

透明土モデルを用いた浸透流の可視化手法に 関する基礎的研究*

八戸工業大学 中村 優真
 八戸工業大学 上野 札慈
 八戸工業大学 高瀬 慎介
 八戸工業大学 金子 賢治

1. はじめに

日本は世界でも有数の自然災害大国であり、これまで様々な災害による被害を受けてきた。特に最近では、気候変動により短時間のうちに急に降る大雨が発生する頻度は増加傾向にあり¹⁾、2018年6月下旬から7月にかけて台風7号および梅雨前線などによって引き起こされた集中豪雨（平成30年7月豪雨）により、西日本を中心に北海道や中部地方など広い範囲で河川の氾濫や堤防の決壊、土砂災害など甚大な被害が発生した。近年上陸する台風が年々大型化かつ低速化していることから、今後も気候変動による自然災害が発生する頻度は増加していくと考えられる。

青森県でも、令和3年8月に集中豪雨による土砂崩れが発生し、大きな被害を受けた。豪雨による土砂災害の原因の一つとして浸透による内部浸食が挙げられる。しかし、内部浸食の発生・進行メカニズムについては不明な点が多い。内部浸食の取り扱いが難しい理由としては、直接観測することのできない土中で起こることが挙げられる。そこで、地盤の内部を可視化する研究が多くなされている。

本研究では、屈折率マッチング技術で制作した透明土モデルを用いて鉛直一次元浸透破壊実験を行い、粒子の間隙を流れる浸透流の可視化を目的とした。

2. 透明土モデルの選定

屈折率マッチング技術とは透明粒子と間隙流体の2つの屈折率を一致させることで、直接見えない内部の断面を可視光のもとで観察可能にする実験手法である。透明粒子と間隙流体の種類によってさまざまな地盤を作成することが出来る。代表的なものを表-1に示す。

本実験では土の中の流れを再現するのに最適なアクアビーズを使用し実験を行う。作成した

表-1 代表的な透明土と特性

	アモルファスシリカ	シリカゲル	アクアビーズ
屈折率	1.442	1.442	1.333
最適モデル	粘土	砂	土の中の流れ とても弱い沈殿物
間隙流体	鉱油ブレンド 臭化カルシウム	鉱油ブレンド 臭化カルシウム	水

* A Basic Study on Visualization Method of Seepage Flow Using Transparent Soil Model

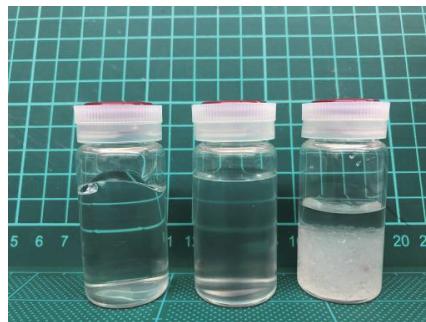


図-1 作成した透明土モデル

- 左：アクアビーズ（10mm）
中：アクアビーズ（0.5mm）
右：シリカゲル（1mm）

透明土モデルを図-1 に示す。アクアビーズは間隙流体に水を使っているため、高い透明度を示している。シリカゲルは水と屈折率が異なるため透明にはならない。

また、アクアビーズは吸水性ポリマーともいって体積の 200 倍の水を吸収することが出来る。（図-2）

また、粉碎することで透水係数を変化させることができある。

3. 実験概要

浸透破壊実験装置を図-3 に示す。使用する資料はアクアビーズ（10mm）とした。アクアビーズは、配置による流れの違いを見るため規則配置と交互配置の 2 ケース用意する。気泡が混入しないよう慎重に作業を行う必要がある。

実験は流量を一定に保ち試験機内に一定の流れを発生させたのちインクの投入口からインクを投入し

粒子の間隙を流れる浸透流の動きをビデオカメラを使用し撮影した。使用したインクは、万年筆用インクブラックである。

実験装置は流入口にバルブを設置しており、任意の流量に保つことが可能である。



図-2 アクアビーズ

- 上：給水前
下：給水後



図-3 浸透破壊実験装置

4. 実験結果

実験結果を図-4 に示す。粒子の間隙間を流れる浸透流を微視的な流線で可視化することが出来た。しかし、規則配置と交互配置による流れの違いについては見ることが出来なかつた。実験終了後のビーズの配置を確認したところ、規則配列が崩れ交互配列のようになつていていた。

アクアビーズは表面が滑らかだつたため流れに押される形で配置が変化したものと思われる。

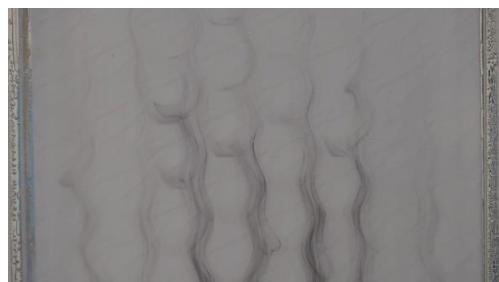
また、PIV 解析を用いて流速分布を可視化した結果を図-5 に示す。粒子の周りの流速の分布を簡易的ではあるが表現することが出来た。しかし、目視では、インクの流れていない箇所にも矢印がプロットされていた。これは、気泡や照明による反射等によってテンプレートマッチングが上手く行われなかつたことが原因だと思われる。



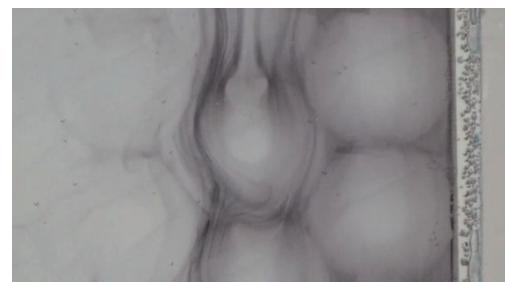
撮影開始



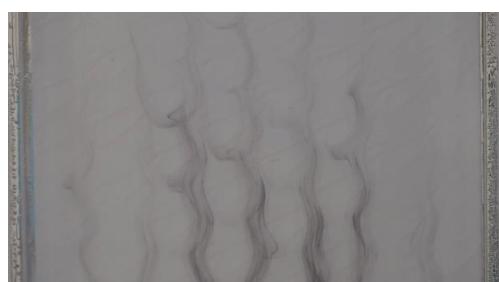
撮影開始



3 秒後



3 秒後



5 秒後



5 秒後

図-4 実験結果（左：規則配置 右：交互配置）

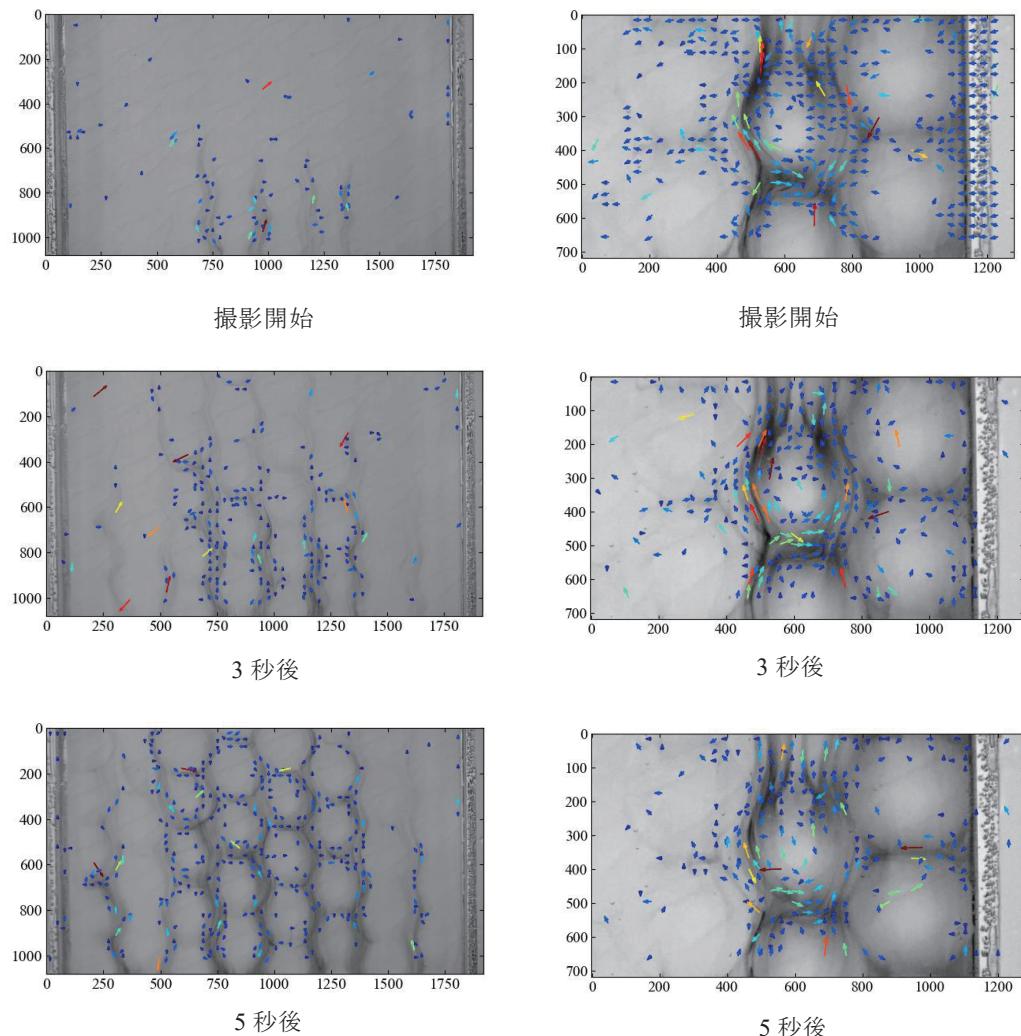


図-5 PIV 解析結果（左：規則配置 右：交互配置）

5. 終わりに

粒子間を流れる浸透流を簡易的ではあるが微視的に可視化することが出来た。しかし、PIV 解析は、テンプレートマッチングが上手く行っていない箇所があった、これは気泡の混入や照明のフリッカーによる誤差だと考えられる。

今回は、一次元の浸透流を可視化したが、今後は三次元的な浸透流の可視化を行い、浸透流への理解をより深めていく必要がある。

参考文献

- 1) 気象庁：気候変動監視レポート 2017
- 2) Magued Iskander : Modelling with Transparent Soils2010