

## ため池への土砂流入による越流水深に対する影響 Effect of Sediment Flow for Overflow Depth at Agricultural Reservoir

○正田大輔\*・吉迫 宏\*・楠本岳志\*・井上敬資\*・酒井直樹\*\*

SHODA Daisuke, YOSHISAKO Hiroshi, KUSUMOTO Takeshi, INOUE Keisuke and SAKAI Naoki

### 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。ため池での土石流流入に伴う、堤体の被災要因としては、堤体越流が主要な要因と想定される。

本報告では、ため池の防災減災技術開発の一環として、ため池への土石流流入についての模型実験を行った。模型貯水池へ土砂が流入した際の荷重を砂防基本計画策定指針<sup>1)</sup>で示されている土石流流体力の式で求め、これと越流水深との関係について把握した。また、土砂の流入に伴って模型堤体に作用する荷重を計測し、これと越流水深との関係について把握した。

### 2. 実験の概要

**Fig.1** に実験装置の概略図を示す。実験装置は流下斜面長 4.2 m, 幅 0.5 m, 斜面勾配 30°で、斜面上部に土槽を設置した。実験では、土槽の片方を図中写真のように引き上げ、土槽内の土砂を斜面に沿って流下させ、ため池を模擬した斜面下部の貯水池に土砂を流入させた。なお、堤体(荷重装置部)の幅は、水路幅に対して両脇に 0.01 m の余裕を持たせるため 0.48 m とした。

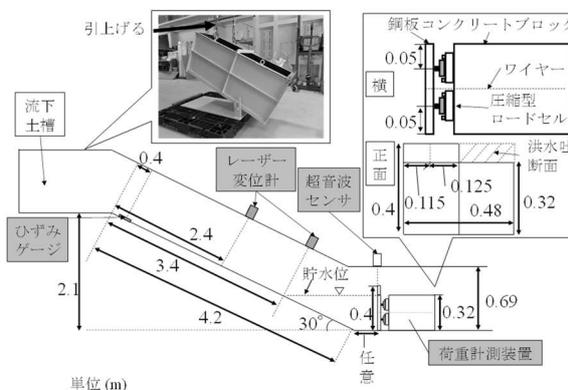
#### 2-1. 実験ケース

土石流を模して実験には、土砂を用いている。実験条件は、ため池への土砂流入時に越流に対して影響を及ぼすと考えられる流下土砂量・洪水吐の幅・斜面末端から堤体(荷重装置部)までの距離をそれぞれ変えた条件とした。

洪水吐の幅は 0.25 m もしくは 0.375 m, 深さ 0.08 m とした。貯水池は、①0.068 m<sup>3</sup> (斜面末端から堤体までの距離が 0.15 m) と、②0.092 m<sup>3</sup> (同 0.3 m), ③0.14 m<sup>3</sup> (同 0.6 m), ④0.236 m<sup>3</sup> (同 1.2 m) とした。流入土砂量は、最小の貯水池容量 0.068 m<sup>3</sup> とほぼ等しい容量となる(a) 0.065 m<sup>3</sup> と、(b) 0.0325 m<sup>3</sup>, (c) 0.01625 m<sup>3</sup>, (d) 0.008125 m<sup>3</sup> とした。また、貯水位は深さ 0.32 m で、洪水吐底面までの高さと同じになるようにした。流下土砂については、実験開始時の含水比 2%, 締固め度 85%に調整した笠間土を流下させた。**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。斜面部を流下する土砂の厚さを、レーザー変位計(2台, 斜面上部から 1, 2)により計測した。また、堤体に作用する荷重を、荷重計により計測した。土砂流入に伴う洪水吐部分での越流水深を、超音波センサにより計測した。



**Fig.1** 実験装置(防災科学技術研究所施設)の概略図  
Schematic view (NIED) of experimental apparatus

**Table 1** 実験ケース

Experiment case			
実験 No.	洪水吐幅 (cm)	堤体位置 (斜面から m)	流下土砂量 (m <sup>3</sup> )
1	25	0.15	0.065
2			0.008125
3		0.3	0.01625
4			0.0325
5			0.065
6		0.6	0.008125
7			0.01625
8			0.0325
9			0.065
10			1.2
11	37.5	0.15	0.065
12			0.008125
13		0.3	0.01625
14			0.0325
15			0.065
16		0.6	0.008125
17			0.01625
18			0.0325
19			0.065
20			1.2

\*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

### 3. 実験結果

#### 3-1. 流下時の算出土石流流体力と最大水深

##### (1) 土石流流体力の式と各未知数の算出方法

本実験での流下中の土石流流体力は、砂防基本計画策定指針<sup>1)</sup>で示されている土石流流体力の式(1)から最大値を算出した。

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

ここで、 $F$ ：単位幅あたりの土石流流体力(N/m)、 $U$ ：流速(m/s)、 $D_d$ ：土石流水深(m)、 $\gamma_d$ ：土石流の単位体積重量(N/m<sup>3</sup>)、 $g$ ：重力加速度(m/s<sup>2</sup>)、 $K_h$ ：係数(1.0)である。算出に用いた流速と、土石流密度、土石流水深は変位計1と2の到達時間や流下後時間、変位計1の最大値等から算出<sup>2)</sup>した。

##### (2) 算出荷重と最大水深についての検討

上記 $F$ に堤体幅を乗じた値を算出荷重とし、これと洪水吐での最大水深との関係を Fig.2 に示す。洪水吐深さが80mmであるため、80mm以上と未満のデータで、算出荷重と最大水深で直線近似した場合の決定係数 $R^2$ を算出した。この結果、80mm未満の決定係数は0.54となり、80mm以上の決定係数0.001と比較して相関が高くなる。これらが次節の決定係数よりも低くなる結果に関しては、流入土砂の荷重が貯水池で減勢されるため、堤体位置(貯水池容量)を踏まえた検討が必要であり、流動中の土石流深さ計測時の誤差についての留意も必要である。

#### 3-2. 堤体における計測荷重と最大水深

Fig.3 に、堤体における計測荷重と洪水吐での最大水深の関係を示す。ここでの計測荷重は、土砂流入に伴い計測された最大の荷重から土砂流入前の静水圧による荷重を差し引いた値を示している。Fig.3 においても80mm以上と未満のデータで計測荷重と最大水深で直線近似した場合の決定係数 $R^2$ を算出した。この結果、80mm未満の決定係数は0.90となり、80mm以上の決定係数0.41と比較して相関が高くなる。また、土砂流入時での算出荷重の80mm未満の決定係数(0.54)よりも高くなっており、ため池堤体での計測荷重は最大水深と強い相関関係が認められる。

#### 3-3. 流下土砂量・洪水吐の幅・斜面から堤体の距離の越流水深に対する影響

Figs.2, 3 中には、各ケース番号について併記している。Fig.3 の、土砂量0.065 m<sup>3</sup>(図中では65 L)のケースについて着色(赤：洪水吐25cm(実験 No. 1, 5, 9, 10)、橙：洪水吐37.5cm(実験 No. 11, 15, 19, 20))している。赤・橙に着色していないのは0.0325 m<sup>3</sup>, 0.01625 m<sup>3</sup>, 0.008125 m<sup>3</sup>のケースである。土槽のつり上げにより土砂を流下させるため、土砂の流下状況にバラつきはあるが、この図から、土砂量が多い(上述の着色した0.065 m<sup>3</sup>)ケースは他ケースより越流水深が大きくなっている。また、洪水吐幅の大きい(上述の橙色)ケースの越流水深は洪水吐幅の小さい(上述の赤色)より小さくなる傾向がある。さらに、堤体位置については、実験 No. 1, 5, 9, 10 のように斜面末端からの距離が増加することにより、荷重が低下する傾向がある。

### 4. おわりに

本報告では、ため池での土砂流流入による越流水深に対する影響について、模型実験により検討を行った。その結果、貯水池の流入口での算出荷重よりも堤体での計測荷重において、越流水深に対してより強い相関関係が認められる結果を得た。

謝辞：本研究の一部はJSPS 科研費 JP17K15349 の助成を受けた。記して謝意を表す。

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) 正田ら(2019)：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, 平成31年度農業農村工学会講演要旨集, 412-413.

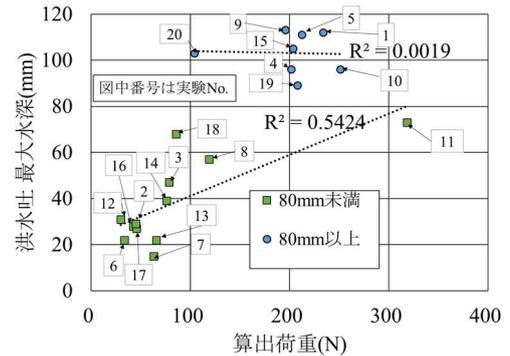


Fig.2 斜面流下時での算出荷重と洪水吐での最大水深の関係  
Relationship between calculation load at slope and maximum water depth of spillway

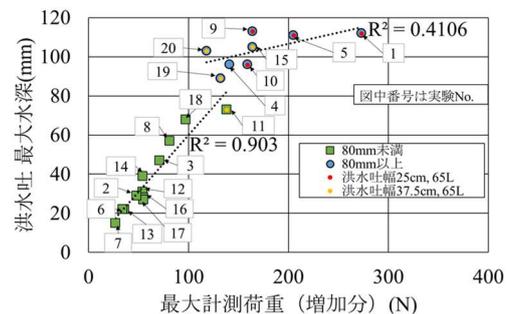


Fig.3 堤体における最大計測荷重と洪水吐での最大水深の関係  
Relationship between maximum measurement load at embankment and maximum water depth of spillway