

ため池への土砂流入時における堤体作用荷重の個別要素法による検討 Verification of Fluid Force due to Sediment Flowed into Agricultural Reservoir Using Distinct Element Method

○正田大輔*・中瀬 仁**

SHODA Daisuke and NAKASE Hitoshi

1. はじめに

豪雨に伴う土石流の発生により、下流に位置にするため池が被災する事例がある。土石流に対するため池堤体の安全性照査のための評価技術の構築は重要と考えられ、ため池を対象として堤体に作用する土石流流体力について模型実験で検討が行われている¹⁾。しかしながら、実験では堤体断面一様な場合の検討であるため、堤軸方向も含めた3次元的な荷重の作用分布についての検討が課題である。このため、本報告では、3次元的な検討が可能な解析手法である個別要素法で、境界条件である底面粗度を変えることで土砂の流下状況の再現性を確認した。さらに、実施した解析の中で境界条件が最適なケースで既往の実験における作用荷重の再現性について検討した。

2. 実験の概要

ため池への土砂流入を模擬した既往の実験を用いて解析での再現性を確認した。実験について **Fig.1** に実験装置の概略図を示す¹⁾。実験装置は流下斜面長 4.2 m、幅 0.5 m、斜面勾配 30°で、斜面上端に土槽を設置した。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に土砂を流入させた。解析の比較対照実験は、貯水の無の状態ですべて貯水容量 2 倍の土砂 0.13m³とした。

3. 解析の概要

3-1. 解析ケース

個別要素法による解析において境界条件である底面粗度を変えることで流下状況の再現性を確認した。さらに、実施した解析の中で境界条件が最適なケースで既往の実験の作用荷重の再現性について検討した。斜面や土層底面は不規則に反発するように、既往の研究²⁾を参考に粒子の中心の間隔を球体の半径となるように斜面および土槽底面を作製したケースと粒子の中心の間隔を球体の直径となるように斜面を作製したケースの 2 種類で解析を実施した。**Table 1** に解析ケースを示す。表中の粒子間隔は底面の粒子配置を示しており、底面粒子の間隔を球体半径としたものを 1/2、底面粒子の間隔を球体直径としたものを 1 としている。

3-2. 実験のモデル化

Fig. 1 に示す実験について以下の手順で解析モデルを作成した。手順を **Fig. 2** に示す。

- 1) 土粒子のパッキング：土槽内寸：幅 35cm、長さ 93cm、高さ 48.9cm に所定の密度 2,040kg/m³ となるように粒子をパッキングする。
- 2) 土槽モデル：土槽長さ 93cm、土槽幅 39cm、土槽高さ 51cm となるように粒子を生成した。
- 3) 土粒子と土槽の統合：1)、2)のモデルを

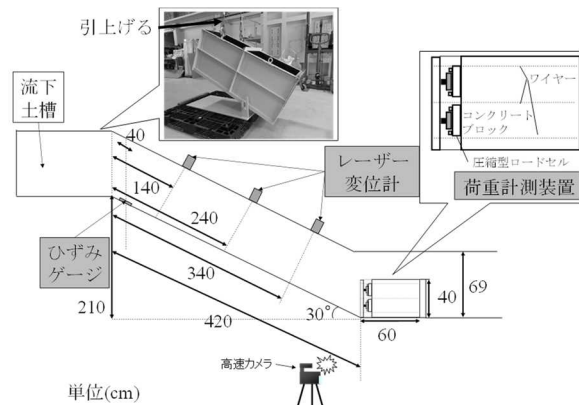


Fig.1 実験装置の概略図

Table 1 解析ケースと解析パラメータ

Case	粒子間隔*	転がり摩擦角(°)	バネ係数(N/m)	粘性係数(Ns/m)	時間間隔(s)
1	1/2	0.0	1 × 10 ⁶	84.3	8 × 10 ⁻⁶
2	1				
3		0.1			

*境界底面粒子の中心間隔で粒子径に対する割合を表す

*農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO, **東電設計(株) TEPCO キーワード：個別要素法・土石流・ため池

実験時の条件と同様に約 9° 水平面から傾けて、それぞれの粒子の統合モデルを作製した。4) 斜路と反力壁モデル作製：斜路と反力壁粒子を作製した。5) 本解析モデル作成：土粒子、土槽、斜路、反力壁全ての要素を統合した解析モデルを作製した。この後、実験での土槽の片方を引き上げと同様に、解析上の土槽を回転させ、土粒子を斜面に流下させた。

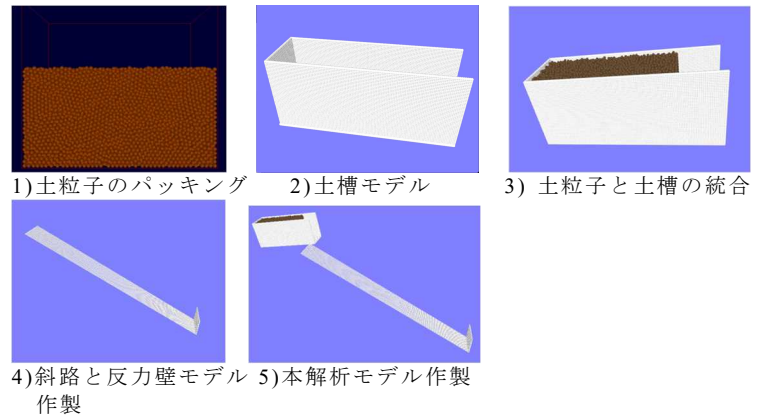


Fig.2 解析モデル作成手順

4. 解析結果

4-1. 土粒子の流下について

Case1, 2 における土粒子の流下状況について土槽の回転開始 1, 3, 5 秒後の状況について Fig. 3 に示す。この図より 1 秒後については大きな相違は見られない。一方で、土粒子が流下中・流下後の 3, 5 秒後の状況については、Case 1 については斜面下端まで多くの土粒子が到達しているが、Case2 については斜面上に若干土粒子が流下せずに残っている。実験時の状況と比較すると、Case2 の方が実験の状況と整合する結果となった。

既往の研究²⁾では高含水比の土石流を対象としたため、底面粗度を下げるモデルが現地との整合性があったと考えられる。本対象実験では、含水比 2% 程度の低含水比の実験条件であったため、斜面と土粒子の間の摩擦抵抗が大きくなることで斜面の粗度が大きくするモデルが適合したと示唆される。

4-2. 堤体における作用荷重と時刻の関係

Fig.4 に、堤体における作用荷重と時刻の関係を示す。実験値についても併記している。本報告の条件では Case 3 が最大荷重時の時刻や荷重の最大値、収束値について実測に近い値を示した。

5. おわりに

本報告では、ため池での土砂の流入による堤体に対する作用荷重について、個別要素法により検討を行った。既往の境界条件を参考に実験条件をモデル化した結果、土砂の流下状況や堤体作用荷重について概ね実験と傾向が一致する結果となった。

引用文献：1) 正田ら(2024)：土石流の流入によるため池貯水時の堤体への作用荷重の評価，農業農村工学会論文集，92(1)，I_41-I_50. 2) 中瀬ら(2016)：個別要素法斜面崩壊解析による土石流シミュレーション，第 16 回日本地震工学シンポジウム，1-7.

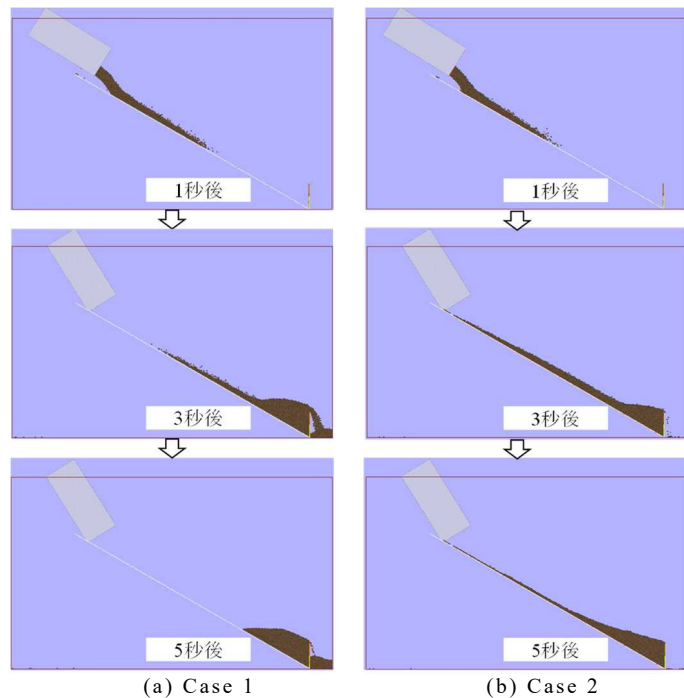


Fig.3 土粒子の流下状況（土槽移動開始からの時刻）

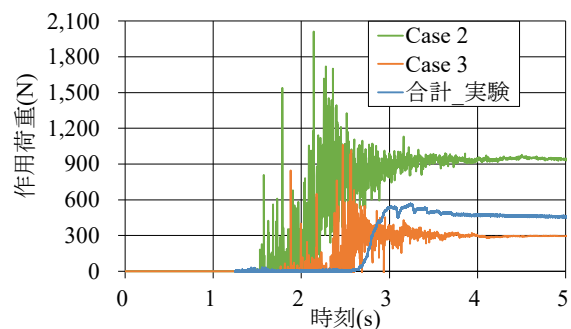


Fig.4 堤体における作用荷重と時刻の関係