石流の流入速度を測定するため、レーザー変位計を 3 台設置した。また、衝撃荷重を測定するため、直壁の堤体模型に 3 台の荷重計を設置した。実験は土石流を模擬した碎石 (平均粒径 5 mm) やセラミックビーズ (3 mm ~ 30 mm) を上部から流下させ、下流の貯水状態を模擬した堤体模型に衝突させた。その際、堤体模型への衝突荷重を計測するとともに、土石流の挙動を明らかにするため、高速度カメラによる撮影を行った。実験条件としては、貯留水による影響を考慮するため、貯水無し、水位を 20, 50, 100, 150 mm に変化させたほか、斜面下端からの距離や流下速度を変えたケースを実施した。

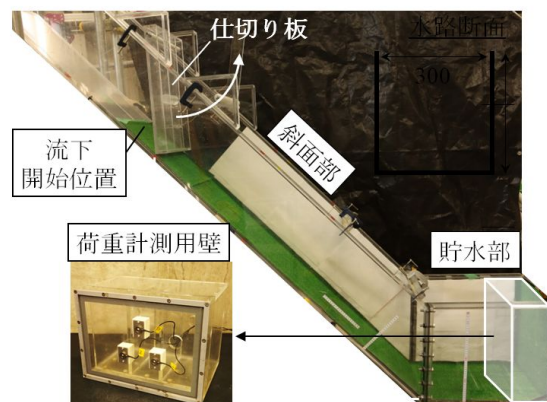


図 1 土石流実験装置 (2021 年度)

2 年目 (2022 年度)、3 年目 (2023 年度) の土石流実験では、実際の条件に近いため池貯水部を再現する目的で新たな実験水路および模型を作製した (図 2)。変更点として、1 年目に用いた実験装置では貯水部の幅が水路幅と同じ 300 mm であったが、この幅を 800 mm に拡大するとともに、流入傾斜部の勾配を 45 度から 30 度に緩くした。さらに前年度の直壁模型から斜面模型に変えるとともに、土石流の模擬材料として従来のセラミックビーズ (3 mm ~ 10 mm) に加え、流木を模擬するため丸棒を使用した。実験では、斜面上部から模擬材料を流下させ、堤体模型に作用する圧力、水圧およびビーズの越流重量を計測した。

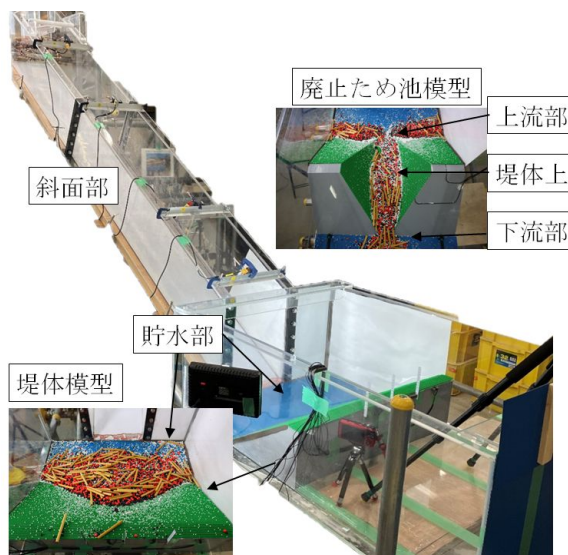


図 2 土石流実験装置 (2022, 2023 年度)

また、2 年目、3 年目には、廃止ため池を対象にした土石流実験を実施した。廃止ため池を模擬するため堤体を V 字に開削した模型を作製した (図 2 右上)。基礎地盤まで開削した条件に加え、貯水と土石流の捕捉を目的に堤体を底上げした条件で

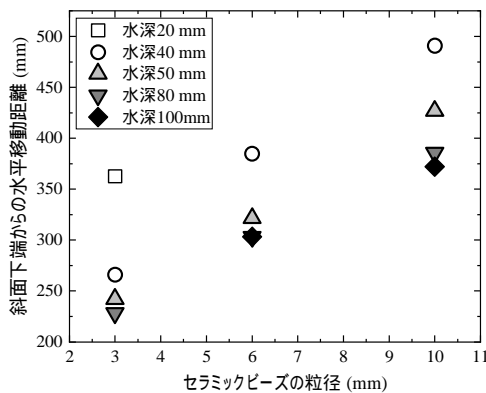


図3 斜面下端からの水平移動距離とセラミックビーズの粒径の関係

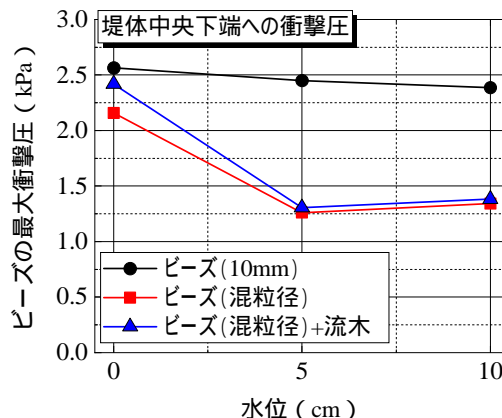


図4 水位と最大衝撃圧の関係

表1 廃止ため池模型周辺での堆積量

表の上流部，堤体上，下流部は図2の右上に示す位置

ケース	堆積物	上流部	堤体上	下流部
底上げ無し (貯水無し)	ビーズ (kg)	3.84	8.74	2.42
	流木 (本)	14	53	33
底上げ有り 貯水無し	ビーズ (kg)	8.49	5.45	1.06
	流木 (本)	50	30	20
底上げ有り 貯水有り	ビーズ (kg)	9.25	3.95	1.80
	流木 (本)	85	6	9

の実験を実施した。また、堤軸方向におけるV字開削部の位置を変えたケースについても実験を行った。

さらに、全国の自治体における現状のため池廃止に関して調査を行った。特に廃止工法で最も一般的な開削工法に関して、開削勾配、ライニング、誘導水路等の基準について調べるとともに、砂質堤体を対象とした小型振動実験を行い、斜面崩壊におよぼす開削勾配の影響について検討した。

4. 研究成果

1年目の傾斜角45度の水路を用いた土石流実験の結果、貯水状態にある場合、土石流は、流入後に急激な水位変動を引き起こし、貯水無しの実験で得られた堤体(荷重計測用の壁)への衝突荷重よりも大きかった。当初期待した貯留水による堤体への衝撃荷重の低減効果について、当実験からは確認できなかった。また、貯水が無い場合の荷重は、衝突直後からわずかにではあるが増加し、後から押し寄せる土石流の衝突荷重が前方にまで伝播することが確認された。一方、堤体が無い条件では、低い水位でも土石流の到達距離が短くなる傾向があり、貯水による土石流の減勢効果を確認できた(図3)。

実際の条件に近いため池貯水部を再現した実験では、貯水により、堤体への衝撃が緩和され(図4)、土砂の越流量が抑制されることが示された。一方、貯水位に対して土石流の規模が大きい場合、貯水位の約2.5倍の孤立波が発生する可能性が示された。また、土石流の堤体に作用する衝撃圧については、水圧成分を差し引いた粒状体による荷重で評価した結果、砂防ダムの設計に使用される既存式の算定値と概ね一致することがわかった。

また、廃止ため池を模擬した実験では、V字開削部の底上げにより、堤体への衝撃は増加するが下流への土砂流出を最大半分程度まで抑制できることが明らかとなった。一方で、土石流には水よりも密度が小さい流木が混合することが想定されるが、V字開削部の底上げは、流木の流出抑制には効果を発揮しなかった(表1)。開削された堤体上流側の貯水は、流木の流出抑制という面で効果は認められるものの、土砂の流出範囲の拡大や越水の可能性が示されたことから、適切な水位設定が必要であることを示す結果となった。さらに、V字開削部の位置を流れの中央からずらすことにより、特に流木の流出が大きく抑制されることがわかった。

全国の自治体におけるため池の廃止方法に関して調査したところ、開削勾配として切土に対する法面勾配を適用する指針が確認された。小型振動実験より、急勾配斜面では、表面の砂が崩壊するような挙動を示し、地震による開削部の埋没の危険性が示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Takegawa,N., Sawada,Y., Furuichi,N.	4. 巻 18(10)
2. 論文標題 Strategic coastal dike shape for enhanced tsunami overflow reduction	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plos One	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0292930	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 園田悠介, 松本昶, 蓮尾佑帆, 澤田豊
2. 発表標題 ため池に流入する土石流が堤体に及ぼす衝撃圧の評価に関する水路模型実験
3. 学会等名 第73回農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 吉原俊伍, 小野耕平, 岡村未対
2. 発表標題 水圧発生モデルを用いた粒度と密度の異なる砂の液状化強度の評価
3. 学会等名 第59回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Sonoda,Y., Tsujimoto,K., Matsumoto,T., Sawada,Y.
2. 発表標題 Flume model test on granular materials flowing into a small fill dam
3. 学会等名 6th World Landslide Forum (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中澤博志, 澤田豊
2. 発表標題 令和4年台風15号による静岡県袋井市内における茶畑の大規模土砂災害調査
3. 学会等名 第58回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 園田悠介, 松本起, 辻本琴音, 長友陽奈, 澤田豊
2. 発表標題 ため池貯水池内に流入する土石流の挙動特性に関する実験的検討
3. 学会等名 第72回農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 辻本琴音, 園田悠介, 松本 起, 澤田 豊
2. 発表標題 廃止ため池に流入する土石流の挙動特性に関する実験的検討
3. 学会等名 第72回農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 園田悠介, 松本起, 井上優佑, 澤田豊, 河端俊典
2. 発表標題 貯留状態のため池に流入する土石流に関する基礎的実験
3. 学会等名 第71回農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 園田悠介, 松本起, 澤田豊
2. 発表標題 貯留水に流入する粒状体の流動性に関する一考察
3. 学会等名 第79回農業農村工学会京都支部研究発表会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

神戸大学大学院農学研究科土地環境学研究室HP https://www.research.kobe-u.ac.jp/ans-soilenv/index.html

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	中澤 博志 (Nakazawa Hiroshi) (20328561)	静岡理科大学・理工学部・教授 (33803)	
研究分担者	竹川 尚希 (Takegawa Naoki) (20828157)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・計量標準総合センター・研究員 (82626)	
研究分担者	小野 耕平 (Ono Kohei) (30804166)	愛媛大学・理工学研究科(工学系)・講師 (16301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------