

研 究 主 論 文 抄 録

論文題目 老朽化した下水道管渠からの水の流入出に伴う地盤崩壊現象の解明に関する  
研究

(Evaluation of soil failure duo to water inflow and drainage from defective area  
on aging sewerage pipe)

熊本大学大学院自然科学研究科 環境共生工学 専攻 広域環境保全工学 講座  
(主任指導 大谷 順 教授)

論文提出者 熊野 直子  
(by Naoko Kumano)

主論文要旨

我が国において下水道管渠に起因する陥没事故が多数報告されている。一方、既設下水道管渠の総延長は 42 万 km を超えているが、これらの既設下水道管渠の多くは昭和 30 年代から 40 年代までの経済成長期以降に布設されており、将来に耐用年数を超過することから、今後、老朽化した破損下水道管渠による陥没事故の更なる増加が懸念されている。また、一般に下水道管渠は地下に埋設されているという特性上、事前に陥没箇所を予想することは困難である。以上のような現状を踏まえて、破損下水道管渠に起因する陥没発生機構の解明が急務であると考えます。

この問題に対する既往の研究として、平面土槽を用いた模型実験を実施することで、下水道管渠からの水の流入出現象の解明に試みている。その結果、地盤内部に水が繰返し流入出することで密度が低下する「ゆるみ領域」と「空洞領域」が形成され、これらの領域が進展することで陥没に至ることが確認されている。しかしながら、これらの研究は平面土槽を用いた 2 次元下における研究であるため、3 次元下で研究を実施することで実現象を加味した発展した現象解明が可能であると考えます。

本研究の目的は、下水道管渠に起因する崩壊メカニズムの 3 次元的な挙動の解明である。ここでは、破損下水道管渠からの水の流入・流出を再現するための模型実験装置を開発し、X 線 CT 装置を連動させた実験を行う。かつ、X 線 CT 装置を連動させることで、地盤内部における密度分布の詳細な把握が可能となり、「ゆるみ領域」と「空洞領域」の定量的評価を試みる。

まず、下水道管渠破損部から水が流入・流出して周辺地盤の土粒子が流失することが想定され、これらの現象を再現する模型実験を実施する。模型地盤の底部に直接破損部を設置した模型実験装置を開発して、地盤内部へ破損部から水の流入を、飽和地盤が破損部を通過する土砂の流出、そして地盤内部への水の繰返し流入出を再現する模型実験を実施す

る。その間、各々の現象を X 線 CT を用いて 3 次元でかつ定量的に観察した。次に、模型実験装置をより実現象に近づけるため、半円柱型の破損部を設けた管模型(破損間模型)を模型地盤底部に設置し、水の繰返し流入出する場合に焦点を当て、現象の再現を実施した。ここでは、本現象への影響が予測される「給水条件」、「破損部条件」、そして「地盤条件」に着目して更なる現象の解明に努めている。こ

学位論文は全 8 章で構成している。

第 1 章では序論として本研究の背景と目的を示すとともに、学位論文の全構成について紹介する。

第 2 章では破損下水道管渠の実態および陥没事故の実態を述べると共に、今後、懸念される老朽管下水道管渠の問題点について述べる。そして、破損下水道管渠に起因する陥没に関するこれまでの研究動向に関してまとめることで、本論文の位置づけをする。

第 3 章では本研究では地盤内部を 3 次元下で観察するために、X 線 CT を用いている。そこで、熊本大学で所有する産業用 X 線 CT の基本的事項と、CT 撮影によって得られる CT 画像の概要について説明する。

第 4 章では、地盤内部へ破損部から水の流入を再現する「単調給水実験」、飽和地盤が破損部を通過する土砂の流出を再現する「単調排水実験」、そして地盤内部への水の繰返し流入出を再現する「繰返し給排水実験」を実施した。各実験における模型地盤を X 線 CT 撮影し、得られたデータを基に画像解析を実施する。周辺地盤と下水道管渠破損部の間で水が流入・流出すると、地盤内部に空洞領域、そして密度低下するゆるみ領域が形成される過程を観察する。

第 5 章では、円形の下水道管渠から水が繰返し流入出することに着目し、繰返し給排水実験を破損下水道管模型を用いて行えるように、X 線 CT 用模型実験装置を改良する。そして、異なる水の給水条件に着目した繰返し給排水実験を実施する。X 線 CT 画像から得られたデータを基に、ゆるみ領域および空洞領域の定義を提案し、同時に水の流入出による地盤崩壊の基本的メカニズムを解明する。

第 6 章では、実際に確認されている破損形状から水が流入出するケースを想定し、繰返し給排水実験を実施する。第 5 章で提案した「ゆるみ領域」および「空洞領域」の定義を基に、地盤変状を解明し、下水道管渠の破損部が崩壊機構に与える影響について考察する。

第 7 章では、第 4 章から第 6 章までは基礎的挙動を把握するために、単一粒形である豊浦砂を用いてきたが、実際の下水道管渠の周囲には粒度分布の広い地盤材料が用いられる。そこで、その一例として山砂に焦点を絞り、その相対密度や粒径に着目することで空洞進展機構の解明を行う。X 線 CT 画像から得られたデータを基に、水の流入出に伴って土粒子が移動した結果、空洞の進展に至ることを解明する。

第 8 章において各章で得られた知見をまとめると共に、今後の展望について言及する。

以上