

異なる地盤条件下における下水道管渠周辺地盤のゆるみ発生メカニズムの解明

熊本大学工学部 学生会員 ○小路丸 未来 熊本大学大学院 学生会員 竹林 泰佑
 熊本大学大学院 正会員 大谷 順 熊本大学大学院 正会員 椋木 俊文

1. はじめに

下水道管渠の破損が原因と考えられる道路陥没は、下水道管渠の老朽化や上載荷重による破損などが原因と考えられており、また陥没事故は降雨後に確認されることが多く、降雨が大きく影響していることが報告されている¹⁾。道路陥没事故を未然に防ぐには、道路下に発生する地盤のゆるみ・空洞を発見し、その規模を正確に把握して対策をとる必要がある。現在までに地盤のゆるみ・空洞発生メカニズムの解明に関する研究はなされてきたが、空洞規模の正確な把握は困難であった。大田ら²⁾は豊浦砂を用いて給水・排水のゆるみ発生への影響を検討し、野中ら³⁾は下水道管渠の破損形状の違いによるゆるみ・空洞発生メカニズムの解明を検討しゆるみ・空洞領域形成過程を解明している。そこで本研究では、路盤材として用いられている山砂を用いた実験を実施し、密度条件をかえて、各地盤のゆるみ・空洞領域をX線CTを用いて可視化した。

2. 実験方法

図-1 に本研究で用いた実験装置の概略図を示す。本研究では土層底部に下水管模型を設置し、その模型の開口部を図-2 に示す。これは下水管の継ぎ目部分での破損を模擬したものである。地盤材料には初期含水比を10%に調整した山砂を用い、相対密度が40,60,70,80%の地盤を作成した。また地盤には土被り圧1m相当の空気圧(10kPa)を加え、下水管模型の開口部を水槽と接続し水位差1mによって給水圧を制御した。

実験方法として、まず初期地盤をX線CT撮影し、続いて地盤内に水を100cc給水させたのちCT撮影、さらに撮影終了後排水・排砂を行い再びCT撮影を行った。給水を行ってから排水後のCT撮影までを1Cycleとし、地盤が崩壊するまで給排水を繰り返す実験を行った。

この実験では降雨により下水管内の水位が上昇することにより地盤内に水が浸透し、その後水位が下がるとともに水と砂が管内に流出することを想定している。

3. 実験結果および考察

図-3 は Cycle2 給水後における地盤(相対密度40%)が崩壊する直前の鉛直断面CT画像である。CT画像では密度が低い領域ほど黒く、密度が高い領域ほど白く表示される。この画像より、給水させることにより地盤内に空洞ができているのが分かる。また、画像上部のグレーの領域は水であり、開口部がある下水管模型から水が地盤内を通り地盤上部まで移動したことが分かる。図-3中の空洞は水が地盤内を通ることによってできたものと考えられる。

図-4、図-5に同条件下で給水後・排水後の水平断面CT画像(地盤下端より27mm)を、両画像に示す点線上の密度分布を図-6に示す。まず図-4より空洞の少ない領域が見られる。これは図-6に示す給水後の密度分布において密度の高い中央部分を(a)、他部分を(b)とすると、細粒分が空隙を埋めたことにより(a)の密度が(b)よりも約 0.16 t/m^3 上昇したためである。また給水後・排水後の密度分布を比較すると、給水後に密度が上昇している部分と排水後に密度が急激に下がっている空隙部分が一致しているのが分かる。さらに図-5の空洞領域と地盤の境界に線を描き、図-4の同じ位置に同じ線を表示すると、空隙の少ない領域がこの線からはみ出していないことが分かる。よって図-4に見られる空隙の少ない領域が地盤の崩壊に関係しているのではないかと考えられる。

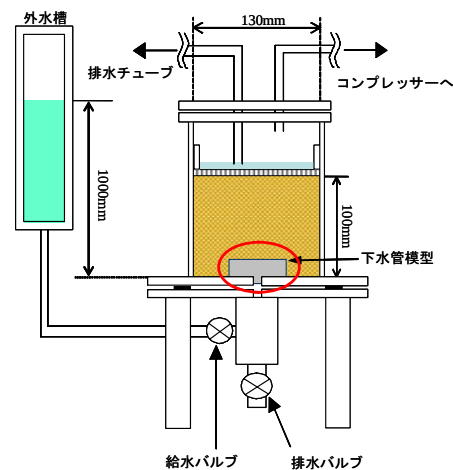


図-1 実験装置概略図

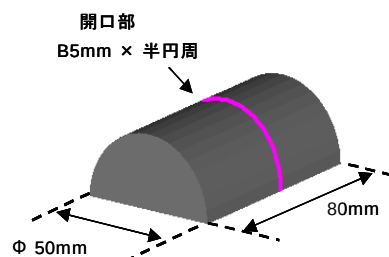


図-2 下水管模型開口部形状

図-7は Cycle2 排水後における地盤（相対密度 40%）の空洞領域を抽出した 3 次元画像、図-8 は野中らによって行われた豊浦砂のゆるみ・空洞領域抽出画像である。図-8 のように昨年までの豊浦砂を用いた研究では、空洞領域がほぼ左右対称になっていたが、本実験では崩壊が対称になっていない。これは山砂が豊浦砂よりも粒度分布が広く、地盤が不均一になるためである。またこの不均一性が図-3 にみられるような地盤の中に水みちを生み出し、そこからゆるみ・空洞領域が形成されるのではないかと考えられる。

一方、相対密度 60 及び 70%の実験では相対密度が高いほど崩壊に至るまでの Cycle 数が多くなり、特に 80%の実験では給排水を繰り返しても崩壊は起こらなかった。崩壊が起こった相対密度 60 及び 70%の CT 画像では図-4 のような空隙の少ない領域や図-7 のように非対称的な崩壊が確認できた。しかし、図-3 のような水みちと見られる領域をはっきりと確認することはできなかった。相対密度 60%以上の場合、細粒分が移動して空隙の少ない領域を形成するが、図-3 に見られるような水みちを形成するまでには至らずに急激に崩壊に達したためであると考えられる。

4. まとめ

山砂の相対密度を変化させて実験を行い給水後と排水後で X 線 CT 撮影を行った。今後は画像解析により、空洞領域の体積、空隙の少ない領域の抽出などを行い、詳細なメカニズムの解明を行う予定である。

参考文献

- 1) 日本下水道管路管理業協会：下水道管きょ周辺地盤のゆるみ評価に関する調査報告書
- 2) 大田 和正他：X線CTを用いた下水道管渠周辺地盤のゆるみ発生メカニズムの解明、第40回地盤工学研究発表会、pp1923-1924、2005.
- 3) 野中 茂他：X 線 CT を用いた破損形状の違いによる管渠周辺地盤のゆるみ領域の評価、第 41 回地盤工学研究発表会、pp1801-1802、2006

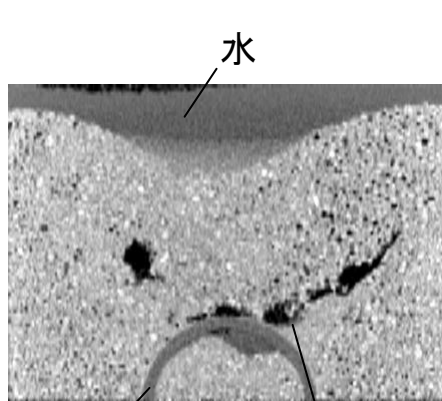


図-3 Cycle2 給水後鉛直断面 CT 画像
(相対密度 40%)

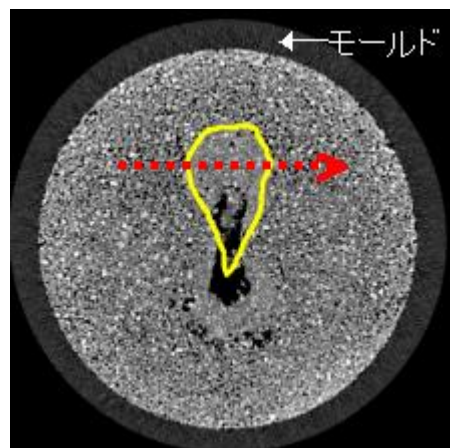


図-4 Cycle2 給水後水平断面 CT 画像
(地盤下端より 27mm・相対密度 40%)

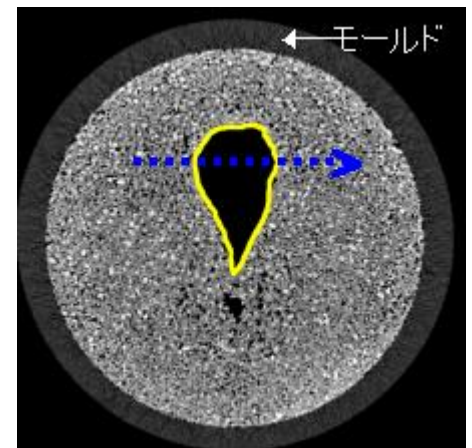


図-5 Cycle2 排水後水平断面 CT 画像
(地盤下端より 27mm・相対密度 40%)

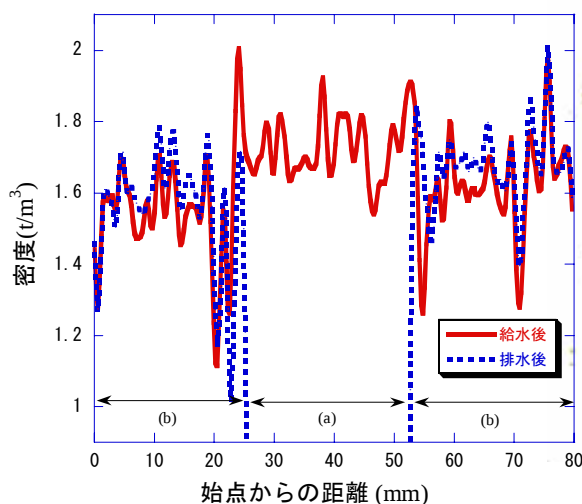


図-6 密度分布

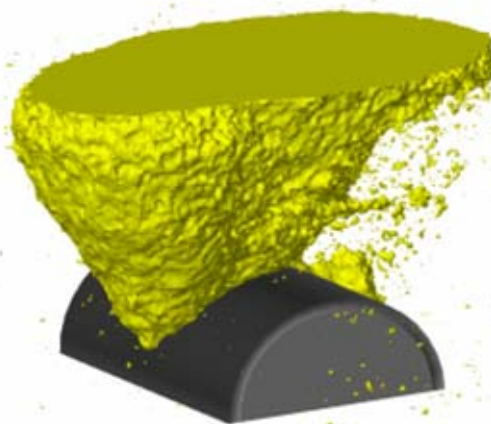


図-7 Cycle2 排水後空洞領域抽出画像
(相対密度 40%)



図-8 豊浦砂の
ゆるみ・空洞領域抽出画像