

## 藤沢市における効率的な道路陥没防止手法の実践的研究(官学産 共同研究)その2

道路陥没 空洞 発生と拡大

ジオ・サーチ株式会社 正会員 ○岡村 雅俊  
 同上 阿部 匡彦  
 同上 藤井 邦男  
 藤沢市道路河川部 北村 和利  
 東京大学生産技術研究所 国際会員 桑野 玲子

## 1. はじめに

本研究は藤沢市×東京大学×ジオ・サーチの官学産連携による共同研究として、地域に最適な道路陥没防止手法や体制の検討を通じ、「安全で安心な暮らしを築く」ことを目的としている<sup>1)</sup>。具体的内容としては藤沢市の管理する道路での空洞発生・拡大メカニズムについて、モニタリング調査や開削調査の結果を中心に地盤条件や埋設管敷設状況等の評価因子と併せて分析・検討を行い、空洞潜在性の数値化を目指している<sup>2)</sup>。特に、本研究のモニタリング調査は半年間隔で複数回行うことから、空洞の拡大が恒常的であるか否かを検討出来る点において、同種の調査は過去に例を見ない。本稿ではこの研究うち、モニタリング調査と開削調査の結果を報告する。

## 2. モニタリング対象路線の選定

平成 27・28 年度に実施された路面下空洞調査で確認された空洞<sup>3)</sup>の発生率を地区別に示したものが、表-1 となる。政令市を除く市町村における空洞発生率の全国平均(0.6 箇所/km)<sup>4)</sup>と比較し、南部地区の空洞発生率が突出している。このため本研究では、過年度調査の対象路線から7路線(南部地区;5路線、北部地区;2路線)と、過去に護岸からの吸出し等による陥没や沈下が発生していた河川沿いの3路線、合計10路線(L=15.5km)を調査路線とした。なお、過年度調査にて報告された空洞のうち、空洞規模(図-1)に基づいた陥没危険度評価(図-2)<sup>3)</sup>にて“要緊急対応”及び“危険度A・B”に分類される箇所の殆どは、既に補修が完了している。このため本研究では、空洞の初期段階と考えられる危険度Cの空洞を主な調査対象とした。

表-1 過年度調査の空洞発生率

地区分類	測線長 (km)	空洞数 (箇所)	発生率 (箇所/km)
北部地区	210	48	0.2
南部地区	90	154	1.7
合計	300	202	0.7

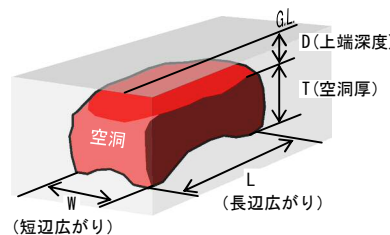


図-1 空洞規模の採寸点

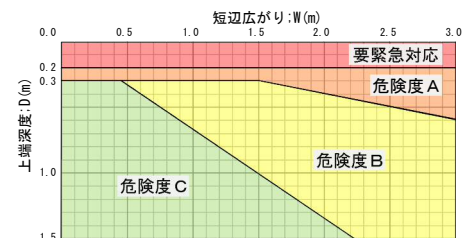


図-2 陥没危険度評価

## 3. 調査手法

- (1)レーダ探査: GL-1.5m まで探査可能な電磁波地中レーダを搭載した空洞探査車を用いて、半年間隔で調査路線のデータを取得する(図-3)。取得したデータは調査ごとに異常信号(空洞)の解析作業を行い、その結果により空洞の拡大や発生を追跡する。モニタリング調査中に拡大・発生した空洞のうち、陥没の恐れがあると判断された箇所については速やかに報告することで早期補修につなげ、市道の安全確保にも寄与している。
- (2)スコープ調査: モニタリング対象空洞のうち代表箇所を選定し、最浅点へ50mmの調査孔を削孔のうえ、柱状写真による舗装構成・空洞厚の計測と、ポータブルコーン貫入試験によるゆるみ状況の測定を行った。



図-3 空洞探査車と取得データ例

## 4. モニタリング結果

- (1)レーダ探査: 調査路線内では、現在までに117箇所の空洞が確認されている(補修済みの箇所を含む)。このうち6%にあたる7箇所、空洞の拡大が確認された(図-4)。7箇所のうち4箇所は第0期(過年度調査;2016年10月~第1回モニタリング調査;2017年4月)に空洞範囲が0.1~0.3m拡大したもので、深度には変化が見られなかった。これに対し第1期(第1回モニタリング調査;2017年4月~第2回モニタリング調査;2017年10月)には3箇所の空洞において、空洞範囲が0.1~0.2m拡大し、上端深度も全箇所0.1m上昇した。なお、これら7箇所と後述の新規空洞は全て別の箇所であり、2期連続で同一の空洞が拡大した例はなかった。

一方 117 箇所のうち、22%にあたる 26 箇所はモニタリング期間中に発生した新規空洞である(図-4)。このうち 23 箇所は南部地域に位置し、3 箇所は河川沿いで確認された。新規に発生した時期は第 0 期の 12 箇所に対し第 1 期は 14 箇所であり、季節的な観点での有意な差は認められなかった。こうした変遷により 2017 年



図-4 調査対象空洞数の変遷

10 月現在、90 箇所の空洞がモニタリング調査の対象となっている。また、過年度調査の 202 箇所に新規空洞の 32 箇所を加え、開削やスコープ調査で非空洞を確認した 4 箇所を除いた 230 箇所が、市内全域を対象とした空洞累積数となる。

(2) **スコープ調査**：地域や下水管敷設状況の視点で選定した 8 箇所において、2017 年 6 月あるいは 8 月にスコープ調査を実施し、1 箇所の非空洞(異物)を除く 7 箇所で空洞を確認した。このうち、スコープ調査後に補修された 1 箇所を除く 6 箇所を 2018 年 1 月に再調査を行ったが、いずれも顕著な変化は見られなかった。これら 6 箇所の空洞は下水管(有無、排除方式、敷設年代)、地下水位、表層地質の点で複数のパターンを有しており、次年度以降のスコープ調査において空洞厚やゆるみ層厚に変化が見られた場合、各因子と空洞との関連性を見出す糸口となることが期待される。

### 5. 開削調査で確認した特徴的な事例

新規・拡大箇所を中心とした 5 箇所(地点 A~E)の空洞において、補修に伴う開削調査を行った。開削調査では空洞規模や地盤条件、発生原因を明らかにした。また、地点 E を除く 4 箇所においてブロックサンプリング法(押切り式)により土質試料を採取・分析することで、空洞拡大現象の解明も進んでいる<sup>5)</sup>。

空洞発生直接的な原因は、いずれの箇所も下水管による土砂の吸出しであった。地点 A・B・E は下水本管接続部の隙間に起因した空洞であり、このうち地点 B・E の空洞発生原因となった下水管は、地下水位以深に布設されていた(図-5)。当該管路は藤沢市下水道部の施設点検として管内カメラ調査が実施されており<sup>6)</sup>、空洞直下に位置する接続部にて浸入水が確認されていた。このことから、継続的に管内へ流入していた地下水によって地盤中の土粒子が流出し、空洞を形成したと考えられる。これに対し、地点 C・D の 2 箇所は他工事の際に誤って下水管が破壊され、破損部材を利用した粗雑な補修のみで埋め戻されたために空洞発生要因となったものであった(図-6)。一方、空洞の拡大性の観点では、地点 D の細長い空洞形状(L=3.2m, W=0.4m)が特徴的な事例であった。この形状は、近接する別管路の敷設に伴う掘削跡の埋戻材(砂)が流出し形成されたもので、開削時には粘性土(原地盤)が空洞の側壁として自立していた(図-7)。

これらの事例は下水道起因の空洞について、管渠の老朽化のみで語られるべきではないことを示唆している。人為的に生じた破損部は、管渠の老朽化により生じた隙間と比較して開口部が大きいうえ、粗雑な補修跡は劣化や剥離によって、突発的に開口してしまう。空洞の成長が乏しかった地点 B・E の発生原因が管渠の老朽化であるのに対し、地点 C・D が新規に発生したものでありながら緊急性の高い空洞となった背景には、こうした違いがあると推測できる。



図-5 地下水と下水本管接続部(地点 B)



図-6 破壊された取付管(地点 C)

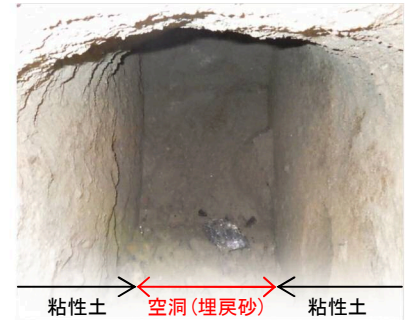


図-7 空洞内部状況(地点 D)  
※原地盤の粘性土は自立、埋戻砂のみ流出し空洞化

### 6. 今後の展望

本研究では 2 年間のモニタリング調査を予定しており、本稿では 1 年目の中間報告を行った。これまでの調査では空洞の拡大や多数の新規発生が確認できた一方、長期的な視点からの拡大性や季節的要因との関係性を明らかにするには、更なるデータの蓄積が必要となる。このため次年度も、半年間隔での継続的なレーダ探査を行う。また、スコープ調査及び開削調査も引き続き実施することで空洞規模や地盤条件、発生原因の確認と記録を継続する。これにより、潜在性評価の更なる精度向上に繋げるとともに、様々な条件下での空洞発生メカニズムの仮説を検証していく。

1) 島山ら(2018): 藤沢市における効率的な道路陥没防止手法の実践的研究(官学産 共同研究)その 1, 第 53 回地盤工学研究発表会(高松)  
 2) 瀬良ら(2018): 藤沢市における効率的な道路陥没防止手法の実践的研究(官学産 共同研究)その 4, 第 53 回地盤工学研究発表会(高松)  
 3) 平成 28 年度路面下空洞調査委託報告書, 藤沢市土木部, 平成 29 年 1 月  
 4) 小池ら(2017): 路面下に発生する空洞の発生状況の分析と考察, 土木学会第 72 回年次学術講演会(福岡)  
 5) 大原ら(2018): 藤沢市における効率的な道路陥没防止手法の実践的研究(官学産 共同研究)その 3, 第 53 回地盤工学研究発表会(高松)  
 6) 汚水本管 TV カメラ調査報告書, 藤沢市下水道部, 平成 29 年 12 月