

粒度分布形状に着目した管渠周辺の地盤の陥没挙動と変状速度

名古屋工業大学 学生会員 ○新井 拓弥
 名古屋工業大学 正会員 前田 健一
 名古屋工業大学 学生会員 近藤 明彦

1. はじめに

近年,世界各地で地盤の陥没災害が発生しており,特に都市部ではインフラストラクチャーの劣化に伴う大更新時代を迎え,その発生件数は増加傾向にある. 陥没発生箇所の現地調査からは,周辺地盤内においてゆるみ領域の形成と粒度分布が狭まること(細かい粒子の流出)が確認されている^{1),2)}. そこで,本研究では都市部における陥没現象の主な原因である埋設管周辺³⁾の地盤の陥没現象のメカニズムの解明に向けてモデル実験を行った.

2. 土槽実験概要

図-1 に管路周辺の陥没モデル実験機の概略図を示す. 幅 0.84m×高さ 0.77m×奥行き 0.25m の塩ビ土槽に, 外径 0.14m の模擬管渠を設置した. また, 模擬管渠先端 5mm の位置にある $\phi 5$ mm の切欠きにより粒子が流出可能である.

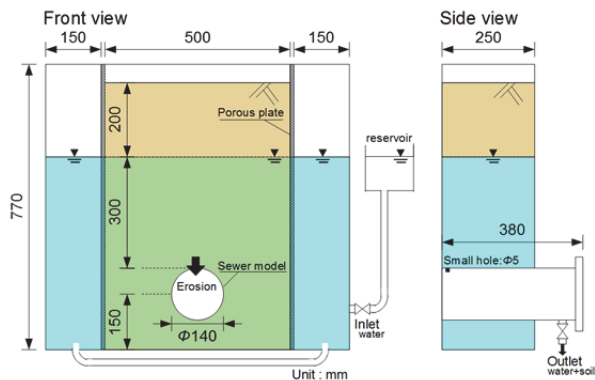


図-1 管路周辺の陥没モデル実験概略図

本実験では, 粒度分布形状の異なる試料として, 豊浦砂と二粒径混合粒度を用い, 比較検討を行った. 図-2 に本実験の粒度分布を示す. 階段粒度の試料は, 硅砂 7 号と 2 号を重量比 6:4 (以下, 試料 S6:4 と称す) と 4:6 (試料 S4:6) で混合したものを用いた. 両試料の相対密度は 80% に調整している. 土槽両端にはポーラスコーンで仕切られた幅 15cm の貯水領域があり, 外部の給水槽と同一水頭に調節される. 水位は地表面から深さ 20cm のところで一定とした.

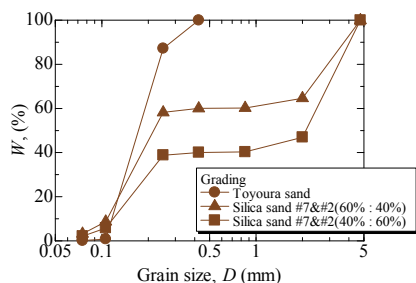


図-2 実験に使用した試料の粒度分布

3. 実験結果および考察

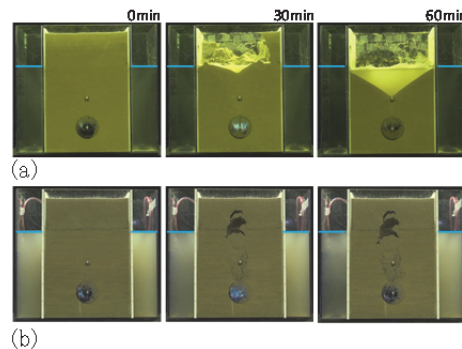


図-3 空洞進展の様子((a):豊浦砂,(b):試料 S6:4

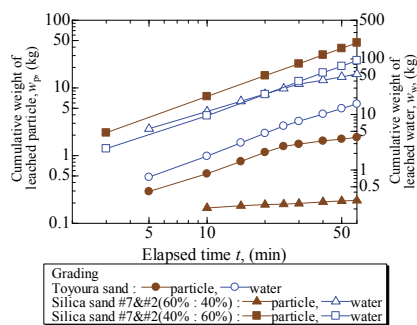


図-4 粒子と水の累積流出量の経時変化

図-3 に空洞の進展の様子を, 図-4 に粒子と水の累積流出量の経時変化を示す. 豊浦砂では, 間隙水お土粒子の流出量は時間のべき関数となっており, 地表面の陥没は流出にともない進行した. 一方, 試料 S4:6 の場合, 土粒子の流出に伴い, 空洞が発生・発達するものの, 不飽和土による架橋領域が形成されることで, 陥没は見られなかった. また, 豊浦砂,

試料 S6:4 では、流出水量の方が流出土粒子量よりも多いが、試料 S4:6 では流出土粒子量が多くなっている。さらに、試料 S6:4 の場合、 $t=30\text{min}$ 以降で流出量の増加率が低下している。これは管路周辺で粗粒分が目詰りしたものと考えられる。

地盤変状の進展の様子を詳しく調べるために図-5 のように変状の様子が特徴的な領域に分割した。細かい粒子が流出し粗粒のみで形成される「粗粒化領域」、粗粒化領域に細粒分が流れ込む「流動領域」、空洞になった「空洞領域」、変化が表れない「未浸食領域」の4つに分類した。この4つの領域の鉛直方向長さの経時変化を調べ、その経時変化から進展速度を算出した。本報では、特徴的な大きな変状が生じた豊浦砂と試料 S6:4 に着目した。

図-6 に各領域の大きさ（高さ方向）と境界の進展速度の経時変化を示す。豊浦砂の場合は、 $t=18\text{min}$ 付近で地表面が崩落し空洞領域と未浸食領域が消失している。一方で、幅広い粒度分布を有する試料 S6:4 の場合には、不飽和な未浸食領域が保持され、空洞領域の大きさは増加している。未浸食領域の強度は、領域の厚さ、粒度分布などの土質、飽和度に強く支配されるといえる。

両試料において、流動および空洞領域の進行速度は、初期の値が高く、その後減少している。また、空洞は地下水面上方の不飽和帯に亀裂として発生した後に、空洞の天端位置は変わらず、管渠への土砂の流出に伴い流動領域が下方に縮小するため、空洞領域は下方に拡張する。よって、空洞上部に位置する未浸食領域の大きさは、地表面が崩落直前まではほとんど変化しなかった。空洞調査において、空洞上方のみが発見されたとしても、地盤全体の変状を捉えることはできず、流出による地盤の損傷を調べるためには、空洞の大きさの把握とその下部の変状の発展メカニズムを知る必要がある。

粗粒化領域は、試料 S6:4 の場合に観察され、管渠への細かい粒子の流出によって、粗粒化領域は上方に伝播し、その上方に位置する流動領域が縮小している。したがって、管渠の直上から空洞下端までの間の地盤は、細かい粒子の流亡によって大きく圧縮し、それに伴って空洞化が進んだと捉えることができる。さらに、各領域は $t=30\text{min}$ を経過すると進展しなくなった。これは図-4 のグラフで流出量が急激に減少し始めた時間と一致している。

4. まとめ

管渠の欠損による細かい粒子の流亡によって、粗粒化領域が形成し、細かな粒子を含め様々な粒子が移動する流動領域が発生するとともに、比較的安定している不飽和帯が存在することで、大きな空洞が発展することが分かった。

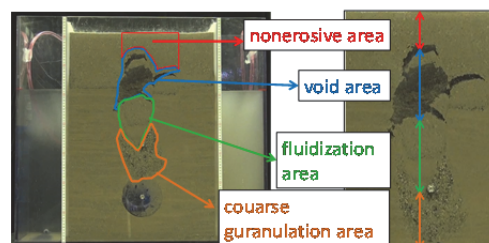
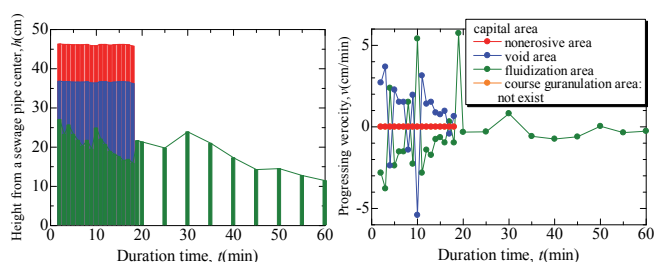
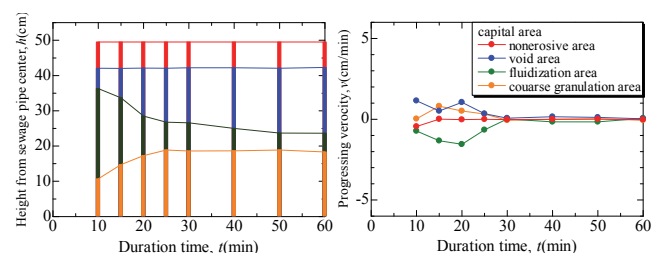


図-5 土粒子流出によって変動した地盤の領域分け



(a) :豊浦砂



(b) 試料 S6:4 (珪砂 7 号 : 2 号=6:4)

図-6 各領域の進展の様子：各領域の大きさ（高さ）の経時変化（左）と境界の進展速度（右）

謝辞：この研究で用いた装置の一部は日本学術振興会・特別研究員奨励費(25・7199)の助成を受けたものであり、末筆ながら深謝の意を表します。

参考文献：

- 1) Wood, D. M. and Maeda, K.: Changing grading of soil: effect on critical states, *Acta Geotechnica*, 3 (1), pp.3-14, 2008.
- 2) Wood, D. M., Maeda, K. and Nukudani, E.: Modelling Mechanical consequences of erosion, *Geotechnique*, 60(6), pp.447-457, 2010.
- 3) 桑野玲子, 佐藤真理, 瀬良良子; 地盤陥没未然防止のための地盤内空洞・ゆるみの探知に向けた基礎的検討, *地盤工学ジャーナル*, Vol.5, No.2, pp.219-229, 2010.