

流下土砂が斜面直下にある貯水池に及ぼす影響に関する模型実験 Experiment of Debris Flow Flowed into Agricultural Reservoir just below Slope

○正田大輔*・井上敬資*・酒井直樹**・吉迫 宏*・紺野道昭*

D. Shoda, K. Inoue, N. Sakai, H. Yoshisako and M. Konno

1. はじめに

豪雨時の土砂災害により農業用ため池が被災する事例がある。過去の土砂災害によるため池の被災事例¹⁾では、ため池上流部でため池貯水容量の約 1.9 倍～約 3.8 倍の土砂が発生したが、土砂を貯水池内で受け止めた。土砂災害時の土砂の流入に関して、本実験では以下について検討している。模型貯水容量に対して 2 倍の土砂を流下させることを基本とし、貯水池に対する影響を確認した。貯水のない砂防堰堤を対象とした研究との比較のため、斜面直下に壁を設けて貯水の有・無の実験を行った。また、災害後の調査で崩壊および流下した土砂量については試算できるものの、流下量の時系列的な変化であるハイドログラフについては不明である。そこで、土砂の流下回数を変えた実験により比較を行った。

2. 実験の概要

Fig.1 に実験装置の概略図を示す。流下斜面長 4.2 m、幅 0.5 m、斜面勾配を 30°で、斜面上端に土槽を設置した。土槽の片方を写真のように釣り上げ、土槽内の土砂を斜面上に流下させた。斜面下端に鉛直壁を設け、高さは 0.4 m とした。また、流下物に笠間土を用いた。流下物の容量は、下流側の模擬ため池の貯水容量約 0.065m³(堤高 0.4m、斜面角度 30°、幅 0.5m)に対して、同量および 2 倍を設定した。土砂は流下しやすい含水状態とし、含水比 2%、締固め度 85%となるよう土槽内で作製した。Table 1 の実験ケースを行った。貯水有のケースは、斜面下端に 0.4m の高さまで水を貯留した。Case 3 と Case 4 については、0.065m³を 2 回に分けて流下させた。

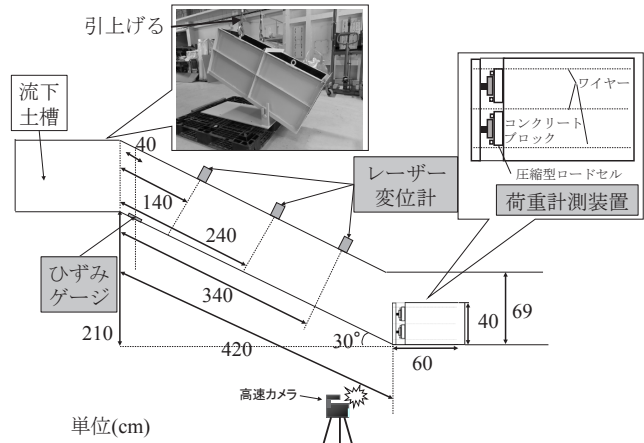


Fig.1 実験装置の概略図

計測器については、Fig.1 に示す各位置に計測器を以下の目的で設置した。ひずみゲージにより流下の開始を計測し、レーザー変位計(KEYENCE IL-300, IL-600, 上流から①, ②, ③とする)は流下時の珪砂の速度や密度を計測し、荷重計(共和電業 LCN-A-1kN)は貯水池で作用する荷重を計測した。また、流下時の挙動については高速カメラにより記録を行った。また、砂防分野で使用される土石流流体力と本実験の比較を行うため、斜面下端に設置した荷重の合計値について、土石流流体力の算出値との比較を行った。

3. 実験結果

Fig.2 に、Case 1～4 の荷重の変化を示す。斜面直下に流下する土砂がため池へ与える影響(荷重)を把握するため、貯水の有(Case 2, Case 4)と無(Case 1, Case 3)の状態、貯水容量 2 倍の 0.13m³と 2 回に分けた 0.065m³の土砂を流下させる実験の比較を行った。Case 1 と Case 2, Case 3-1 と Case 4-1 でそれぞれ最大荷重を比較すると、貯水部があることで荷重が減少することが確認され、貯水部による流入土砂の減勢効果があったと考えられる。Case 3-1 と Case 4-1 における最大荷重作用時の画像を Photo 1, 2 に示す。Case 3-1 のレーザ

Table 1 実験ケース

Case	貯水	流下土砂容量
1	無	0.13m ³
2	有	0.13m ³
3-1	無	0.065m ³
3-2	無	0.065m ³
4-1	有	0.065m ³
4-2	有	0.065m ³

*農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO, **防災科学技術研究所 National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience キーワード：模型実験・土石流・ため池

一変位計②, ③から得られる土砂先頭の水速から土砂の流入速度を算出すると 2.6 m/s であった。土砂の流入により発生した速度を, **Photo 2** から得られる貯水端部であるコンクリート周辺での水深から算出した長波速度により算出すると約 2.2 m/s であった。貯水部へ流入することで流速が遅くなることが確認された。

Photo 1 の画像から判断すると, 貯水がない場合については先行して堆積した土圧と, 流下中の土砂の流体力を足したものが作用している。一方, 貯水がある場合については水位が上昇しており, 堤体と斜面の距離にもよるが越流に対しても検討する必要がある。

Fig.3 に, Case 3, 4 の荷重の変化を示す。土石流流体力の式²⁾により最大荷重の算出を行った。ここで, U : 流速(m/s), D_d : 土石流水深(m), γ_d : 土石流の単位体積重量(N/m³), g : 重力加速度(m/s²), K_h : 粗度係数である。Case3-1 について適用した結果, 197 N となりピーク値から残留値を差し引いた値に近い値となった。

$$F = K_h \frac{\gamma_d}{g} D_d U^2 \quad (1)$$

Case 3-1 と Case 3-2 を比較すると, 初期状態において Case 3-1 では貯水部に土砂の堆積はなく, Case 3-2 では土砂の堆積があり, 荷重装置付近まで土砂が到達せず, Case 3-1 の最大荷重が Case 3-2 より大きくなったと考えられる。また, Case 4-1 と Case 4-2 を比較すると, Case 3 同様, Case4-2 では貯水部に土砂の堆積があったことで, Case 4-1 の最大荷重が大きくなったと考えられる。土砂の流下回数の影響を検討すると, 1 回目の流下が貯水池に与える影響(荷重)が大きくなった。

4. まとめ

本報告では, 流下土砂が斜面直下にある貯水池に対する影響を把握するための, 基礎的な実験を行った。その結果, ①貯水の有無での最大荷重を比較すると, 貯水があることで荷重が減少することが確認され, 貯水による流入土砂の減勢効果があったと考えられる。②土石流流体力と先行的堆積した土砂による荷重を合計した値が, 土砂の流下挙動から判断すると, 計測荷重の最大値の妥当な算出方法となった。③複数回土砂の流下がある場合, 1 回目の流下が貯水池に与える影響が大きくなった。

謝辞: 本研究の一部は JSPS 科研費 JP17K15349 の助成を受けたものです。記して謝意を表します。

引用文献: 1) 正田大輔・吉迫 宏・堀 俊和・中里裕臣・山岸雄一・鶴殿俊昭(2015): 平成 26 年度広島豪雨災害におけるため池の土砂被害調査, 平成 27 年度農業農村工学会講演要旨集, 832-833. 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所(2016): 砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)解説, 34.

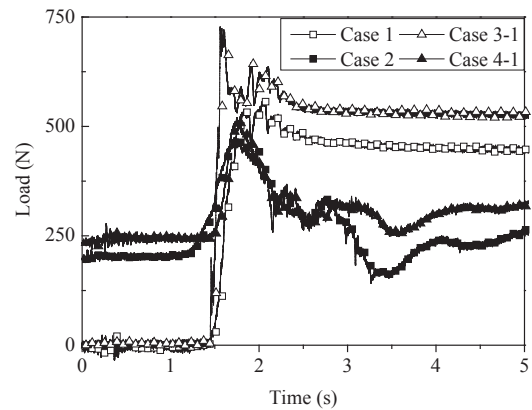


Fig.2 各実験ケースにおける荷重の変化

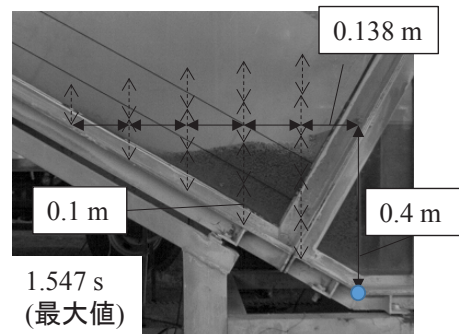


Photo 1 Case3-1 における最大荷重作用時の斜面下端部の状況

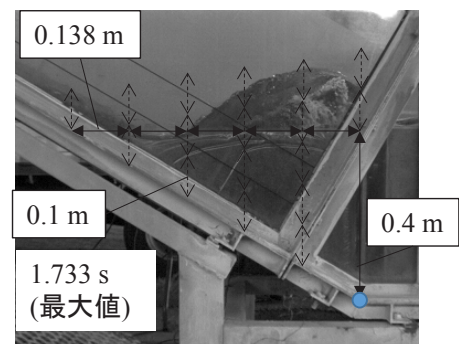


Photo 2 Case4-1 における最大荷重作用時の斜面下端部の状況

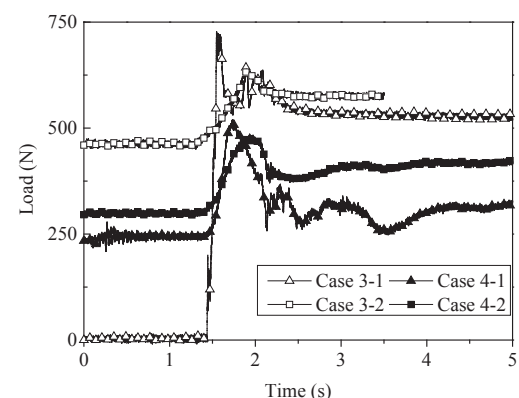


Fig.3 2 回に分けて流下させたケースの荷重の変化