

粒度分布形状と外力条件に着目した管渠周辺の地盤の陥没挙動

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
港湾空港技術研究所	正会員	近藤	明彦
名古屋工業大学	学生会員	佐藤	弘瑛

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管渠周辺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。実験には、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 $\phi 5\text{mm}$ の切欠きにより粒子が流出可能である。本実験では、粒度分布形状の異なる試料として、豊浦砂と階段粒度を用いた。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、水位は地表面から深さ 20cm のところで一定とした。

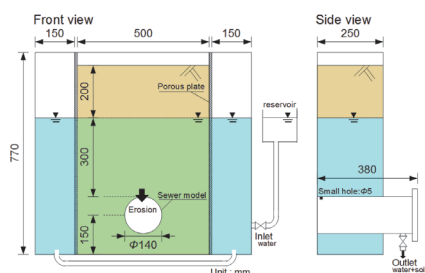


図-1 管渠周辺の陥没モデル実験概略図

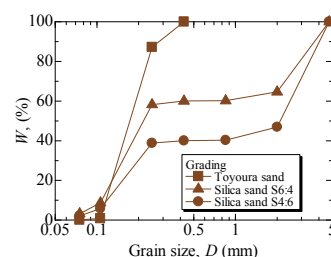


図-2 実験に使用した試料の粒度分布

3. 実験結果および考察

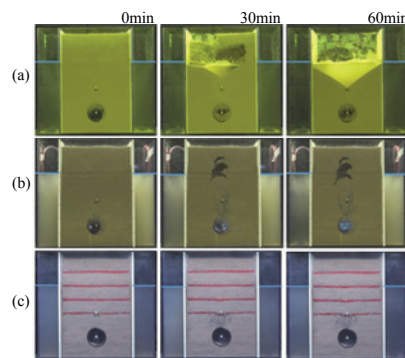


図-3 空洞進展の様子

(a): 豊浦砂, (b): 試料 S6:4, (c): 試料 S4:6

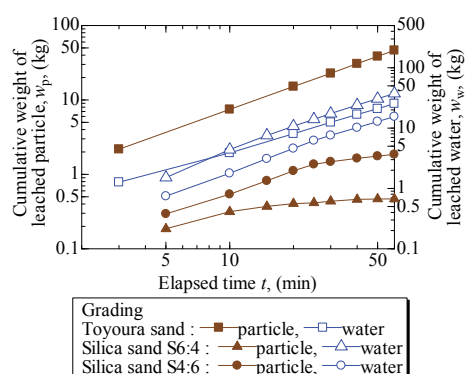


図-4 粒子と水の累積流出量の経時変化

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、間隙水及び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

キーワード 内部浸食, 粒度形状, 管渠, 内水圧

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 16 号館 227 号室 TEL052-735-5497

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、 $t=30\text{min}$ 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。また、試料 S6:4, S4:6 では、流出水量の方が流出土粒子量よりも多いが、豊浦砂では流出土粒子量が多くなっている。

次に S6:4 の地下水位一定試験後に、豪雨発生時を想定した模擬管渠への内水圧载荷実験を行った。模擬管渠中心から 71cm 相当の水頭を 5 分間载荷後、排水し流出量を計測した。実験終了後、管頂から 5cm, 20cm の点の中央、右端で土を採取し、粒度の変化を調べた。

図-5 に内水圧载荷実験の空洞の進展の様子を、図-6 に変状した地盤内部の様子を、図-7 に粒子と水の累積流出量の経時変化を示す。図-5, 6 より、実験開始前と比べて 5cycle 終了後では、色砂が下方に変状しているのが分かる。また、地下水面付近の空洞の形が上方に変状した。これは下部にあった空洞が潰れてしまったためである。つまり、空洞が存在した下部の位置の地盤は緩んでおり、地盤の耐力としては非常に弱くなっている可能性が高いと言える。図-7 より、サイクルが進行するにつれて流出量が減少する傾向にある。また、全てのサイクルにおいて経過時間 3 分での土粒子の流出量の増加率が最大になっており、その後は減少傾向にある。これは、排水時に水と共に土が流れ出し、流出量が増加したと考えられる。つまり豪雨発生直後に管渠への流出が進展し、危険な状態になる可能性が高いと推測できる。

図-8 に、土槽内部の粒度分布の変化を示す。C5 では他の地点よりも粗粒化が顕著に見られた。また、図-6 より実験開始前の管頂 20cm 地点では粗粒化領域は見られないが、図-8 を見ると、元粒度よりも粗粒化していることが分かる。つまり、内水圧が载荷されることによって管の直上だけではなく地盤全体が粗粒化し、地盤の損傷が進行することが分かった。

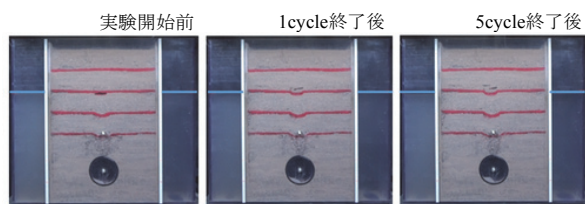


図-5 空洞進展の様子

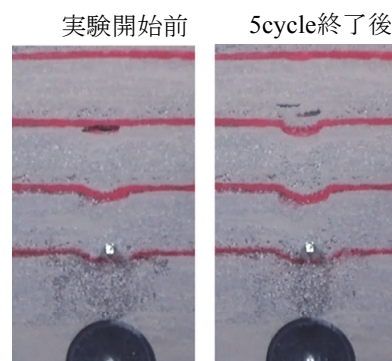


図-6 変状した土槽内部の様子

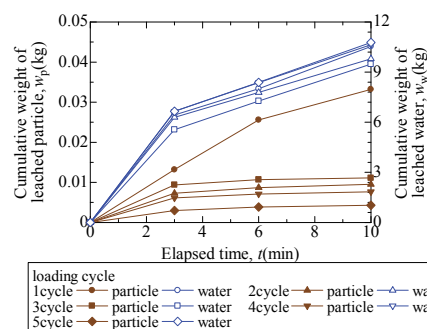


図-7 粒子と水の累積流出量の経時変化

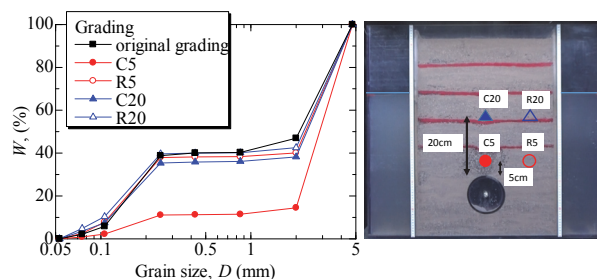


図-8 土槽内部の粒度分布の変化

4. まとめ

管渠に内水圧が载荷されると、排水時に土砂が管渠に流れ込み、粗粒化することで、大きなゆるみ領域が形成され、地盤が劣化することが分かった。

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、末筆ながら感謝の意を表します。

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.