

粒度分布の異なる砂試料を用いた下水管損傷部周辺の内部浸食試験

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おり、メカニズムの解明が進められている(例えば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アクリル製土槽(幅200mm×奥行き100mm×高さ250mm)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粒度の悪い市原砂および細粒分含有率が高く粒度の良い淀川堤防砂を試料として用いた．粒径加積曲線を図2に示す．

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%の2パターンに設定した．

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150mm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．

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)

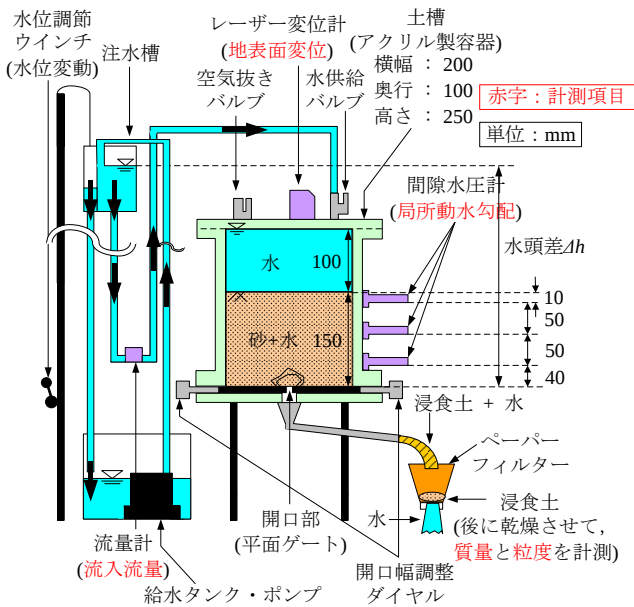


図1 内部浸食・空洞化実験装置

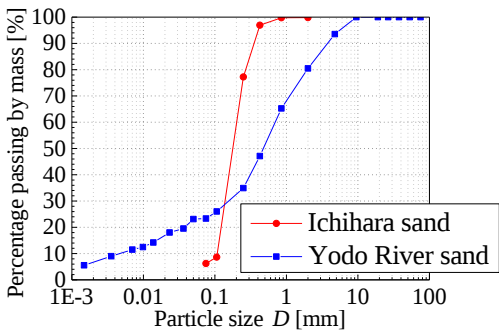


図2 市原砂および淀川堤防砂の粒径加積曲線

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拡げる, 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開口段階ごとの浸食土の粒度分布を調べた.

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・沈下量関係

図 3 に市原砂, 図 4 に淀川堤防砂の開口幅-累積浸食土量および開口幅-沈下量関係を示す. 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拡がり, 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ず, 累積浸食土量は市原砂と比較して少なかった. 沈下量については, 市原砂では浸食土量が多いほど大きくなった. 一方, 淀川堤防砂では浸食土量は相対密度による違いは小さいが, 沈下量は相対密度に依存した.

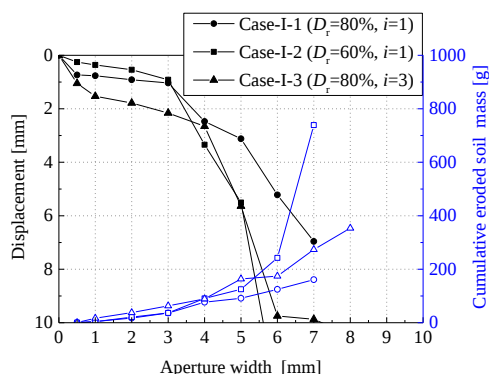


図 3 開口幅-累積浸食土量・沈下量関係 (市原砂)

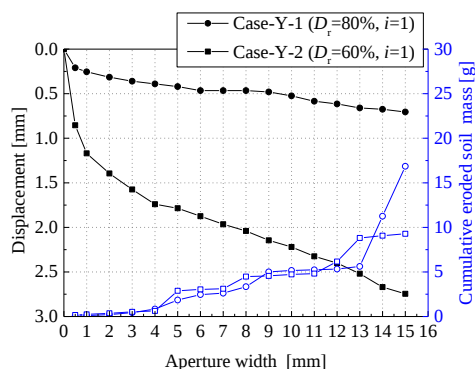


図 4 開口幅-累積浸食土量・沈下量関係 (淀川堤防砂)

3.2 浸食土の粒径加積曲線

図 5 に市原砂の Case-I-1 ($D_r=80\%$, $i=1$), 図 6 に淀川堤防砂の Case-Y-1 ($D_r=80\%$, $i=1$)の初期試料と浸

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, 開口幅ごとの浸食土の粒度分布は初期の試料とほぼ同じであり, 土の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.

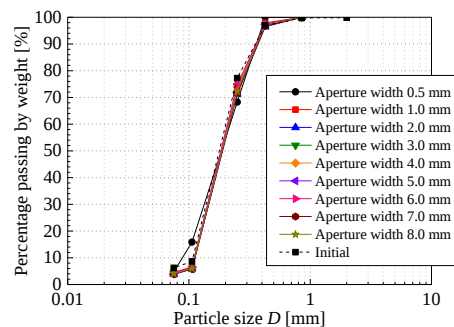


図 5 浸食土の粒径加積曲線 (Case-I-1)

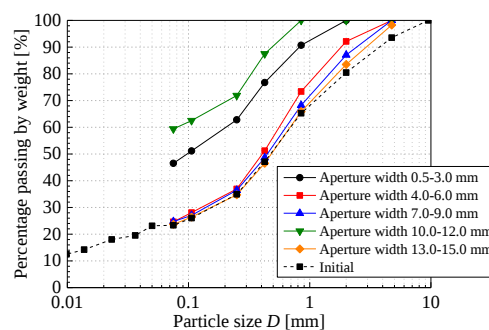


図 6 浸食土の粒径加積曲線 (Case-Y-1)

4. 結論と今後の課題

粒度の異なる試料を用いて浸食試験を行った結果, 粒度の悪い市原砂の方が粒度の良い淀川堤防砂と比べ浸食土量が多く大規模な流出が生じた. 一方で粒度の良い試料の場合は, 細粒分が粗粒分の間隙を移動流出するサフュージョンと呼ばれる現象が卓越することが分かった. この現象は, 開口部を開口している間継続して見られたため, 今後, 長時間放置した場合の内部浸食挙動について検討する必要があると考える.

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装置作製, 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, pp. 349-361, 2010.