第Ⅱ部門

# 1. 研究の目的

本研究では、表面流による侵食過程において河床近傍 の飽和度の変化を調べるため、地盤の分野において利用 されている、「トランスパレントソイル」<sup>1),2)</sup>を用いて越 流侵食に関する模型実験を行った.得られた画像に対し て画像解析を行い、侵食時の河床近傍の飽和度の可視化、 及び侵食との関係について考察を行った.

# 2. 水理模型実験

## (1) トランスパレントソイルについての基本事項

トランスパレントソイルの原理について説明する.光 は均一な物体内を進む場合,直進する.一方で,異なる 物体に進むとき,屈折率(RI)が異なる場合はその境界 面で屈折するが、RI が同じ場合には直進する. トランス パレントソイルではこの性質を利用する.用いる材料は, 溶融石英(以下「石英」とする)とチオ硫酸ナトリウム で処理したヨウ化ナトリウム水溶液(以下「溶液 X」と する) である. ここで,石英の RI は 1.458 である. 溶液 X は濃度により RI を変化させることができ、石英の RI と一致させたものを用いる. 白い乾燥石英に対し, 溶液 Xが流れて間隙を満たすことで、透明に変わり、背後を 黒くしておくと,黒い背景が写る.その様子を図-1に示 す.これは、間隙に溶液 X が満たされると、RI が同じ 石英と溶液 X では、光が直進して透明になるためであ る.このように飽和度によってトランスパレントソイル の透明度を変化させることができ、表面流と河床との境 界面の把握や地盤内の飽和度の空間分布を求めること ができる.

### (2) ラポナイトについての基本事項

ラポナイトとは、合成層状のケイ酸塩で、白い粉末状 であり、水に溶けると、透明な粘性のある液体となる. 本実験では、水の重量に対してラポナイトを2(%)溶解 した溶液(以下「ラポナイト溶液」とする)を石英と混

京都大学大学院	学生員	○小田	一輝
京都大学大学院	正会員	音田	慎一郎
京都大学大学院	正会員	肥後	陽介
港湾空港技術研究所	正会員	高野	大樹





合し、地盤に粘性を加えたときの表面侵食過程における 地盤内の飽和度の空間分布に着目する.

#### (3) 実験方法

1/40 の勾配をつけた直線水路に窪みのある区間を設け、上流から溶液 X を流して表面流による侵食実験を行う.実験の様子を水路の側面からビデオカメラで撮影し、それらをもとに画像解析をすることにより、表面侵食過程と飽和度の空間分布の関係を考察する.水理模型実験の概要図を図-2 に示す.水路の側面、底面はアクリルでできており、水路の背景と下に黒い布を敷いた.実験条件は、河床材料の含溶液比は19(%)で、流量は0.08(1/s)である.

#### (4) 実験結果

ビデオカメラで撮影された河床表層の侵食過程の様子を図-3 に、明るさを調整した画像を図-4 に示す.画像上の青い線より下は地盤に変化がなかった.緑の線で囲った部分は剥離した石英の塊を表している.大きな石英の塊が気泡とともに溶液 X に取り込まれ、局所的な洗堀が発生していることが確認できる.

Kazuki ODA, Shinichiro ONDA, Yohsuke HIGO and Daiki TAKANO oda.kazuki.37s@st.kyoto-u.ac.jp

#### 2023年度関西土木工学交流発表会



図−5 画像解析結果

## 3. 画像解析結果の考察

実施した模型実験に対し、画像処理ソフトウェアである ImageJ を用いて画像解析を行う.手順を以下に示す.

- i) 越流侵食実験と同じ光量のもと、飽和度を変えて作成した地盤試料をそれぞれ撮影する.
- 2) 1)で撮影した動画を、画像として切り出す.
- 3) ImageJを用いて白黒画像に変換する.
- 白黒画像の輝度の段階により画像に着色をし、飽和 度の可視化を試みる.
- 5) 越流実験の動画についても同様に 2)~4)の手順で画 像解析を行う.

画像解析結果と飽和度に対応する色を表すカラーバ ーを図-5 に示す.本実験において、ラポナイト溶液を混 ぜた石英に溶液 X が混ざって飽和度が 100 (%)になった としても、石英内にラポナイト溶液があるため完全に透 明にはならない.したがって、ラポナイト溶液とともに 石英が削れたところは、石英とラポナイト溶液の割合が 減るため、地盤がより透明に近くなる.画像解析の結果 より、土塊が侵食する直前に、下部の飽和度が高くなる 瞬間が確認でき(図-5,丸で囲った部分)、これより有 効応力が下がり、侵食されやすい状況となっていると考 えられる.このような状態の上を溶液が流れるため,石 英とラポナイト溶液が削られると思われる.また,土塊 の上流側下部の飽和度については気泡が映り込んだた め,正確に把握することが困難であった.

### 4. まとめ

本研究では、トランスパレントソイルを用いて越流侵 食に関する模型実験を行い、画像解析結果から、土塊の 侵食前に下部の飽和度が高くなることが確認できた、土 の有効応力が下がり、土塊が侵食されやすい状況が発生 していると考えられる. 今後、水理条件や地盤条件を変 化させて実験を行い、表面流による侵食過程、及び地盤 内の飽和度の空間分布特性について考察したい.

#### 参考文献

- Carvalho, T., Suescun-Florez, E., Omidvar, M., and Iskander, M.: A Nonviscous Water-Based Pore Fluid for Modeling With Transparent Soils, *Geotechnical Testing Journal*, Vol.38, No.5, pp.1-7, 2015.
- 2) 音田慎一郎,加納隆伸,肥後陽介,山口凌大,高野 大樹:トランスパレントソイルを用いた堤防決壊プ ロセスの可視化に関する試み,土木学会論文集 B1(水工学), Vol.77, No.2, ppI\_643-I\_648, 2021.