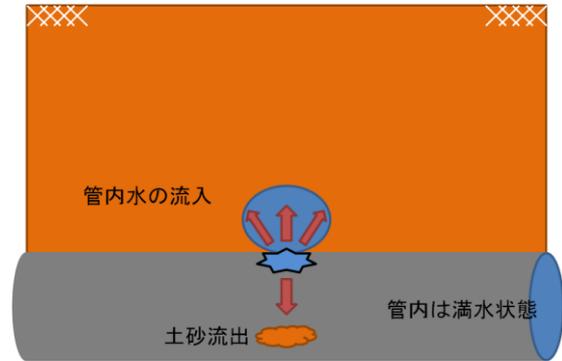


## 地盤内空洞の発生と進展に関するモデル実験

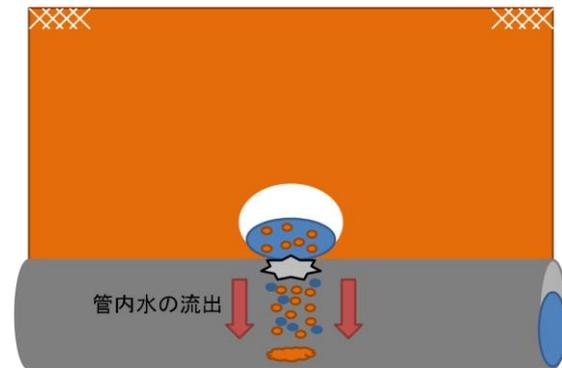
東北学院大学工学部環境建設工学科 学生会員 ○大野 顕一郎  
東北学院大学工学部環境建設工学科 小川 勇介  
東北学院大学工学部環境建設工学科 正会員 飛田 善雄

### 1 はじめに

東北地方太平洋沖地震では、多くの道路陥没が発生した。陥没を示したケースでは、地震動による液状化が卓越したことが報告されている。他に道路陥没の主な原因として考えられているのが、下水道管路の老朽化とゲリラ豪雨発生による管路からの漏水に伴う、空洞の発生・進展である。今回は、下水道管路からの漏水に伴う、空洞の発生・進展の特徴についてまとめる。さらに、極めて簡単な実験装置を用いてモデル地盤内に水を流し入れ、空洞の発生・進展、それに伴う陥没までのモデル地盤の変状・移動、メカニズムを調べた。



地盤内に水が流出し、土砂が落下



水と土砂が管内へ流出、空洞が形成

### 2 下水道管路老朽化とゲリラ豪雨発生数増加の概要

国土交通省<sup>2)</sup>の発表では、日本の下水道管路建設後30年経過した管路が今後急増していくとしている。30年前は高度経済成長期に当たり、当時大量に下水道管路が建設され、これらの管路が対象になっており、老朽化が進行していくとされている。

また、気象庁<sup>3)</sup>は10年あたり、50 mm/h以上の降雨が21.3回、80 mm/h以上の降雨が2.1回増加していると発表している。

この2点から、管路からの漏水に伴う、空洞の発生・進展のメカニズムの解明を実験目的とした。

図1 下水道管路からの漏水による空洞発生メカニズム

### 3 下水管路からの漏水による空洞の発生・進展メカニズム

下水管路からの漏水による空洞発生メカニズムについては、国内の文献<sup>1)</sup>において述べられている。その文献<sup>1)</sup>では「メカニズム詳細については未だ不明な点が多い」とされているため、概念的な内容になっている。今回は、その中からメカニズムを紹介する。

図1に、そのメカニズムの概要を示す。

### 4 下水道管路からの漏水によるモデル実験

簡単な実験装置を用いて、下水道管路を模したスリットを入れたアクリル管を設置し、モデル地盤を作成し、水の流し入れを繰り返して、それに伴う地盤内の変状・移動を調べた。

さらにアクリル管上方に不透水層を設置し、漏水による空洞の進展を防止できるか、実験を行った。

キーワード：埋設管、地盤内の空洞、モデル実験

\*東北学院大学工学部環境建設工学科（宮城県多賀城市中央1丁目13番1号、022-368-7396）

## 5 実験条件と主な破壊形態

代表的な実験結果を示す写真を図2に収録する。実験を行った条件と主な破壊形態を表1にまとめる。急流と緩流の差は流量の大小で調整している。

## 6 実験結果

本実験での様々な条件における地盤の破壊形態、堤体の沈下等に関する観察結果を箇条書きにすると、以下のようになる。

- ・スリット 3 mm×15 mm、緩い流れで水を流出入させた場合、管路上方に小さな空洞が発生する。空洞の拡大・進展は確認されなかった。
- ・スリット 3 mm×15 mm×3 本、緩い流れで水を流出入させた場合、管路上方に小さな空洞が発生する。空洞は横向きに拡大し、やや大きな空洞が形成された。空洞の進展は確認されなかった。
- ・スリット 9 mm×15 mm、緩い流れで水を流出入させた場合、管路上方に小さな空洞が発生する。空洞は横向きに拡大し、大きな空洞が形成された。進展は確認されなかった。
- ・スリット 3 mm×15 mm、急な流れで水の流出入を繰り返した場合、管路上方に小さな空洞が発生する。空洞は上方向に拡大・進展し、最終的には陥没が発生した。
- ・スリット 3 mm×15 mm、急な流れ、不透水層を設置したモデル地盤で水の流出入を繰り返した場合、管路上方に小さな空洞が発生する。空洞は上方向に拡大・進展していったが、不透水層に達すると進展しなくなった。その後、空洞は不透水層と平行な方向に拡大した。

## 7 考察

本実験では短時間でモデル地盤内の空洞の発生・進展、モデル地盤の陥没を観察するため、管路からの漏水を2秒間と定め、短時間での繰り返し実験を行った。

本実験の範囲内では空洞の発生・拡大、空洞の進展などの管路から地盤内への急激な水の流入に伴う局所的な変形が発生することが道路陥没と強い関係をもつことがわかった。管路から地盤内への水の急激な流出により、地盤内の支持力が局部的に失われ、空洞が発生・拡大・進展し、それに伴い陥没が起こることは実際の道路陥没被害の一形態として考えられる。今回の実験では、空洞の発生・進展を観察することを第一目

的に極端な条件での実験を実施した。実験条件をより明確にして、管路からの漏水に伴う地盤内空洞の発生と進展に関する研究を継続していきたい。

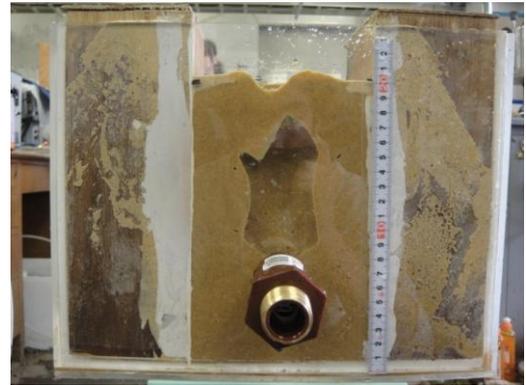


図2 条件④におけるモデル地盤の破壊状況

(スリットからの上向きの水の流入により、管路上の地層の支持力が失われ、モデル地盤が陥没している様子が観察された)

表1 実験条件と破壊形態

|   | 条件                         | 主な破壊形態                          |
|---|----------------------------|---------------------------------|
| ① | スリット 3 mm×15mm<br>緩流       | 管路上方に小さな空洞が形成<br>空洞の拡大、進展無し     |
| ② | スリット 3mm×15mm×3本<br>緩流     | 管路上方にやや大きな空洞が形成<br>空洞の拡大有り、進展無し |
| ③ | スリット 9mm×15mm<br>緩流        | 管路上方に大きな空洞が形成<br>空洞の拡大有り、進展無し   |
| ④ | スリット 3mm×15mm<br>急流        | 管路上方に空洞が形成<br>空洞が拡大・進展し、陥没が発生   |
| ⑤ | スリット 3mm×15mm<br>急流 不透水層有り | 管路上方に空洞が形成<br>不透水層より上に空洞は進展せず   |

## 8 参考文献

- 1) 佐藤真理 (2009)、道路陥没未然防止のための地盤内空洞・ゆるみの探知に関する基礎的検討、東京大学卒業論文  
<http://geo.iis.u-tokyo.ac.jp/material/documents/msatoBAthesis.pdf>
- 2) 国土交通省  
[http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/crd\\_sewerage\\_tk\\_000135.html](http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/crd_sewerage_tk_000135.html)
- 3) 気象庁  
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/heavyraintrend.htm>