

民間工場における路面下空洞・排水管調査

地中レーダによる空洞調査結果と、小型UAV（無人航空機）による撮影動画から作成した排水管三次元点群データを重ね合わせることで、異常箇所の関連性を把握した結果の紹介

キーワード 地下埋設物, 地中レーダ, 空洞, UAV, 点群データ

まちづくりデザイン部 小原 悠太・高橋 健
社会インフラマネジメント事業部 尾崎 祥太郎

はじめに

2025 年 1 月 28 日に発生した埼玉県八潮市の道路陥没事故は、埼玉県流域下水道の汚水幹線の破損が要因であり、社会インフラの維持管理の重要性を改めて社会に認識させる契機となりました。国土交通省の調査によれば、下水道管路に起因する道路陥没事故は令和 4 年度には 2,607 件発生しています。そのうち約 9 割は 50cm 程度の小さな陥没事故ですが、1m を超える陥没事故も約 2% 存在するとされています。また、それらの事故の原因の約 8 割は、老朽化した下水道管路の破損が原因です。下水道管路は、布設から 30 年以上を経過すると老朽化を起因とする道路

陥没の発生確率が増加すると言われています。

今回対象となった民間工場が所有する排水管については、相当な年数を経過している管路であることが確認されました。このため、排水管の劣化状況を正確に把握し、その診断結果に基づいて適切な管理や修繕改築の意思決定を行うなどの必要がありました。本調査では、地上からレーダを用いて路面下空洞調査(地中レーダ調査)を行うとともに、対象となる排水管の劣化状況を管内から調査しました。空洞可能性箇所と排水管の損傷箇所の関連性についても考察を行いました。本稿では、それらの内容を紹介します。

調査実施箇所

調査を実施した箇所は、民間工場の敷地に挟まれた公道(歩道および車道)です(図 1)。当該箇所には 2 つの民間工場を接続する排水管が布設されており、交通量の多い車道を横断しています。排水管はヒューム管で、管径 500mm、延長約 40m でした。路面下は近傍の土質調査結果により砂地盤であることが判明しており、決して良い地盤とは言えません。



図1 調査実施箇所

出典：国土地理院撮影の空中写真（2021年撮影）

地中レーダによる空洞調査

排水管布設箇所の周辺において、地中レーダを用いて空洞調査を行いました(図 2)。地中レーダは、電磁波を地中に向けて放射し、それが土と電氣的性質の異なる物質(埋設物や空洞など)との境界面で反射され、再び地表に到達するまでの時間や振幅の変化をもとに、地中のどの位置にどのような物体があるかを把握する調査手法です。



図2 地中レーダ調査の様子

調査の結果、車道の中心付近、深さ 1m ほどの位置で異常信号を検知しました(図 3)。信号の形状などから、空洞には至っておらず、地盤のゆるみ程度の異常であると考えられました。異常の発生原因として、転圧不足や地震の影響による不等沈下、また直下に排水管があることから排水管の破損による土砂の流出の可能性が考えられました。

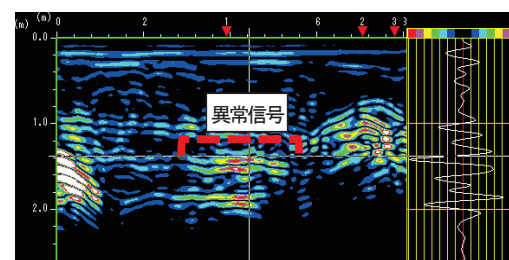


図3 地中レーダ計測結果（地中断面映像）の例

小型 UAV による排水管内部調査

(1) 小型 UAV による排水管内部の撮影

排水管内に小型 UAV を飛行させ、動画撮影による管内調査を行いました。管路内の劣化診断は、「下水道維持管理指針」に基づいて行いました。本調査の計画段階では、スパン全体の計測を行うために、公道の西側に位置する工場敷地内の人孔から小型 UAV(無人航空機)を離着陸させ、もう一方の人孔まで往復して計測を行う予定でしたが、管内の滞水が UAV の飛行に支障をきたすことが判明したため、人孔から約 8m の地点までに限定して調査を行いました。

調査結果から、2 箇所の異常(腐食および継手ズレ)を確認しました(図 4)。また、管内には土砂の堆積と滞水が確認され、これらは腐食部からの土砂の侵入や継手ズレによる管のたわみが原因である可能性があると考えられました。



図4 管内撮影結果（腐食部）

(2) 排水管三次元データと地図との重ね合わせ

地中レーダ調査で発見された地盤の異常と排水管内の劣化状況の関連性を把握するため、小型 UAV(無人航空機)で撮影した動画をもとに SfM (Structure from Motion) 処

理を行い、人孔および排水管の三次元点群データを作成しました(図 5)。このデータと地図とを重ね合わせることで、それぞれの異常の位置関係を確認しました(図 6)。ここで、赤丸は地上からの調査結果を、青丸は管路内からの調査結果を示しています。その結果、地盤の異常箇所と、排水管内の腐食および継手ズレの位置は数 m 離れていることが判明しました。これにより、地盤に一定の異常は確認されたものの、それが管路の損傷の真上ではないことから、直接的な原因であると断定するには至りませんでした。



図5 排水管三次元点群データ

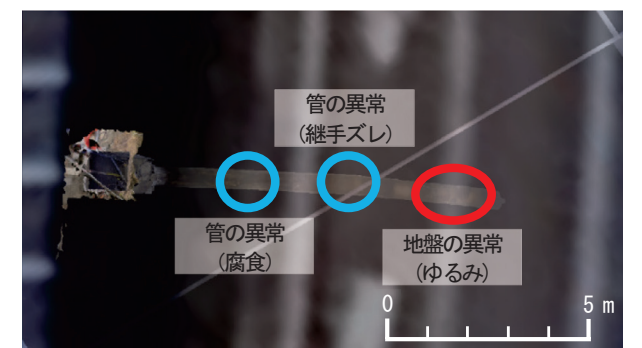


図6 排水管三次元データと地図の重ね合わせ

おわりに

今回の事例では、地中レーダによる空洞調査と、小型 UAV(無人航空機)による排水管内部調査という異なる手法で行った調査結果を地図上に重ね合わせることで、それぞれで確認された地盤および排水管の異常の関連性について考察することができました。

八潮市道路陥没事故をきっかけに、国土交通省による下水道管路の全国特別重点調査が行われました。その結果、重度の腐食や破損などが確認され、1 年以内の速やかな対策が必要と診断された下水道管路は、35 の都道府県であわせて 72km におよび、早急な対策が必要となっています。破損した下水道管路では目視による調査が行われていましたが、路面下空洞は把握されていませんでした。地上からのレーダ探査による空洞箇所の把握は、地表からおよそ 2m 程度

が限界であることから、流域下水道などの大深度の管路では管路内面からのレーダ、センサを活用した調査も必要と考えられます。

しかし、そのような下水道管路は流量が多く、流速が早いというえ、硫化水素が発生している箇所も存在することから、人力による調査は困難を極めます。このような背景から、ロボット技術を活用した下水道管路の点検が今後ますます重要となってきています。そのためには、今回作成したような管路の三次元データを活用し、そのデータをベースマップとしてロボットによる管路の自動点検調査へと発展させることで、下水道管路の維持管理の高度化・効率化が実現できると期待されます。