

## 道路陥没防止を目的とした路面下空洞原因の実態調査報告 その2

道路陥没 空洞 埋設管

ジオ・サーチ株式会社

正会員 ○黒沢 菜月

同上

正会員 岡村 雅俊

藤沢市道路河川部

北村 和利

藤沢市道路河川部

平田 良祐

東京大学生産技術研究所

国際会員

桑野 玲子

## 1. はじめに

カルスト地形のドリーネやソイルパイプに起因した陥没など、自然界においてしばしば発生する地表面の陥没に対し、地形・地盤などの分野においてはアメリカを中心に、これまで原因究明や議論が進められてきた。一方、日本では都市部を中心に年間約 12,000 件の道路陥没が発生している<sup>(1)</sup>。これらは様々な状況が複合的な原因で発生していることが多いため、空洞の発生、拡大メカニズムや条件の解明は研究段階にある。これは、交通規制の早期開放を最優先に補修施工が進められる道路陥没に対し、十分な原因究明や記録を行う時間的余裕がないことも、ひとつの理由として挙げられる。このため道路陥没の原因とその対策について、ミクロ的な観点からの議論を掘り下げていく必要がある。

こうしたなか、本研究では藤沢市×東京大学×ジオ・サーチの官学産の連携体制で、地域に最適な道路陥没防止手法及び体制の検討を実践的に進めた<sup>(2)</sup>。具体的には、地中レーダを用いた半年ごとの空洞モニタリング調査を中心に、陥没危険度の高い空洞を開削補修する際に、空洞の発生状況や周辺地盤について詳細な調査を行った<sup>(3)(4)</sup>。この調査では三者の連携体制により、詳細な空洞発生状況の記録・分析が可能となった。本稿では、開削調査を行った 13 箇所の空洞のうち、他工事起因の下水道管破損により発生した空洞事例を 2 例報告し、土質試験結果もあわせて発生状況や地盤条件の観点より、考察を行った。

## 2. 下水道取付管破損【事例 1】

当該空洞は、第 1 回モニタリング調査(2017 年 4 月)時点では確認されず、半年後の第 2 回モニタリング調査(2017 年 10 月)時に初めて確認された。同年 12 月に開削調査を行った結果、空洞上端深度 0.15m、縦断方向広がり 0.30m、横断方向広がり 0.41m、厚さ 0.50mの空洞を確認した。周辺状況を図 1 に示す。

当該空洞の発生原因を明らかとするため空洞下を GL-1.90m まで掘削したところ、図 2 のように GL-1.15m に水道本管(道路縦断方向)、GL-0.80m に下水道取付管(道路横断方向)が確認された。この下水道取付管(陶管)のうち、水道本管と交差する点を中心とした一部範囲が、塩ビ管に置換されている状況を確認した。置換された箇所の接合部は、断面処理や接合部へのモルタル充填などの適切な処理が行われておらず、わずかに開口した部分が見られた。このような状況から、接合部の開口箇所から土砂が流出したことで空洞が発生したと考えられる。上記の発生原因及び周辺状況より、水道本管を布設する際に下水道取付管を破損してしまい、現地での補修が不十分だったため経年的に開口部が生じ、空洞発生原因になったと推測される。

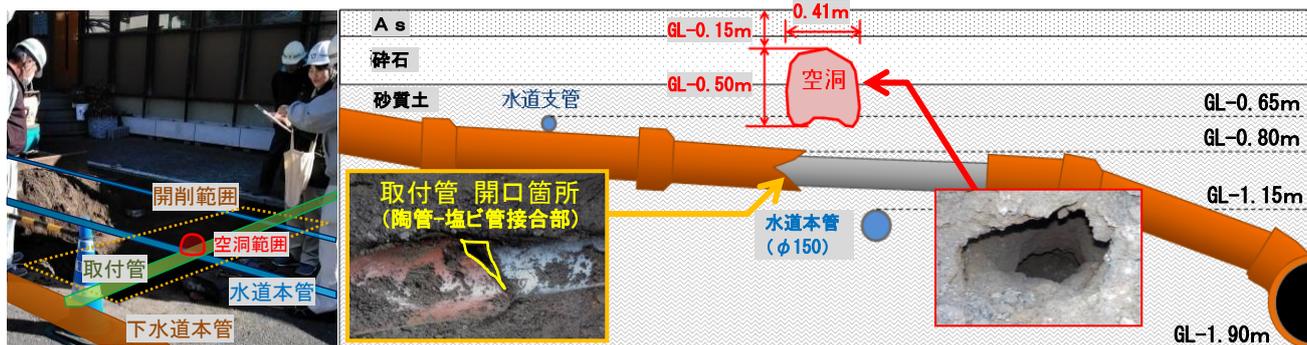


図 1 周辺状況(事例 1)

図 2 取付管破損状況断面図(横断方向)

## 3. 雨水管の継手部破損【事例 2】

本空洞も事例 1 と同様、半年で発生した事例である。2017 年 12 月に開削調査を行った結果、空洞上端深度 0.20m、縦断方向広がり 3.20m、横断方向広がり 0.40m、厚さ 0.62mの空洞を確認した。この空洞は、縦方向に長い形状が特徴的であった。周辺状況を図 3 に示す。

当該空洞の発生原因を明らかとするため開削したところ、管路工事等の掘削幅で空洞が広がっていたことが分かった

(図 4)。GL-1.90mまで掘削した結果、GL-1.30mに継手部が破損した雨水管、それと並行するようにGL-1.24mに水道本管を確認した。このうち雨水管の補修箇所を詳細に確認したところ、雨水管継手部の開口箇所を破壊時の破損部材で覆い、モルタルで養生した形跡が見られた(図 4)。しかし、この補修部材は管体から剥離し、わずかな隙間が形成されていた。上記の発生原因及び周辺埋設状況より、水道本管布設時に雨水管継手部を破損したときに現地補修を試みたが、大雨等の外的要因により補修箇所が剥離し、土砂が流出したと推測される。特に、本空洞が最初に発見される4ヶ月前には、最大雨量 60mm/h を超える豪雨が記録されていることから、この豪雨が空洞発生を引き金となった可能性が高いと考えられる。

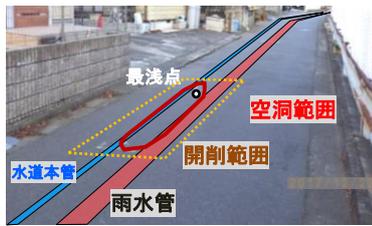


図3 周辺状況(事例2)

#### 4. ポータブルコーン貫入試験結果及び土質試験結果

上記2例では、空洞発生原因箇所付近に近接している可能性が高いと考えられる空洞中心の底部で、ポータブルコーン貫入試験による貫入抵抗値の計測を行った。その結果、事例1(図5左)と事例2(図5右)は共に、深度と比例した貫入抵抗値の上昇がみられた。このうち、事例1は空洞下端深度と原因深度の差がわずか0.2mだったため、特徴ある傾向はみられなかった。一方の事例2については、実際の空洞原因箇所が空洞中心から1mほど水平方向へ離れていたため、貫入不可深度が原因深度より浅くなったと考えられる。両事例の結果より、空洞発生原因箇所と空洞との位置関係が不明確な状況下において、貫入位置を定めることの難しさが浮き彫りとなった。

上記2例に対し、空洞下部(事例1では空洞下0.1m、事例2では空洞下0.4m)と空洞底部(事例1では空洞最深部が砕石交じりで試料採取に適さなかったため、最深点よりも浅い箇所にて採取)、及び空洞脇(非空洞箇所)にて試料を採取し、粒度分析を行った(図6)。その結果、各事例それぞれに、空洞下部と空洞底部の粒度分布が、同様の粒度分布を示していた(グラフ中それぞれ青と赤)。また、空洞脇で得られた試料のうち、事例2で得られた試料からは、高い細粒分含有率が確認された<sup>(5)</sup>。この空洞脇(事例2)の原地盤は粘性土(関東ローム)で、大原ら(2018)は同試料の特徴として細粒分含有率のほか、著しい団粒化を挙げており、耐食性が強かったものと考えられる。それに対し、事例2の空洞底部及び空洞下部で採取された砂質土は、現地状況より縦断水道本管布設時の埋戻材と推定される。

上記の結果より、事例1では流動性の高い砂質土が下方へ流出することで、事例2では耐食性の強い地盤内に敷かれた流動性の高い砂質土のみが一気に吸い出されるような形で流出したことが、急速な成長の原因であると考えられる。

#### 5. まとめ

従来より下水道管と路面下空洞の関係性は報告されているが、本稿では他工事により破壊された下水道管が原因となり、土砂が流出したことで生じた空洞の実態を報告した。また、本事例からは下水道管の破損に加え、流動性の高い砂や豪雨といった要因により、危険性の高い空洞が短期間に発生・成長する可能性についても明らかとした。こうした空洞の急成長は、局地的であれ条件の類似する別地点においても、同様に発生すると考えられる。

このほか、本稿で論じた他工事起因の下水道管破損事例より、下水道管の布設深度・方向により被害が発生しやすい条件があること、そして破損時の補修方法が空洞予防の鍵になることも明らかとなった。こうした実態を明らかとし、道路掘削工事を行う関係者とも共有することにより、効率的な陥没対策に繋げていきたい。



図4 空洞周辺断面図(横断方向)

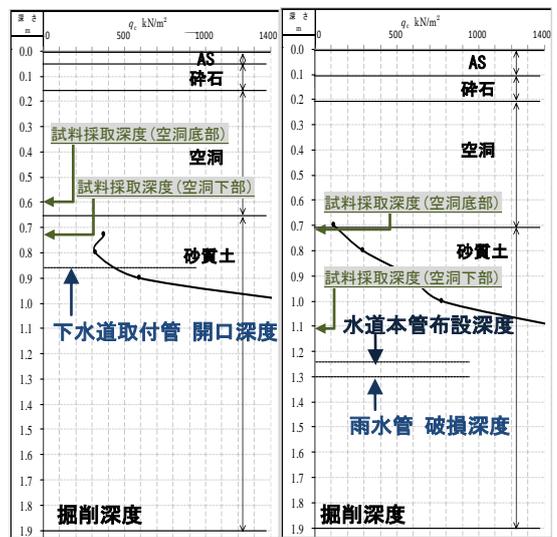


図5 ポータブルコーン貫入試験結果 (左: 事例1、右: 事例2)

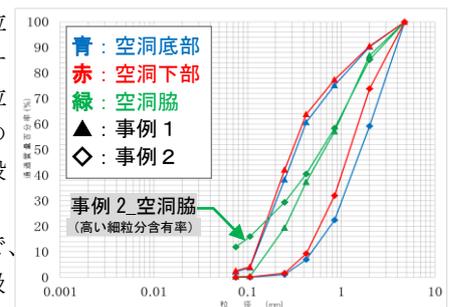


図6 粒度分布図

(1)国土交通省「路面陥没発生状況」(2016): <http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/ijikanri/pdf/h27-29kanbotu.pdf> (最終閲覧日:2019年3月4日)  
(2) 島山ら(2018): 藤沢市における効率的な道路陥没予防手法の実践的研究(官学産 共同研究)その1, 第53回地盤工学研究発表会(高松)  
(3) 藤井ら(2019): 藤沢市における効率的な道路陥没予防手法の実践的研究(官学産 共同研究)その2, 第54回地盤工学研究発表会(大宮)  
(4) 三木ら(2019): 道路陥没防止を目的とした路面下空洞原因の実態調査報告その1, 第54回地盤工学研究発表会(大宮)  
(5) 大原ら(2018): 藤沢市における効率的な道路陥没予防手法の実践的研究(官学産 共同研究)その3, 第53回地盤工学研究発表会(高松)