

地下水位上昇時の下水管損傷部周辺地盤の内部浸食に関する模型試験

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○宇都宮 悠
 京都大学大学院工学研究科 正会員 木元 小百合
 京都大学大学院工学研究科 学生員 赤木 俊文

1. はじめに

近年、下水管の損傷に起因する道路陥没事故が多発しており、メカニズムの解明が進められている¹⁾。本研究では、下水管の損傷部周辺地盤の内部浸食現象について、特に現象の初期に発生すると考えられる内部浸食の発生・進展のメカニズムを解明することを目的として、異なる粒度分布を有する試料を用いて、内部浸食試験を行い、土質特性による浸食挙動の違いについて考察した。

2. 内部浸食・空洞化実験の概要

2.1 内部浸食・空洞化実験装置

図1に試験装置を示す。装置の特徴は、上下方向に可動式の注水槽と亚克力製土槽(幅300mm×奥行き100mm×高さ600mm)の両側面にある水槽を直結することにより、地下水の上昇を模擬できること、底面に下水管損傷部のクラックを模擬した平面スリットを設けており、その開口幅がダイヤルで調整可能(0~10mm)であることが挙げられる。

2.2 試料

本研究では、細粒分含有率が低く粒度の悪い市原砂(細粒分含有率6.2%, 均等係数1.7)および細粒分含有率が高く粒度の良い淀川砂(細粒分含有率23%, 均等係数1.43)を試料として用いた。市原砂は下水管の埋め戻しに使用されている土試料であり、淀川砂は堤防改修に用いられている。

2.3 実験ケース

本実験の実験ケースを表1に示す。Iは市原砂のケース、Yは淀川砂のケースをそれぞれ表している。水位は200mm一定とし、開口幅、試料の初期含水比および相対密度を変化させて実験を行った。

2.4 模型地盤の作製

各ケースで設定した目標初期含水比および相対密度となるように、湿潤突固めにより1層あたり仕上がり厚25mmとなるように突き固め、16層で高さ400mmとなるように模型地盤を作製した。

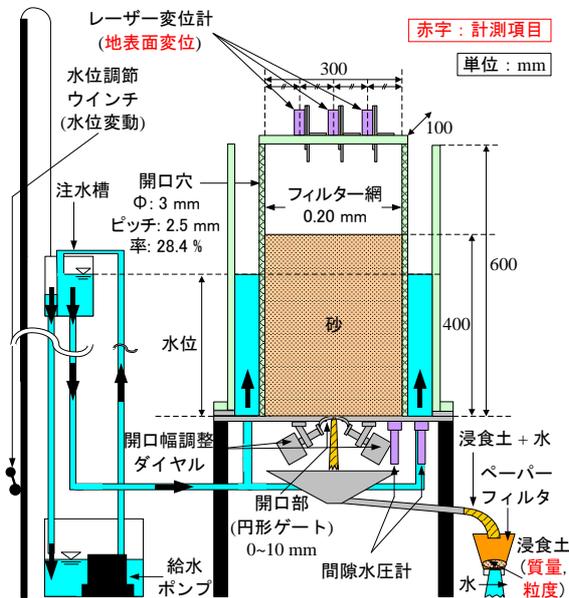


図1 内部浸食・空洞化試験装置

表1 実験ケース

Case	開口幅 (mm)	間隙比	相対密度 (%)	含水比 (%)	飽和度 (%)
I-1	5	1.2	80	10	24
I-2	5	1.2	80	23	50
I-3	7	1.2	80	10	24
Y-1	5	0.7	80	10	38
Y-2	10	0.7	80	10	38
Y-3	10	0.8	60	10	34

2.5 浸食実験の手順

試験の手順は次のようである。① 開口部を所定の開口幅まで開く、② 注水槽から土槽両側面にある水槽に水位200mm一定となるように水を供給する、③ 開口部から流出した浸食土をペーパーフィルターで採取する、④ 模型地盤が崩壊するあるいは開口後24時間が経過するまで放置する。本試験の計測項目は、地表面沈下量、各開口段階での浸食土量である。また、浸食土についてふるい分けを行い開口幅ごとの浸食土の粒度分布を調べた。

キーワード 下水管損傷, 内部浸食, 粒度分布, サフュージョン, 模型実験

連絡先(〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院工学研究科 TEL&FAX:075-383-3193)

3. 内部浸食・空洞化実験の結果と考察

3.1 沈下量時刻歴, 浸食土量時刻歴

図2に市原砂, 図3に淀川砂の沈下量時刻歴(中央の変位計), 浸食土量時刻歴を示す. いずれのケースでも, 地下水位が上昇して開口部付近に浸透すると, 開口部付近の砂が一気に浸食され(1st erosion), それが終わった後, 小さな土粒子が継続して微量ずつ流出した(2nd erosion). 市原砂では, いずれのケースでも開口部上方の水位よりもやや低い位置に空洞が形成された(図4)のに対し, 淀川砂では, Case I-1と同じ条件で実施した Case Y-1 では浸食量が少なく空洞は形成されなかった. また Case Y-2, Case Y-3 では土槽の境界に流動化が達したため明らかな空洞は観測されなかった. また沈下量に関して, 時間の経過とともに沈下量の増大が見られた. 浸食土量の流出と沈下量の明確な関係性はみられなかった.

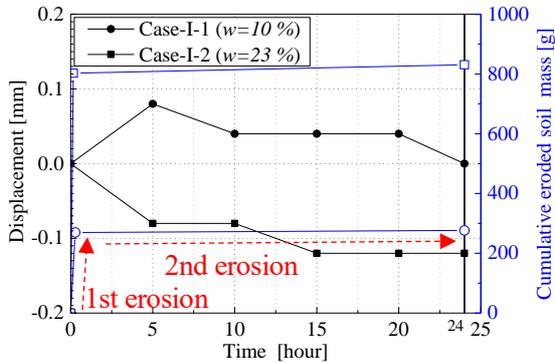


図2 沈下量時刻歴, 浸食土量時刻歴 (市原砂)

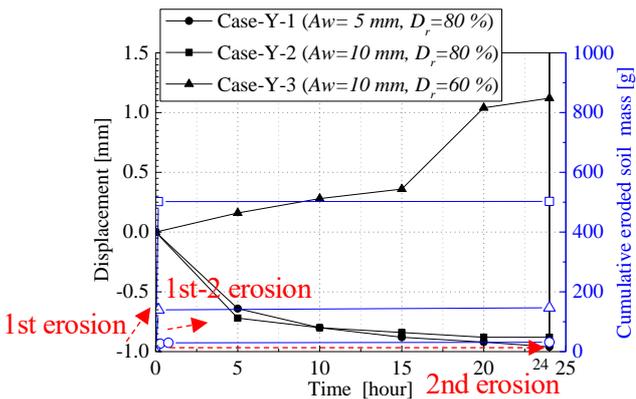


図3 沈下量時刻歴, 浸食土量時刻歴 (淀川砂)



図4 空洞発生の様子 (市原砂)

3.2 浸食土の粒径加積曲線

図5, 図6に市原砂の Case-I-1 ($A_w=5\text{ mm}$, $w=10\%$, $D_r=80\%$)および淀川砂の Case-Y-1 ($A_w=5\text{ mm}$, $w=10\%$, $D_r=80\%$)の浸食土の粒径加積曲線をそれぞれ示す. なお浸食土について粒径 0.075 mm 以下の沈降分析は実施していない. 市原砂および淀川砂のケースで試料の元の粒径加積曲線(破線)と比べ, 浸食土の粒径加積曲線(実線)の方が小さい粒径の土粒子の含有率が高いことを示しており, それは 1st erosion, 2nd erosion と浸食が進むにつれてより顕著になった.

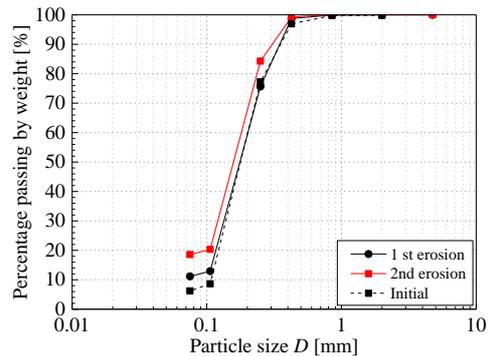


図5 浸食土の粒径加積曲線 (Case I-1)

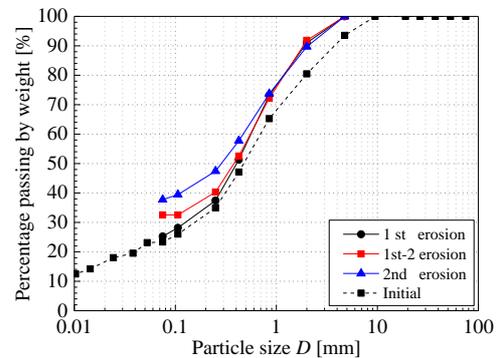


図6 浸食土の粒径加積曲線 (Case Y-1)

4. 結論と今後の課題

今回の実験条件では, いずれの試料でも, 水位上昇直後に一気に浸食が起こった後, 微量の細粒分の浸食が継続した. 今後は, 浸食や空洞の発生と地表面沈下の相関を明らかにしていく必要がある.

謝辞: 本実験の実施にあたり京都大学名誉教授の岡二三生先生, 地域地盤環境研究所の本郷様, 川崎地質株式会社様にはご助言と実験装置, 試料提供を頂きました. 謝意を表します.

参考文献

- 1) 桑野, 堀井, 山口, 小橋: 老朽下水管損傷部からの土砂流出に伴う地盤内空洞・ゆるみ形成過程に関する検討, 地盤工学ジャーナル, Vol. 5, No. 2, 349-361, 2010.