

X線CTスキャナを用いたパイピング進行過程の観察

土木研究所	正会員	○菅原 雄
土木研究所	正会員	日外 勝仁
土木研究所	正会員	品川 俊介
土木研究所	正会員	佐々木 靖人

1. はじめに

河川堤防の破堤要因の一つにパイピング破堤がある。これは土砂の吸い出しによる基礎地盤に空洞等が生じ、それが要因となって堤防に変状が発生する現象だが、パイピングの進行がどのような過程を経て進行するかはまだ議論がつかない。例えば、現地実験や室内モデル実験から得られた動水勾配の値の変化は土砂の吸い出しが排水孔側から生じていることを示唆しているが、パイプの形成過程をとらえた直接的なデータは得られてはいない¹⁾²⁾。本報では、このより直接的なパイピングの進行過程を観察するために、後に述べる試験供試体を用いたモデル地盤を用いた透水実験とX線CT撮影を繰り返すことで、パイピングに伴って生じる空隙がどのように成長していくかを観察したので報告する。

2. 実験装置

実験装置は容量 12.5L、重量 8.5kg、W250mm×D250mm×H200mm のアクリル製土槽及び給水装置、補助水槽、飽和用水槽、砂溜め用容器からなる（図1、2）。ストレーナー区間は幅 50mm、高さ 250mm としパイピングを発生させる弱点箇所としてφ50mm の排水孔を設置した。ストレーナーの区間と給水孔の間隔は 250mm である。流出した土砂は砂溜め用容器に、排水水は砂溜め用容器からオーバーフローしたものを容器で採水できるようにした。

3. モデル地盤作成

土槽（容量 12.5L、重量 8.5kg、W250mm×D250mm×H200mm）に以下のように川砂を詰めた後に、アクリル製の止水板で覆った。

- ① 川砂（実験地盤層）は細粒分含有率 $F_c=5\%$ 、最大粒径が $850\mu m$ になるように粒度調整したものを用いた。また、試料の締固め度は 85%程度として 5cm 毎に段階的に製作し層厚は 15cm とした。
- ② 川砂の上位には止水板を設置した。排水孔直下にあたる部位は切れ込みを入れている。この止水板と実験装置との境界にはシリコンシーラントを詰め、浮き上がりを防止するために重石（12kg 程度）を乗せた。
- ③ 実験地盤は下部にある飽和用水槽と飽和用メスシリンダーをチューブでつなぎメスシリンダーに水を追加することで飽和させた。実験供試体を壊さないように水の追加は一時間程度かけて行った。

4. 実験手法

実験は以下の条件で、X線CTの撮影とモデル地盤を用いた透水試験をX線CTスキャナで空隙が完全に連結するのを確認するまで繰り返した。

X線CTの撮影：水抜きを行った試験体をX線CTスキャナで撮影しCT画像を得た。X線CTはNikon Metrology 製 XT H320LC を使い、画像解析には VOLUME GRAPHICS 社製 VGStudio MAX2.2 を用いた。撮影条件は 180KV、400uA、アルミフィルター0.5mm である。

モデル地盤を用いた実験：試験体の下部にある飽和用水槽から水を注入し試料を飽和状態にした。この際に試料を破壊しないように1時間程度かけゆっくりと注水した。土砂の流出が排水孔直上のカメラで観察された

キーワード 水みち、パイピング、X線CTスキャナ

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 国立研究開発法人土木研究所 TEL. 029-879-6769 E-mail : yu-sugawara@pwri.go.jp

のを確認し給水を停止した。その後 20 分間程度かけて水抜きを行った。

5. 結果

実験が進むとともに以下のことが観察された。①空隙は川砂・止水板の境界に形成された。②土砂が流された空隙は、給水 - 排水孔付近のいずれ側でも形成される。③排水孔側に生じた空隙は掌状を呈し、実験が進むにつれて給水孔側へ拡大していき、給水孔側の空隙と繋がる。④給水側に生じた空隙は半円状の形態を呈し、排水側の空隙と繋がっていく。図 3～6 は川砂と止水板の境界を撮影した結果で空気(空隙)が暗色で示される。

6. まとめ

X 線 CT スキャナを用いて土槽実験の途中経過を撮影することで、動水勾配の変化から予測されていたパイピングの進行が排水孔側から給水孔側へ生じることが観察された。

[参考文献]

- 1) 中川清森・品川俊介・吉田直人・日外勝仁・佐々木靖人:河川堤防基礎地盤のパイピング抵抗性に関する室内実験(その2):第 46 回地盤工学会研究発表会平成 23 年度発表講演集, pp999-1000,2011
- 2) 日外勝仁・品川俊介・佐々木靖人:河川堤防基礎地盤のパイピング抵抗性評価のための原位置パイピング試験方法の開発, 土木学会関東支部第 43 回関東支部技術研究発表会(投稿中),2016.

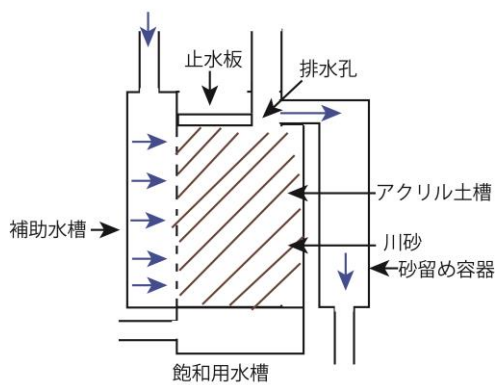


図 1：実験装置概要。



図 2：実験装置写真。

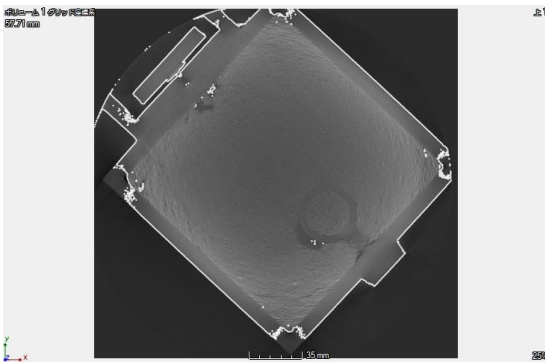


図 3：1 回目の実験後の試験体の CT 画像。

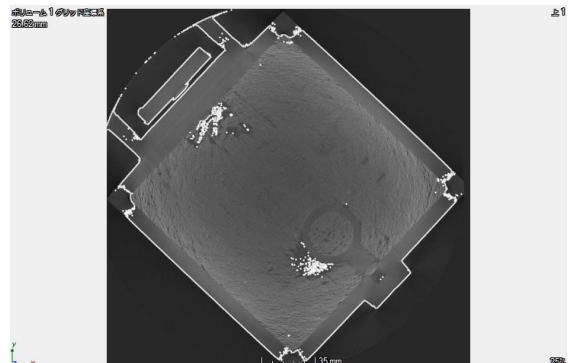


図 4：2 回目の実験後の試験体の CT 画像。

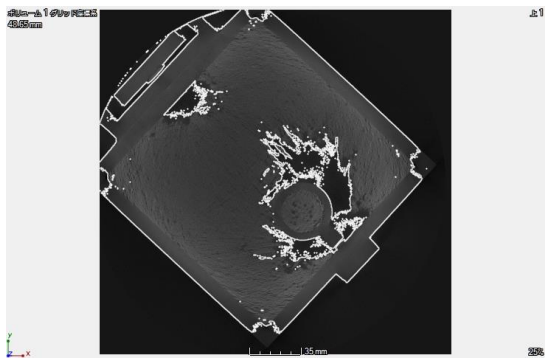


図 5：4 回目の実験後の試験体の CT 画像。

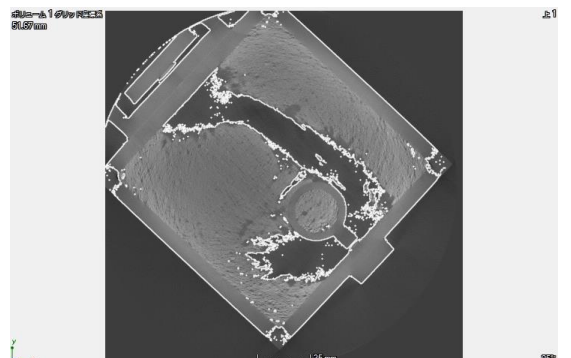


図 6：4 回目の実験後の試験体の CT 画像。