

空洞の浅部移動と下水道管異状との関連性の一考察

川崎地質株式会社 ○酒本 直弥, 今井 利宗, 山田 茂治

1. はじめに

道路陥没を未然に防ぐことは、安心安全な道路交通において重要である。また、下水道管路の維持管理においても下水道管路を起因とした道路陥没の防止、不具合の生じた下水道管路の早期発見が重要となる。しかしながら、全国の下水道管路の管理延長の内、標準的な耐用年数である50年を経過した管路は、令和3年度末で約3万km存在し、今後も急速に増加することが予測されている。令和2年度には、下水道管路の異状に起因し約2,500件の道路陥没が発生している¹⁾。一方、下水道管路の維持管理を行うには、維持管理コストが膨大にかかるため、効率的なスクリーニング技術の導入が求められている。すでに道路分野では、路面下空洞探査が実施されているが、今後の維持管理時代を考慮すると、さらなる調査効率化が必要であると思われる。

道路陥没は、地中の空洞が地表付近まで移動することが大きな要因である。浅部への移動(空洞の変化)には、継続的ないし断続的な土砂流出が関わっているものと考えられ、埋設管等の不具合が影響している可能性がある。

このような背景から、道路陥没を生じさせる空洞やその変化を把握することで、道路陥没を引き起こすような重篤な異状が発生している下水道本管や取付管を効率的にスクリーニングできる可能性があった。そこで、著者らは日本下水道事業団と共同研究体を組織し、令和2年度および令和3年度の国土交通省 B-DASH プロジェクト (FS 調査) の国土交通省国土技術政策総合研究所の委託研究において、繰り返し空洞探査による道路および下水道管路の効率的な維持管理技術の研究を行った。本研究では、車両型地中レーダ探査装置を用いた繰り返し空洞探査を1年間実施し、空洞の変化と下水道管路の変状との関連性を検討した。本発表では、その研究内容と成果について発表する。

2. 研究方法

図-1に、研究方法の概要を示す。本研究では、すでに道路陥没防止技術として広く導入されている車両型地中レーダ探査装置を用いて、1~2か月間隔で1年間の繰り返し探査を行った。地中レーダ探査とは、電波を地盤に送信し、空洞、埋設管や地層境界等から反射した電波を受信し、地中を可視化(画像化)する技術である。車両型地中レーダ探査装置は地中レーダを車両に装着しており、交通の流れに沿って地下2m程度まで探査が可能である。

次に、探査により取得した画像データについて、地中に空洞が生じている可能性がある箇所(以下、異常信号)

を抽出し、その時系列変化(累積的に浅い位置に移動した等)を確認した。異常信号が確認された箇所については、道路面に径30mm程度の孔を開け、実際に空洞かどうかを確認した(空洞確認調査)。そして、空洞付近の下水道管路に管内異状が生じていないか、管内TVカメラによる詳細調査を実施した(管内詳細調査)。

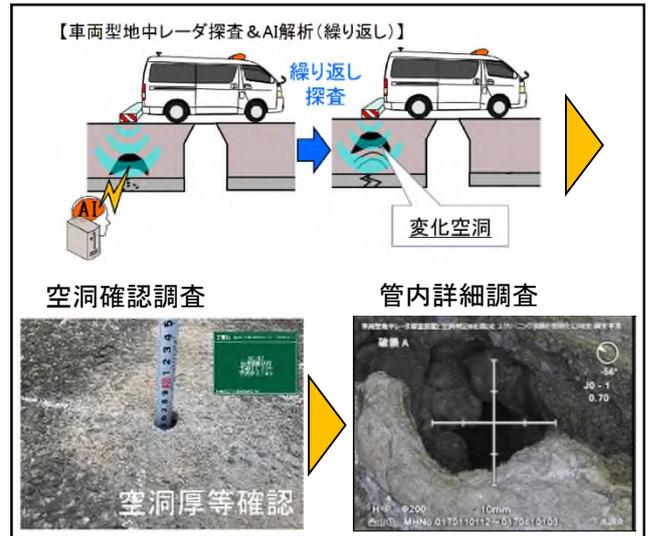


図-1 研究方法の概要

3. 結果

車両型地中レーダ探査の結果、89箇所の異常信号が検出され、その内、掘削許可が下りた53箇所において空洞確認調査を行い、44箇所で空洞を確認した。表-1は、空洞確認調査を実施した異常信号について、1年間の深度変化をまとめたものである。この結果から、空洞が確認された異常信号は平均的に0.03m/年で浅くなっていることが分かり、その内、0.03m/年以上浅くなった異常信号は20箇所で認められた。

一方、空洞が確認されなかった9箇所の異常信号については、0.03m/年未満の変化に留まる結果であった。

すなわち、0.03m/年以上で浅くなる異常信号は、空洞である可能性が高いという結果が得られた。また、0.03m/年未満の変化に留まる空洞も24箇所を確認されていることから、本研究では、0.03m/年以上で浅くなった空洞を「変化した空洞」と定義した。

表-1 空洞確認調査箇所の1年間の異常信号深度変化

空洞有無	箇所数	異常信号の浅部移動量 (m) ※						0.03m/年以上浅くなった箇所数
		平均	最小値	最大値	標準偏差σ	平均+σ	平均-σ	
空洞あり	44	-0.034	0.000	-0.113	0.026	-0.008	-0.059	20
空洞なし	9	-0.018	-0.005	-0.029	0.008	-0.010	-0.026	0

※: プラス数値が深度が深くなる方向、マイナス数値が深度が浅くなる方向

確認された空洞中心から、平面的に半径3m程度以内に位置する下水道管路において、管内詳細調査を実施した。

図-2は、管内詳細調査の結果を空洞の変化別（浅部への移動が0.03m/年以上か未満か）に整理したグラフである。

空洞の変化の有無でとりまとめた結果、管内異状のランク²⁾に差が生じていることが分かった。変化があった空洞では、90%程度の割合で管内異状が認められ、ランク a や b に分類される中程度～重篤な劣化や取付管関連の異状の比率が70%程度であった。一方、変化がない空洞では管内異状が認められたのは60%程度であり、重篤な異状の比率は20%であった。管内異状の種別を見ても、変化があった空洞ではクラックや破損等の土砂を管内に流入させる重篤な異状が生じている傾向があった。

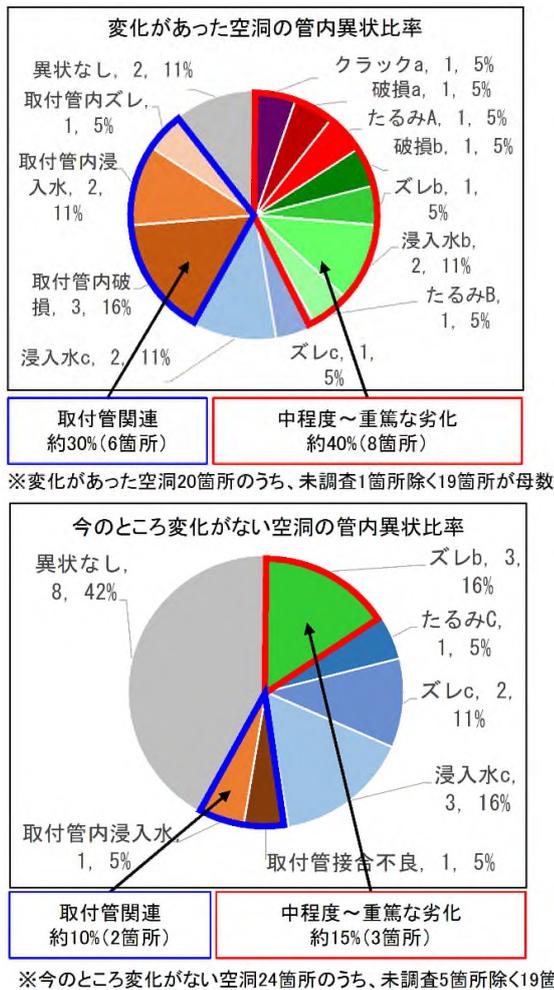


図-2 管内詳細調査の結果

4. 考察

1年間のモニタリングにより、0.03m/年以上で浅部に移動している異常信号は、空洞の可能性が高いことが分かった。このことは、これまで必要であった空洞確認調査の省略可能性を示唆している。

また、変化した空洞付近の下水道管路には、土砂を管内に流入させるランク a や b の重篤な異状が発生している場合が多かった。これらのことから、下水道管路の重篤な異状に伴い空洞が変化している可能性が示唆される。すなわち、本研究で実施したように空洞の変化を把握することで、道路陥没の原因となる空洞を把握すると

ともに、重篤な管内異状が発生している下水道管路のスクリーニング技術として活用できるものと考えられる。

本研究において、試行的に変化した空洞箇所について優先的な詳細調査を行ったところ、ランク a に相当する下水道管路の破損が確認されことから管理者に報告した。本箇所が下水道管路の機能不全や道路陥没に繋がる前に早急に復旧されたことは、補修の箇所の優先順位の検討に有効であるため、道路の維持管理コストの削減に貢献できるものと考えられる。

5. まとめ

以下に、本研究の成果をまとめる。

(1) 1年間で0.03m以上浅くなった異常信号は、空洞である可能性が非常に高い。このことから、異常信号が空洞かどうかを確定させるための確認調査を省略できる可能性がある。

(2) 変化した異常信号および空洞周辺の下水道管路には、90%程度の割合で管内異状が生じていた。

(3) 変化した空洞周辺の下水道管路で発生している管内異状は、クラックや破損等の管内に土砂を流入させるものであるとともに、その70%程度が本管に生じたランク a や b、取付管に生じた重篤な異状である。

上記のことから、変化した空洞に近接した下水道管には、重篤な管内異状が生じている可能性が高いことが確認された。このような場所は、管内の詳細調査優先度を高くし、重篤な異状を早期に把握することが重要である。

本研究によるスクリーニング技術としての試行結果から、本技術は、道路陥没の原因となる空洞を生じさせる箇所の調査を効率的に実施することが可能となり得ることが見出されたとともに、特に下水道管路に起因した陥没の抑制に資することが期待される。

今後は、実現場への試行的な技術導入等を通じて、道路および下水道管路マネジメントにおける活用方策等を検証していく方針である。

6. 謝辞

本研究にあたり、国土交通省国土技術政策総合研究所の下水道研究室の皆様、ならびに共同研究者である日本下水道事業団様には多大なご助言を頂いた。また、千葉県柏市様には現場提供のご協力や研究に対する貴重なご意見を頂いた。この場を借りて、感謝を申し上げます。

《引用・参考文献》

- 1) 日本下水道協会：下水道協会誌，国総研における下水道管路ストックマネジメントに関する調査研究，Vol. 59, No. 712, 2022.
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部：ストックマネジメント手法を踏まえた下水道長寿命化計画策定に関する手引き（案），2013.