

土砂流入によるため池堤体に対する作用荷重に関する検討 Verification of Load Acting on Agricultural Reservoir due to Flowed Sediment

○正田大輔*・吉迫 宏*・楠本岳志*・井上敬資*・酒井直樹**

D. Shoda H. Yosisako T. Kusumoto, K. Inoue and N. Sakai

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。ため池への土石流流入に伴い、堤体に外力が作用するものと想定される。本報告では、土砂流入によるため池堤体に作用する荷重について検討を行った。検討した条件として、流下させる土砂の量・堤体の位置・洪水吐の幅それぞれを変えた場合の作用荷重について比較を行った。また、砂防基本計画策定指針¹⁾で示されている流体力を算出し、流入時の流体力と、計測された荷重についての比較を行った。

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引き上げ、土槽内の土砂を斜面上に流下させた。ため池を模擬した斜面下部の貯水池に土砂を流入させて、流下時の土砂の厚さと、堤体に作用する荷重の計測を行った。なお、堤体(荷重装置部)の幅は 0.48 m としている。

2-1. 実験ケース

基本ケース(Case 1)は、堤体(荷重装置部)を斜面から 0.3 m 離して、貯水部に深さ 0.32 m となるように水を入れ、洪水吐幅を 0.25 m とした。また、土砂については、笠間土 0.065 m³ を含水比 2%、締固め度 85% に作製した土砂を流下させた。基本ケース(Case 1)に対して、流下させる土砂の量を 1/2 とするケース(Case 2)・堤体の位置を 2 倍とするケース(Case 3)・洪水吐の幅を 1.5 倍とするケース(Case 4)として、基本ケースとの相違を検討するため実験を実施した。**Table 1** に実験ケースを示す。

2-2. 計測項目

各計測器の位置は **Fig.1** に示す。以下の項目について把握するため、計測器を設置した。斜面部で流入する土砂の厚さを、レーザー変位計(3 台)により計測した。このレーザー変位計の計測値を用いて、斜面流下時の速度と流下土砂の密度について算出を行った。また、堤体に作用する荷重を、荷重計により計測した。

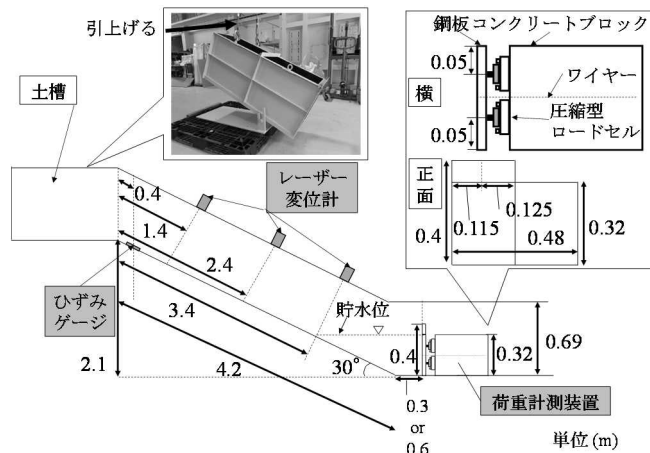


Fig.1 実験装置(防災科学研究所施設)の概略図
Schematic view of experimental apparatus

3. 実験結果

3-1. レーザー変位計による速度・密度の算出

レーザー変位計の番号を上流側から 1, 2, 3 とする。流体力の算出のために、速度と流下時密度を算出する。速度算出にはレーザー変位計 1, 2 の計測結果を用いた。レーザー変位計 2 の計測結果を **Fig.2** に示す。また、レーザー変位計 2 における、到達・流下後のそれぞれの時間と、最大値となる値とその時間について **Table 2** に示す。変位計 1 と 2 の到達時間の差で 2 点間の距離を割り流速を算出した。災害現場でのため池近傍で発生する流速を算出すると 2~3 m/s とな

Table 1 実験ケース
Experiment case

試験番号	流下土砂量 (m ³)	堤体位置 (斜面下端から)	洪水吐幅 (cm)
Case 1	0.065	+30cm	25
Case 2	0.0325	+30cm	25
Case 3	0.065	+60cm	25
Case 4	0.065	+30cm	37.5

*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

るように土砂量や含水比を調整しており、それを満たす結果となっている。また、流体力算出のための、流下時密度としてレーザー変位計 2 による到達時間から流下後時間までの間に最大厚さ約 70mm となる時間を頂点とする三角形分布で Table 2 の速度一定で土砂が流下するものとして流下時の体積を求め、この値で全質量を割ることで単位体積重量を求めた。

3-2. 最大荷重の算出と計測値の比較

Fig.3 に、各実験ケースにおける荷重の変化を示す。土砂流入による堤体に作用する最大荷重について比較検討を行うため、いずれのケースも貯水された状態を 0 N としている。Case 1 を基本ケースとすると、流下する土砂量が半分となる Case 2 については、最大荷重が小さくなり、また、斜面から堤体の距離が離れる Case 3 についても、最大荷重が小さくなった。Case 4 については、斜面上での流速が大きくなったため、Case 1 よりも大きな荷重が作用したと考えられる。また、土石流流体力の式¹⁾により 3.1 で算出した結果を用いて、流下中の流体力の最大値について算出を行った。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/m^3), g : 重力加速度 (m/s^2), K_h : 係数である。

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

この算出値を、斜面上を流下する土砂による流体力による最大値として、計測による最大荷重との比較を行った(Table 3)。その結果、計測された荷重の最大値はいずれのケースでも斜面上での最大荷重(算出値)より小さくなった。貯水の有無のみの条件を変えた実験において、貯水が有ることにより荷重が軽減された³⁾ことから、本実験においてもいずれのケースでも貯水により土砂の流体力が軽減されたためと考えられる。

4. まとめ

本報告では、土砂流入によるため池堤体に作用する荷重について基礎的検討を行った。その結果、計測された荷重の最大値は、いずれのケースでも斜面上での最大荷重(算出値)より小さくなった。このことから本実験のいずれのケースでも貯水により土砂の流体力が軽減されたと考えられる。

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) 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. 2) 内田ら(2006): 衝突時に崩壊土砂が構造物に作用する荷重に関する実験: 構造物の変位が荷重に及ぼす影響, 砂防学会誌, 59(1), 3-12. 3) 正田ら(2018): 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, 平成 30 年度農業農村工学会講演要旨集, 668-669.

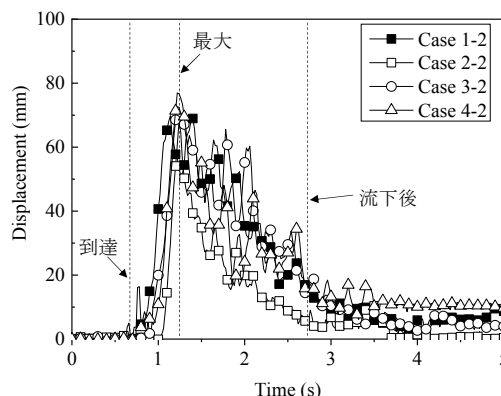


Fig.2 レーザー変位計 2 の計測結果
Result of laser displacement meter No. 2

Table 2 速度と流下時密度の算出結果
Calculation result of velocity and density

試験番号	変位計 2		速度 (m/s)	流下時密度 (kN/m^3)
	到達(s) 流下後(s)	最大(s) (mm)		
Case 1	0.7 3.1	1.1 (70 mm)	2.7	9.25
Case 2	1.0 2.5	1.2 (68 mm)	2.5	7.12
Case 3	0.8 3.0	1.2 (73 mm)	2.4	9.98
Case 4	0.6 2.9	1.2 (77 mm)	3.2	6.79

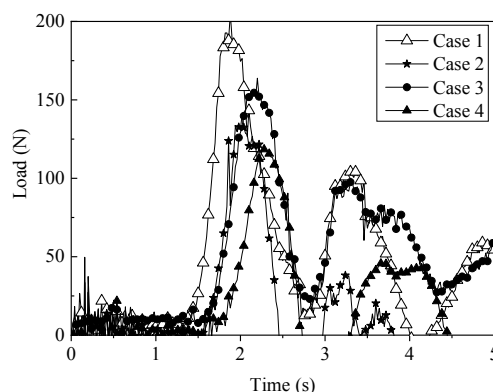


Fig.3 各実験ケースにおける荷重の変化
Relationship between load and time on each case

Table 3 土石流流体力の算出結果
Result of Fluid force and maximum load

	①流下時密度 ²⁾ (kN/m^3)	②流下物の流動中の深さ(m)	③速度 (m/s)	④最大荷重 (式(1)) (N)	⑤計測最大 荷重(N)	⑥軽減率 ⑤/④
Case 1	9.25	0.070	2.7	241	205	0.85
Case 2	7.12	0.068	2.5	154	141	0.92
Case 3	9.98	0.073	2.4	214	164	0.77
Case 4	6.79	0.077	3.2	273	167	0.61