

地中レーダを用いた下水道管渠の劣化診断

熊本大学 学生会員 ○田口 智也 熊本大学大学院 正会員 柿本 竜治
熊本大学 吉永 徹 熊本大学大学院 正会員 藤見 俊夫

1. はじめに

高度経済成長期以降に急激に整備が進められてきた下水道管渠の老朽化が進み下水道管渠の老朽化に起因する道路陥没事故が年間約 4000 件も発生している。下水道管渠の劣化診断のための調査方法は、主に目視調査と TV カメラ調査で行われている。しかしこの調査方法は多額な費用と膨大な時間が必要な調査であり下水道管渠の総延長の約 1%であるというのが現状である。

そこで本研究では、下水道管渠劣化調査における点検コストの削減及び、調査効率向上を図るための劣化診断方法として地中レーダ法を提案する。地中レーダ探査は非破壊探査であり、地上から地中レーダを用いて下水道管渠の劣化診断を行うことが可能になれば下水道管渠の劣化診断の作業の効率化に繋がると考えられる。

本研究では、今後現場での地中レーダを用いた探査に役立てていくために学内で模型実験を行う。下水道管渠の周辺の地盤に着目し、地中レーダを適用することで、地中レーダの特性や性能を把握していく。

2. 研究の目的

本研究では、レーダを用いた下水道管渠の劣化診断を図るために、学内に実際の現場を想定した模型を作成し、模型実験を行う。既存研究には下水道管渠のズレに着目し、ヒューム管とヒューム管を覆う媒質に発砲スチロールをしようした模型に対し、地中レーダを適用したものがある。電磁波の減衰が小さい均質な発砲スチロールを利用した理想的な状況の模型にも関わらず、管渠の上下方向のズレが 3cm 以上でなければ、管渠の劣化診断は難しいという結果が明らかになっている。実際の現場では下水道管渠を覆う媒質は不均質な土であり、更に探知は困難になると予想される。

一般に、下水道管渠が破損すると周囲の土砂が管渠内へ流れこみ、破損部周辺にゆるみ領域・空洞領域が形成されると知られている。また豪雨時には降雨が下水道管渠内に大量に流れ込み、管渠の破損部分から下水が漏れ出すことが考えられる。そのため、本研究では下水道管渠の周囲の地盤における、空洞領域、ゆるみ領

域、水分量の異なる領域を地中レーダにより特定し、それにより、管渠の破損個所を発見する手法の構築を目指す。正常状態で埋設された下水道管渠を再現した模型と、下水道管渠周囲の地盤に変化を付けた模型を作成し、地中レーダを適用し、これらのデータを比較し、データ分析を行う。

3. 実験概要

本研究では、下水道管渠破損個所に生じうる空洞領域を比誘電率 1.068 と空気とほぼ等しい発砲スチロールで代替した模型を作成した。発砲スチロールをヒューム管の上に設置し、測定を行った。発砲スチロールの寸法は直径 10cm、高さ 2cm、4cm、6cm、8cm、10cm のものを利用した。ヒューム管上方の締め固め土には、土粒子密度 2.73g/cm^3 の山砂を使用し、ヒューム管施工ハンドブックを参考に 30cm に分けて締め固めた。締め固めた土の乾燥密度は 1.75g/cm^3 である。模型を作成するにあたり、長さ 100cm、直径 30cm のヒューム管を 2 本使用し、模型の寸法は横 100cm、高さ 90cm、奥行 200cm である。模型の様子を図 1 に示す。

ヒューム管に沿う形で地中レーダにより測定を行い、データの測定は 0.2cm につき 1 スキャンのデータを採取し、1 スキャンの測定 RENG は 25ns である。また、1 スキャンに対し、2048 個のサンプルを測定した。測定の様子を図 2 に示す。

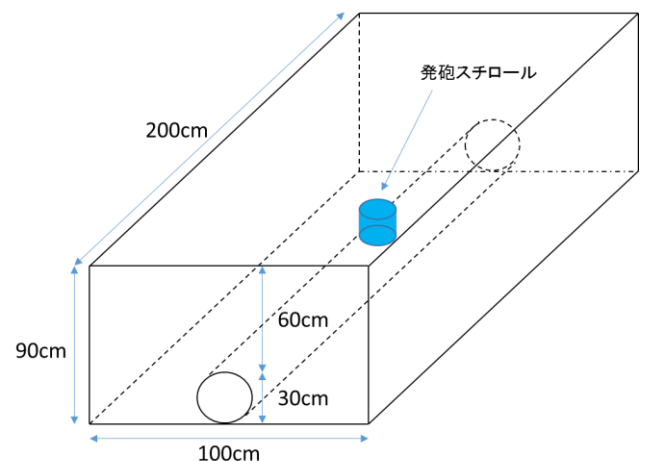


図 1 模型の概要



図 2 測定の様子

4. 測定結果及びデータ分析

ヒューム管の正常な状態、10cm の発砲スチロールを設置した状態を測定した画像を図 2(a)と(b)に示す。電磁波の反射波の強さによって色調に変化をつけており、図中に破線で示した部分がヒューム管の反射波を示している、観測箇所は 90cm から 110cm の箇所を示した。図 2(a)と(b)を比較しても発砲スチロール埋設箇所に明確な反射波の違いは確認できず、2つの解析画像をから空洞厚 10cm 程度の微小な空洞は探知が困難であるということが示された。

図 2(a)において、ヒューム管の反射波を観測した時刻は 15.02ns でありサンプル数の 1378 番目にあたる。正常な状態で測定したデータと、2cm, 4cm, 6cm, 8cm, 10cm の発砲スチロールを設置して測定したデータの

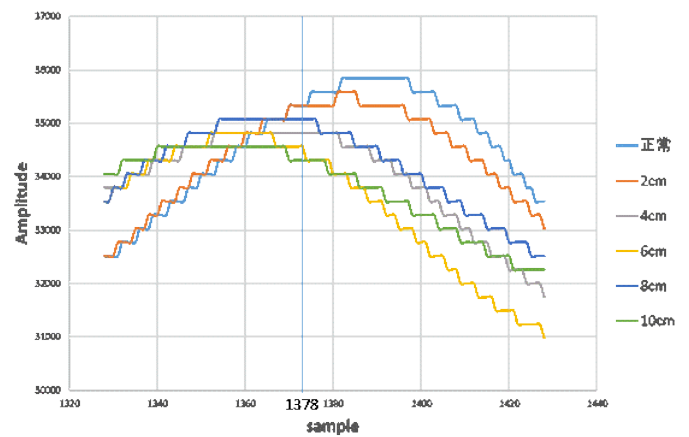


図 3 波形の抽出

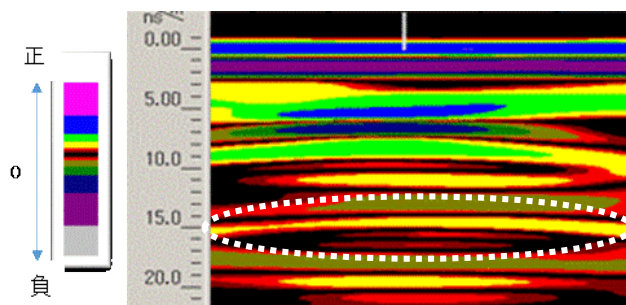
1378 個目の点を中心とし、前後 50 サンプルずつ波形を抽出したものを図 3 に示す。このグラフから、正常管のデータに対し、発砲スチロールを設置した模型の波形の方が、波形のピークが早く表れることがわかる。このことは電磁波の速度は媒質の比誘電率によって異なり、砂質土中は速度 7.99×10^7 (m/s) に対して、発砲スチロール中は速度 2.94×10^8 (m/s) で進むためと考えられる。このことから、解析画像からは読み取れない微小な空洞もヒューム管の観測時間を比較することで分析できることが明らかになった。

5. まとめ

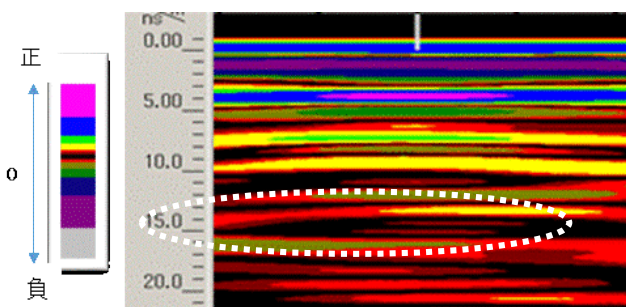
本研究では、本研究では下水道管渠の周囲の地盤生じうる空洞領域を特定し、それにより、管渠の破損箇所を発見する手法の構築を試みた。解析を行った結果、図 2 のようなレーダから得られる解析画像からでは読み取ることは困難であるが、それぞれのヒューム管の観測時刻を分析することで、ヒューム管の観測時刻が早まるということが確認できた。実際の現場では、下水道管渠の破損によって、管渠周辺にゆるみ領域や水分量の異なる領域が発生することが考えられる。今後の課題として、ゆるみ領域、水分量の異なる領域を再現した模型を作成し、地中レーダを適用しデータの分析を行っていく。また、地中レーダによって測定されたデータにはさまざまな周波数の電磁波が観測されることが予想される。データ分析を行う際、周波数成分を解析し、フィルターをかける処理を行う。

参考文献

- 1) 物理探査学会：物理探査ハンドブック, pp405-407
- 2) 工藤彰浩：電磁波レーダによる下水道管渠の劣化診断法の構築



(a) 正常な状態のヒューム管



(b) 10cm の空洞模型

図 3 解析画像の結果