

藤沢市道における効果的な道路陥没防止手法（官学産 共同研究） - 空洞モニタリング結果からの考察 -

ジオ・サーチ株式会社 正会員 ○藤井 邦男
藤沢市道路河川部 北村 和利、小島 佳幸
東京大学生産技術研究所 フェロー会員 桑野 玲子
ジオ・サーチ株式会社 阿部 匡彦、岡村 雅俊

1. はじめに

本研究は、藤沢市・東京大学・ジオ・サーチ株式会社の官学産共同で地域に最適な道路陥没防止手法や体制の構築により「安全で安心な暮らしを築く」ことを目的としている¹⁾。研究内容は、藤沢市管理道路での空洞発生地域特性や拡大メカニズムについて、空洞モニタリング調査による詳細な空洞挙動の把握の試行と、開削調査、土質試験等の結果から地盤条件や埋設管布設状況等の空洞発生要因の分析を行い、地域の空洞・陥没の潜在性の評価手法を確立したものである。本稿は、2年間の空洞モニタリング調査結果をもとに空洞発生頻度の推移と予測を行い、同市の道路陥没防止に対する空洞調査と補修の効果について考察する。

2. 空洞モニタリング調査の対象路線

藤沢市は、市を横断する国道1号付近を境界として南北の地区に分けられ、土質分類は、南部地区が細砂やシルトを含む砂質土、北部地区は関東ロームである。また、道路、下水道等の都市基盤は、昭和30年から昭和40年代の高度成長期に集中的な整備が行われてきた。路面下空洞調査は、管理道路約1,320km(8,661路線)のうち、主要な道路300km(98路線の測線長)を対象に、初回調査が平成27、28年度に実施された(表-1)。初回調査の結果を踏まえ、空洞発生と拡大の実態を把握するために、過年度の調査実施路線から7路線(南部地区:5路線、北部地区:2路線)、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(区間長15.5km/測線長25.8km)を空洞モニタリング調査路線に選定した(表-2)。

3. 空洞モニタリング調査の実施方法

(1)一次調査(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、半年ごとに計4回、調査路線のデータを取得した(図-1)。取得したデータは調査ごとに、空洞の可能性のある異常信号(以下「異常信号」という。)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した。

(2)二次調査(スコープ調査): モニタリング対象空洞のうち地盤条件や埋設管布設状況等を考慮した代表箇所、異常信号の最浅点へ50mmの調査孔を削孔のうえ、孔壁画像による舗装構成・空洞厚の計測と、空洞底部のゆるみ状況の確認を一次調査と同様に半年ごとの計4回実施した。

4. 空洞モニタリング調査結果と考察

(1)異常信号の発生数の推移: 初回調査(平成27、28年度)、第1回から第4回モニタリング一次調査の各時点で新規に発見された異常信号の箇所数を図-2に示す(第4回は新規発見なし)。北部地区では新規異常信号は確認されず、河川沿いでは7箇所の発生が確認されたのに対して、南部地区に

表-1 初回調査の実施結果

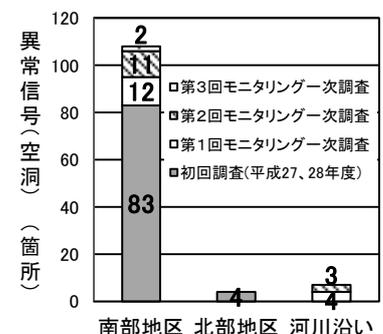
地区分類	測線長 (km)	空洞数 (箇所)	発生率 (箇所/km)
南部地区	90	154	1.7
北部地区	210	48	0.2
合計	300	202	0.7

表-2 空洞モニタリング調査の対象路線

地区分類	測線長 (km)	空洞数 (箇所)	発生率 (箇所/km)
南部地区	5.1	83	16.3
北部地区	14.6	4	0.3
河川沿い	6.1	-	-



図-1 空洞探査車と取得データ例



キーワード 道路陥没 空洞 潜在性 予測 効果
連絡先 〒144-0051 東京都大田区西蒲田 7-37-10 ジオ・サーチ(株) 東京事務所 Tel:03-5710-0215

において、初回調査での異常信号 83 箇所、30%に相当する 25 箇所の新規分が 2 年間で発生したことは、地盤条件（細砂やシルトを含む砂質土が主体）や公共下水道の整備時期（昭和 26 年から着手され、昭和 39 年の東京オリンピックでセーリング会場になったことを契機に整備が加速）との関連性が高いと考えられる。

(2) 異常信号の陥没危険度：一次調査で確認した異常信号は、空洞の発生深度や規模に応じて、陥没危険度が高い順から「要緊急対応」、「危険度 A～C」の 4 段階に分類整理される（図-3）。初回調査から 2 年間で「要緊急対応」が 4 箇所発生しており（図-4）、開削補修時の目視確認から、空洞の発生原因は下水道管継手の隙間からの土砂流出（1 箇所）と老朽化による欠損（1 箇所）、他工事で下水道管を破損させた際の粗雑な補修跡（2 箇所）に起因していることが判明した。地盤条件としては細粒分の多い砂質土であることが共通していた。

(3) 異常信号の拡大：空洞モニタリング調査路線内では、現時点で 119 箇所の異常信号が発見され、このうち 7%にあたる 8 箇所で、空洞の拡大が確認された。特に、第 1 回から第 2 回の間には集中豪雨（最大雨量 60mm）が発生しており、これが空洞拡大への誘因となった可能性がある。なお、これら 8 箇所は全て別箇所であり、2 期連続で同一の空洞が拡大した例はなかった。また、モニタリング二次調査（スコープ調査）を「危険度 C」の 6 箇所（南部地区：3 箇所、北部地区 2 箇所、河川沿い：1 箇所）で実施したが、第 1 回から第 4 回で顕著な変化はなしであった。

(4) 空洞の顕在性：上記(1)～(3)の空洞モニタリング調査結果から次の知見を得た。①空洞発生が顕在化するのには「素因（流出しやすい地盤条件、地下水、掘削工事履歴等）」と「誘因（地中埋設物の老朽化、雨・地震の影響等）」が重なり合った場所であり、当初の想定通り「南部地区」であった。②空洞の拡大と新規発生は一定速度の経年変化ではなく「急速」と「緩速」の 2 つの挙動を示す。③急拡大する空洞は下水道管との因果関係が強いが、下水道管の不具合には「自然的要因（経年劣化による老朽化）」と「人為的要因（取付管の接続不良や他工事による破損）」が存在する。

(5) 空洞発生頻度の経年的な評価および予測：図-5 は空洞モニタリング調査結果から経過時間ごとの 1km あたりの空洞数推移を分析し、将来を予想したものであり、潜在する空洞が 0～0.5 箇所/km の進行度で増加すると予測される。ただし、対応方針¹に基づき陥没危険度の高い空洞は順次補修されることから、一定水準を保った空洞の残存は予想されるが、道路陥没への危険性は低減されることになり、実際に本研究期間中の空洞モニタリング調査対象区間では、道路陥没は発生していない。なお、空洞モニタリング調査は、藤沢市管理道路のうち主要道路が対象であったが、生活道路も含めた藤沢市全域を対象とする空洞・陥没の潜在性・脆弱性の評価手法として「陥没ポテンシャル評価手法」の研究が進められ、「陥没ポテンシャルマップ」が開発されている²。

5. 今後の展望
道路陥没防止手法の更なる効率化に向けて、空洞探査技術の自動化・省人化、位置情報取得や三次元可視化システム等による調査の高度化に取り組んでいきたい。

¹ 西山ら(2019)「藤沢市における効率的な道路陥没防止手法の研究報告(官学産 共同研究)」土木学会第 74 回年次学術講演会

² 瀬良ら(2019)「藤沢市・道路陥没ポテンシャルマップの開発(官学産 共同研究)」土木学会第 74 回年次学術講演会

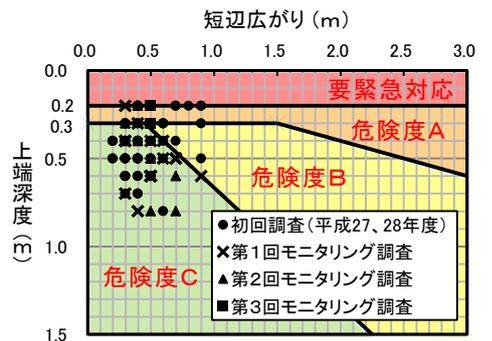


図-3 陥没危険度評価

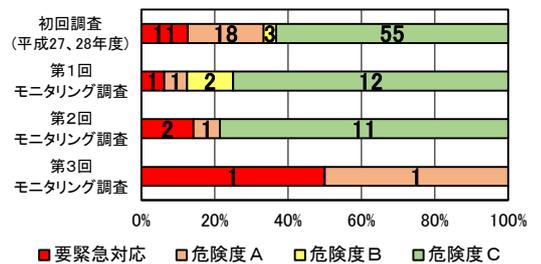


図-4 異常信号の陥没危険度の割合

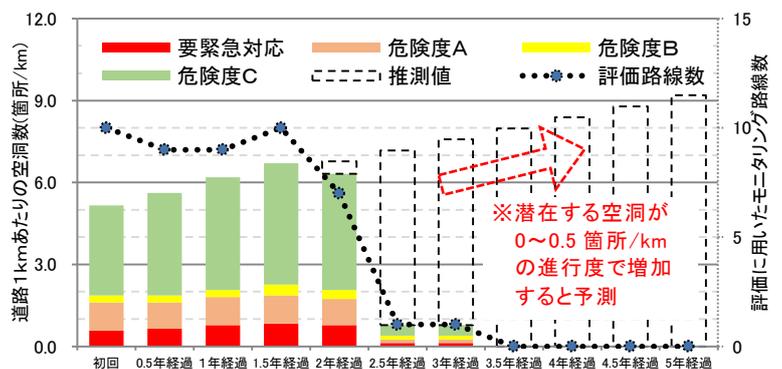


図-5 空洞累計数の推移予測(1kmあたり空洞数・モニタリング区間全体)