

土砂流入時のため池堤体に作用する荷重に関する基礎的実験 Fundamental Experiment of Load acted to Embankment of Reservoir at Inflow Debris Flow

○正田大輔*・小嶋 創**・笹倉萌子***・斎藤広隆****・吉迫 宏*

D. Shoda, H. Kojima, M. Sasakura, H. Saito and H. Yoshisako

1. はじめに

集中豪雨等の影響により土石流が発生し、下流に位置するため池が被災する事例がある。本報告では、ため池へ土砂が流入した場合を想定した小型模型実験を実施し、ため池堤体に作用する最大荷重について、砂防分野における既往の公式（たとえば国土交通省国土技術政策総合研究所，2016）を用いて算出を行った。また、算出時に使用する流動中の深さ・速度及び堆積挙動についての基礎的検討を行った。

2. 実験の概要

Fig.1 に実験装置の概略図を示す。流下斜面長を 150 cm，斜面勾配を 45°とし，堤体勾配は 1:1.5，堤高は 25 cm とした。また，流路幅は一律 26 cm で実験模型をアクリルで作製した。流下物には珪砂 3 号と珪砂 7 号を用いた。流下物の質量を 9 kg，14 kg，18 kg，22 kg とした。計測器は以下の目的で設置した。摺動式変位計（東京測器 CDP-5）は流下の開始について計測し，レーザー変位計（KEYENCE IL-300，IL-600）は流下時の珪砂の速度や密度について計測し，荷重計（共和電業 LCN-A-1kN）は堤体に作用する荷重について計測した。Fig.1 に示すそれぞれの位置に計測器を設置した。また，流下時の挙動については Cannon D750 により記録を行い，この画像を基に PIV 解析を実施した。堤体に設置した荷重の合計値について，砂防分野で使用される土石流流体力の算出値と比較を行った。

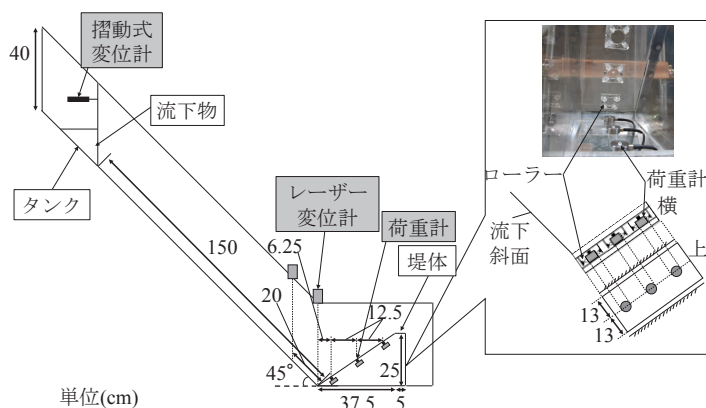


Fig.1 実験装置の概略図

Fig.1 に示すそれぞれの位置に計測器を設置した。また，流下時の挙動については Cannon D750 により記録を行い，この画像を基に PIV 解析を実施した。堤体に設置した荷重の合計値について，砂防分野で使用される土石流流体力の算出値と比較を行った。

3. 最大荷重の算出方法

国土交通省国土技術政策総合研究所（2016）から引用して，以下の土石流流体力の式により最大荷重の算出を行った。

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

ここで， F は流体力(kN/m)である。 U は流速(m/s)， D_r は土石流の径深(m)（ここでは， $D_r = D_d$ （土石流水深））， K_n ：粗度係数である。

4. 実験結果と算出結果の比較

4.1 実験結果の比較

Fig.2 に，各実験ケースにおける荷重の変化を示す。珪砂 3 号の質量が大きくなるほど，最大荷重値も大きくなり，タンクが開いた約 1.1 秒後に最大荷重が発生している。珪砂 7 号と同一質量の最大値の比較においては，珪砂 7 号の方が珪砂 3 号より小さい値となった。これらの最大値と算出された結果との比較を以下で行った。

4.2 最大荷重の算出

式(1)に示すパラメータにおいて，密度はタンクに充填時の値を使用し，速度についてはレーザー変位計の設置距離 0.2 m を，2 台のレーザー変位計で珪砂先頭の到達により値が

*農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO, **農研機構 西日本農業研究センター Western Region Agricultural Research Center, NARO, ***内外エンジニアリング(株) Naigai Engineering Co., Ltd., ****東京農工大学 Tokyo University of Agriculture and Technology キーワード：土石流・ため池

増加した時間の差で除した値を速度として算出を行った。また、速度についてため池堤体に垂直な成分を算出の際に用いた。崩土の密度については、斜面上で計測された珪砂の厚さを積算し、下端断面での全通過容量を求め、既知である崩土の質量(9kg)を全通過容量で除した値を採用した。この算出値と実験結果を **Table 1** に示す。結果を比較すると、両者の値は近い結果となった。

上述の算出において、土石流の径深には流下時の最大深さをを用いた。**Photo 1** に、流下物 18 kg における最大値計測時の流下状況を示す。既に流下物の一部が堆積しており、後続の流下物が流下した時に荷重が最大となっている。内田ら(2004)は堆積土砂の荷重と、(1)式との合計値で最大荷重を算出している。ここでは土石流水深について荷重が最大となった時刻における珪砂の流下深さと、PIV 解析で算出した流下物の速度を用いて荷重の算出を行った。**Table 2** に、3, 7号珪砂での 18 kg における算出値と実験結果を示す。上述の通り、最大荷重の作用時においては既に先行的に流下物が堆積しているため、実験における最大値から残留値を引いた値と算出値の比較を行った。この結果、3号珪砂については流下物が与える影響とした上述の差分値と近い値となった。7号珪砂については流動中の深さをどの箇所で設定するか検討が必要である。

5. まとめ

本報告では、模型堤体に作用する最大荷重について、既往研究で使用されている算出方法を用いて比較を行った。①砂防分野で用いられている荷重の算出方法により、本ため池模型実験においても実験値の算出は可能と考えられる。②上述の算出方法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妥当な算出方法と考えられる。③同一質量で異なる材料で実験を比較した場合、それぞれの流下状況に応じたパラメータを設定することにより算出値は実験における最大値から残留値を引いた値に近い値を示したが、流動中の深さをどの箇所で決定するかは引き続き検討を要する。

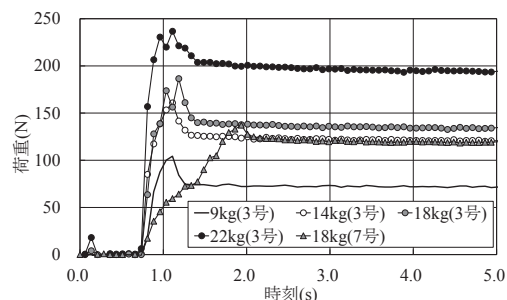


Fig.2 各実験ケースにおける荷重の変化

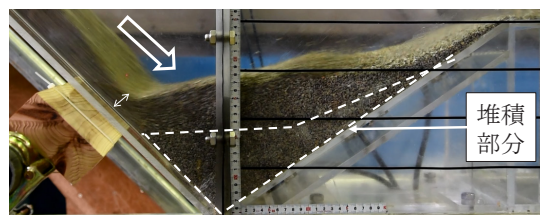


Photo 1 3号珪砂 18kg での 1.18s (最大値 187.9 N) における状況

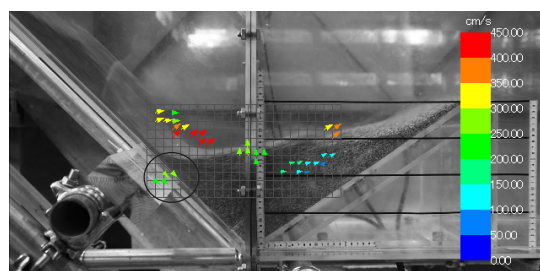


Photo 2 3号珪砂 18kg での 1.18s 時の PIV 解析結果

Table 1 各ケースでの最大荷重の算出値と測定値の比較

	流下時密度 (kg/m ³)	珪砂の流動中の 最大深さ(m)	堤体までの速度 (m/s)	計測最大 荷重(N)	算出荷重 (式1)(N)
9 kg (3号)	1,089.98	0.033	3.27	106.50	100.41
14 kg (3号)	1,089.98	0.039	3.92	170.90	171.50
18 kg (3号)	1,089.98	0.051	3.92	187.91	221.03
22 kg (3号)	1,089.98	0.053	3.92	239.77	232.09

Table 2 3, 7号珪砂での 18kg における算出値と測定値の比較

	流下時密度 (kg/m ³)	最大荷重時 での深さ(m)	最大荷重時の 珪砂速度(m/s)	計測最大荷重と 残留荷重の差(N)	算出荷重 (式1)(N)
18 kg (3号)	1,089.98	0.027	2.5	52.58	47.29
18 kg (7号)	1,089.98	0.013	0.65	17.74	1.57

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。記して感謝申し上げます。

引用文献 : 国土交通省国土技術政策総合研究所 (2016) : 国土技術政策総合研究所資料 砂防基本計画策定指針 (土石流・流木対策編) 解説, 34. 内田太郎ら (2004) : 室内実験による崩壊土砂の衝撃荷重に関する検討, 第7回 構造物の衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集, 193-198.