

第Ⅲ部門

下水管の損傷部に起因する地盤の内部浸食に関する実験的研究

京都大学工学部

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いる。本研究では、下水管の損傷に起因する地盤の内部浸食および空洞化現象について、空洞化の前段階として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、地盤の相対密度、粒度、動水勾配を変化させて内部浸食・空洞化実験を行い、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

本研究では、図1に示す内部浸食・空洞化実験装置を用いた。装置の特徴は、上下方向に可動式の注水槽とアクリル製土槽（幅200 mm×奥行き100 mm×高さ250 mm）を直結することにより土槽内の試料に所定の動水勾配で浸透流を与えることができること、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であることが挙げられる。なお開口幅の拡大により、下水管損傷部の拡大の進行を模擬している。

2.2 試料

本研究では、細粒分含有率が低く比較的粒度の悪い市原砂および細粒分含有率が高く比較的粒度の良い淀川堤防砂を試料として用いた。市原砂、淀川堤防砂の粒径加積曲線を図2にそれぞれ示す。

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は淀川堤防砂のケースをそれぞれ表している。動水勾配は基本的に1とし、相対密度は60%および80%として比較した。

2.4 模型地盤の作製および通水過程

各ケースで設定した相対密度となるように、湿潤突固め法により高さ150 mmとなるように模型地盤を作製した。次に、作製した模型地盤に対し、土槽下部に

設置されている給水バルブから土槽内に水を給水し、模型地盤に通水を行った。

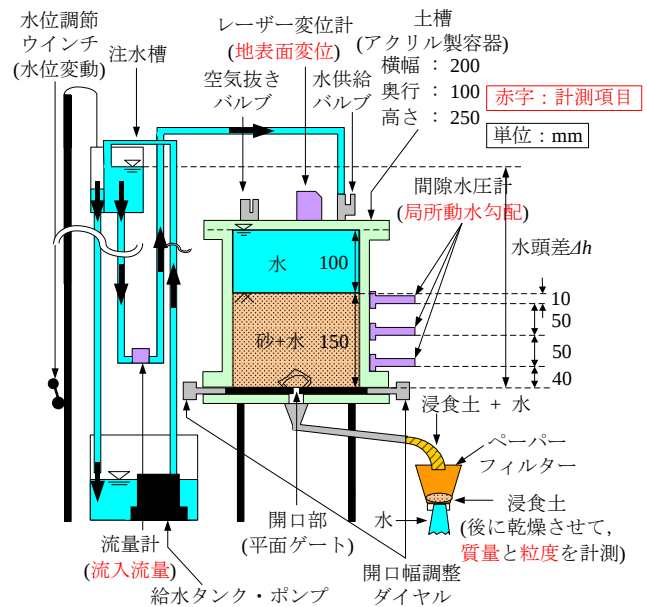


図1 内部浸食・空洞化実験装置

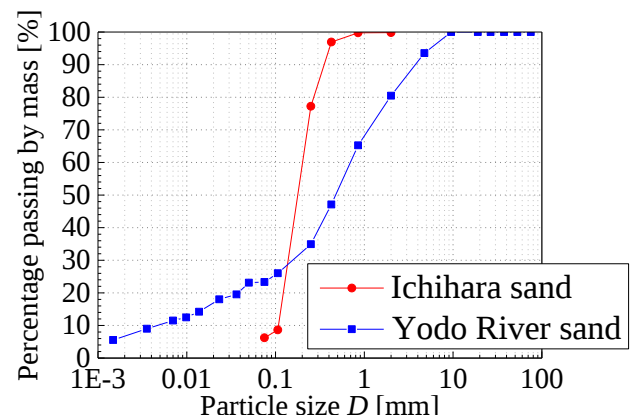


図2 市原砂および淀川堤防砂の粒径加積曲線

表1 実験ケース

ケース	試料	相対密度 [%]	動水勾配 i	開口幅 [mm]
Case I-1	市原砂	80	1	0.5, 1.0, 2.0, ..., 8.0
Case I-2	市原砂	60	1	0.5, 1.0, 2.0, ..., 8.0
Case I-3	市原砂	80	3	0.1, 0.15, ..., 0.3, 0.4, 0.5, 1.0, 1.5, ..., 6.0, 7.0, 8.0, 9.0
Case Y-1	淀川堤防砂	80	1	0.5, 1.0, 2.0, ..., 15.0
Case Y-2	淀川堤防砂	60	1	0.5, 1.0, 2.0, ..., 15.0

2.5 浸食実験の手順

試験の手順は次のようである。① 実験ケースごとに設定した水頭差となるよう注水槽の高さを調整する、② 開口部を所定の開口幅まで開き、模型地盤に下向き浸透流を与える、③ 開口幅を一定とした状態で 10 分間放置する、④ 次の開口幅まで開口部を上げる、⑤ ③、④を模型地盤が崩壊するあるいは開口幅の上限値である 15 mm に達するまで繰り返す。

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粒度分布を調べた。

3. 内部浸食・空洞化実験の結果と考察

3.1 開口幅-累積浸食土量関係

図 3 に市原砂、図 4 に淀川堤防砂の開口幅-累積浸食土量関係を示す。市原砂では、いずれのケースも開口部からの浸食土の流出に伴いゆるみ領域が開口部周辺から上方向に広がり、開口幅 7～8 mm で地盤全体で大規模な流出が起こった。一方、淀川堤防砂では開口幅 15 mm に達しても大きな流出には至らなかった。図 4 から、開口幅を段階的に上げていくことに伴い全体として階段状に累積浸食土量が増加していることがわかる。

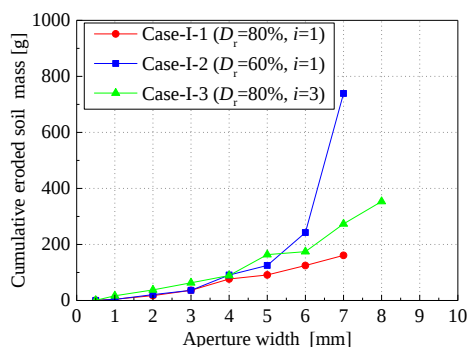


図 3 開口幅-累積浸食土量関係（市原砂）

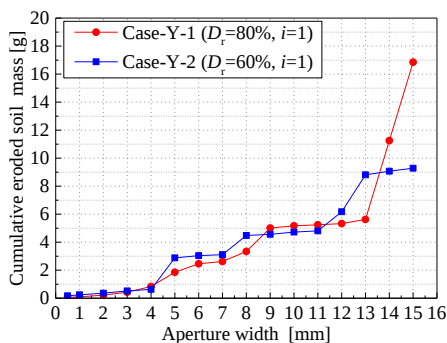


図 4 開口幅-累積浸食土量関係（淀川堤防砂）

3.2 浸食土の粒径加積曲線

図 5、図 6 に市原砂の Case-I-1 ($D_r=80\%$, $i=1$) および淀川堤防砂の Case-Y-1 ($D_r=80\%$, $i=1$) 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。市原砂のケースについては、開口幅毎の浸食土の粒度分布は初期の試料とほぼ同じであり、土が粗粒分と細粒分が同時に浸食を受けていることがわかる。一方、淀川堤防砂のケースでは、浸食土の細粒分含有率が初期の試料よりも高くなる傾向がみられた。

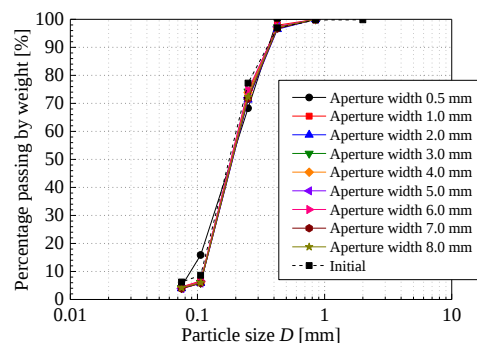


図 5 浸食土の粒径加積曲線（Case-I-1）

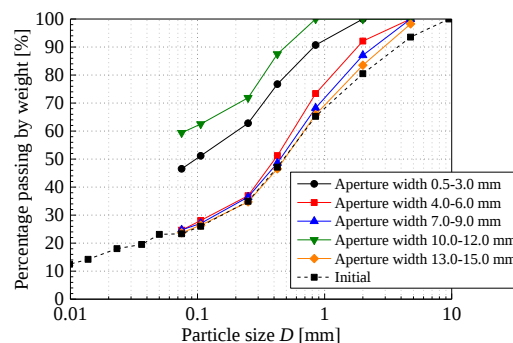


図 6 浸食土の粒径加積曲線（Case-Y-1）

4. 結論と今後の課題

今回の実験条件では、粒度の悪い市原砂で大規模な流出が生じ、粒度の良い淀川堤防砂では生じなかった。また、粒度の悪い試料を用いた場合は、粗粒分と細粒分が同時に浸食されるのに対し、粒度の良い試料を用いた場合は、細粒分が粗粒分との間隙を移動流出することによる浸食であるサフュージョンが卓越することがわかった。この細粒分流出現象は、開口部を開口している間継続して見られたため、長時間放置した場合はさらに浸食が進む可能性があり、今後の検討課題である。