

破損下水道管渠に起因する地盤変状解明のための X 線 CT 用模型実験装置の試作

熊本大学大学院 学生会員 熊野 直子
 熊本大学大学院 正会員 椋木 俊文
 熊本大学大学院 正会員 大谷 順

はじめに

近年、下水道管渠の破損に起因する陥没事故が多発しており、今後さらに増加する傾向にある。そのため、陥没機構の解明や対策工の提案が急務であると考えられる。著者らはこれまでX線CT用小型給排水実験装置を用いて、管渠破損部から給排水することによる、地盤内のゆるみ発生機構の解明について試みてきた^{1) 2)}。しかし、用いてきた小型実験装置は基本的な現象解明は可能としたが、種々の条件を加味したより現実的な挙動を把握するには限界がある。本報では、より実際の現象把握を目的とした新たな実験装置を試作すると共に、この装置を用いて単調給水実験を実施することで本装置の有用性について検討するものである。

実験概要

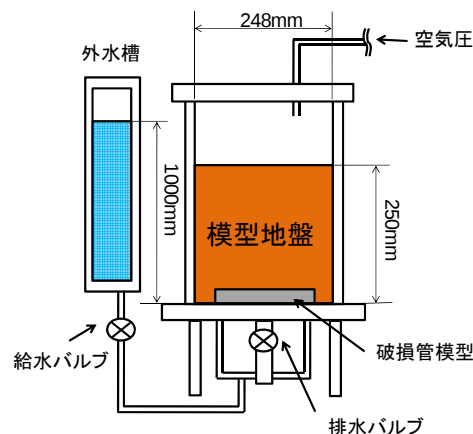
図-1は今回試作した実験装置である。これまでの小型給排水実験装置における模型地盤が直径130mm×高さ100mmに対して、新装置では直径248mm×高さ250mmとした。下水道管模型（直径50mm×180mm）については図-1 (B) に示すように模型中央部に破損部を模擬した開口部を設けた。Case1では破損開口部（直径10mm）を1箇所、またCase2では2箇所とした。実験では水頭差1000mmを与え、破損部から100ccの給水を行った。同様の条件で給水を繰り返し、それぞれ給水した後にCT撮影を実施した。給水回数はCase1においては4回、Case2においては3回とした。本実験では管内水圧を測定するために間隙水圧計を設置すると共に、実地盤における土被り圧を模擬して空気圧10kPaを地表面より载荷した。なお、X線CT撮影条件は、管電圧300kV、照射厚2mm、撮影ピッチ2mm、撮影領域150mmとした。

実験に用いた試料は豊浦砂である。両ケースとも初期含水比10%、相対密度80%とした。

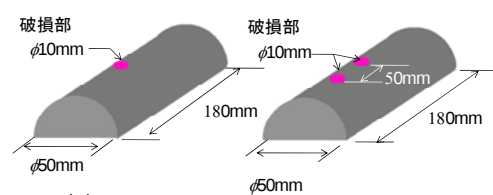
結果と考察

給水中の下水道管模型内の水圧と給水時間の関係を図-2 に示す。Case1において1回目の給水で16kPaまで増加したが、4回目の給水においては7kPa付近まで減少し、給水時間も極端に短縮している。一方、Case2においては1回目の給水において10kPaまで増加した水圧が2回目の給水において7kPaまで減少し、給水時間も極端に短縮している。これらの変化は、破損規模の違いおよび地盤状態変化に起因していると考えられる。

図-3はX線CTから得られた結果の一つとして、地盤下端より上方30mmと40mmにおける各断面のCT値コンター図である。一般に、

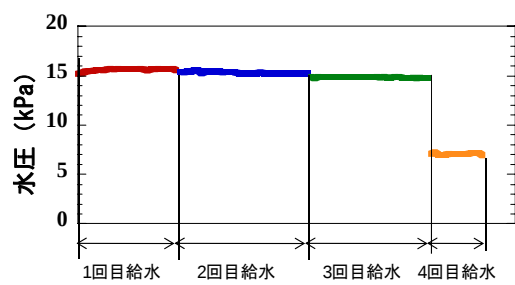


(A) 実験装置概要

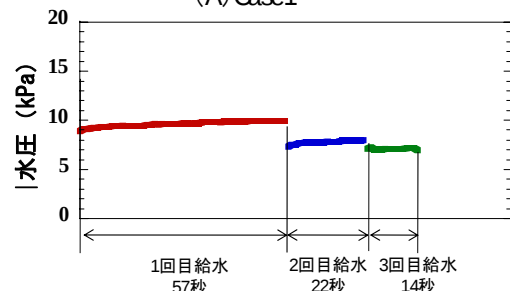


(B) 破損下水道管模型

図-1 実験装置



(A) Case1



(B) Case2

図-2 下水道管模型内の水圧

CT 値は材料の密度に比例した値とされている．そこで，CT 値を観察することにより地盤内の密度変化を考察した．Case1 では，給水 1 回目で中心部に CT 値 500～600 の領域が集中し，給水するごとにその領域が拡大している．また，高さ 30mm においては給水 4 回目で CT 値-200 以下の領域が観察されるが，高さ 40mm では観察されなかった．Case2 においては，1 回目の給水において CT 値 500～600 の領域が広く分布しており，給水するごとに破損部の上部付近において CT 値-200 以下の領域が局所的に拡大している．これは，初期地盤が不飽和であることから，給水することによって地盤内の含水比が増加することで密度増加が起こったためだと考えられる．また，密度が低下した領域は，給水によって浸透破壊が起こったためだと考えられる．

図-4 は CT 断面画像を再構成することによって得られた管軸方向の三次元画像である．25mm 以下の領域は管模型を示している．Case1 では給水 4 回目に小規模な空洞が発生しているが，Case2 では給水 1 回目で既に小規模な空洞が生じ，給水 3 回目で地盤下端から 50mm に達する空洞が生じている．また Case2 の給水 3 回目を観察すると，広く高密度領域が確認できるが，Case1 においては給水 3 回目および 4 回目においても確認されなかった．これは，Case1 は，破損部が 1 箇所であることから，水の流れる方向が集中したためだと考えられる．

また，図-2 から図-4 までの結果を総合すると，Case1 では地盤内に空洞が発生した給水 4 回目において水圧が減少したが，Case2 では給水 2 回目において既に減少している．これは地盤内に空洞が発生したことで水が流入し易くなり，よって水圧も減少したと考えられる．

まとめ

試作した装置により単調給水実験を行い，本装置の有効性について検討した．今後は様々な条件下での実験を実施することで，本装置の有用性を実証する所存である．

なお，本研究は科学研究費補助金基盤研究（B）20360213 に基づき実施したものである．

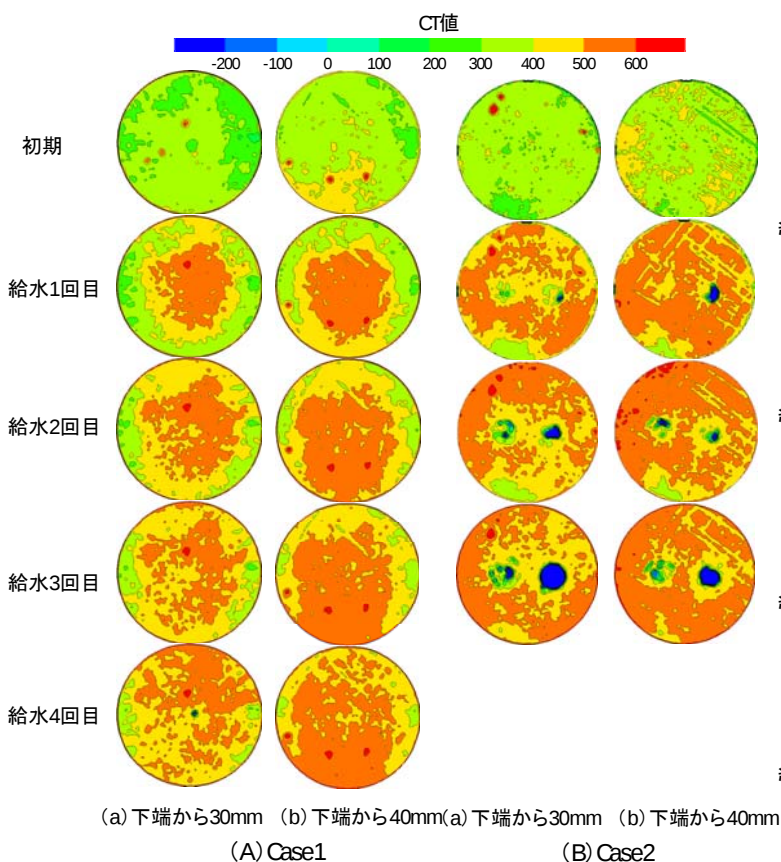


図-3 CT 値コンター図

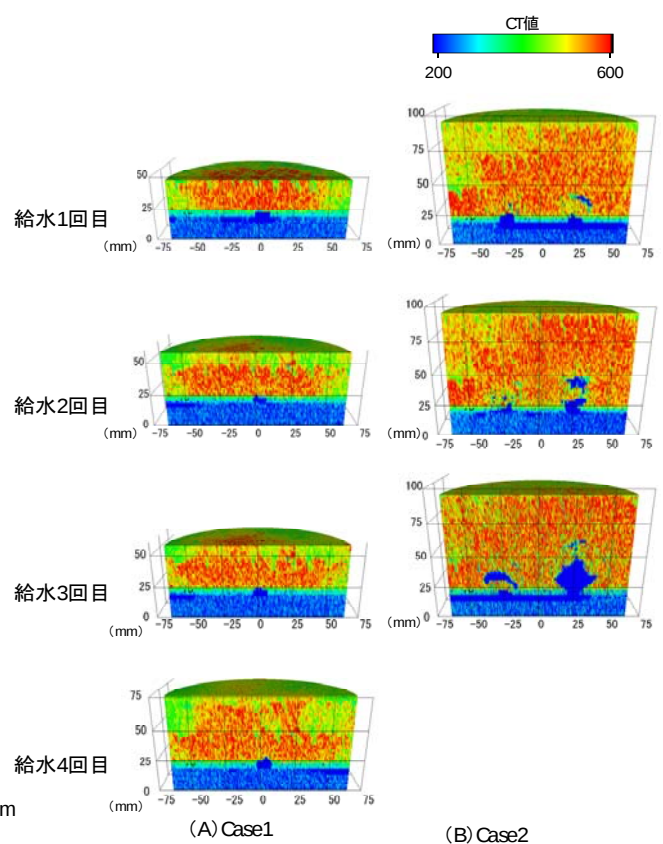


図-4 管軸方向の三次元画像

参考文献

- 1) 野中茂他，(2006)「X 線 CT を用いた破損形状の違いによる周辺地盤の空洞形成過程」，第 41 回地盤工学会，pp 1801-pp1802
- 2) 竹林泰祐他，(2007)「損下下水道管渠周辺地盤の空洞形成メカニズムの解明」，第 42 回地盤工学会，pp1537-pp1538