

藤沢市における効率的な道路陥没防止手法の研究成果報告(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 ○藤井 邦男
 藤沢市道路河川部 北村 和利
 同上 小島 佳幸
 東京大学生産技術研究所 国際会員 桑野 玲子
 ジオ・サーチ株式会社 米本 幸子

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の地域特性や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基に、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・脆弱性の評価手法を確立するものである。本稿では2ヵ年の期間で実施したモニタリング調査結果の総括とその効果について報告する。

2. モニタリング対象路線の選定

藤沢市は、神奈川県中央南部に位置する相模湾に面した地域であり、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、土質分類としては、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。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が、近年では老朽化による変状の顕在化への対応が課題となっている。路面下空洞調査は、管理道路1,320.39km(8,661路線)の内、主要な道路300km(98路線の測線長)を対象に5年ごとの実施計画を立案し、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)をモニタリング調査路線に選定した(表-2)。

3. 調査方法と実施状況

- (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、半年ごとに調査路線のデータを取得する(図-1)。取得したデータは調査ごとに、空洞の可能性がある異常信号(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する。
- (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行った。
- (3)実施状況:上記(1)、(2)の調査実施工程を表-3に示す。

4. モニタリング調査結果総括

(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)。南部地区では第1回モニタリングで12箇所、第2回モニタリングで11箇所、第3回モニタリングで2箇所の新規異常信号が確認され、同様に河川沿いでは第1回モニタリングで4箇所、第2回モニタリングで3箇所、北部地区ではモニタリング調査での新規異常信号は確認されなかった。南部地区において、初回調査での異常信号83箇所の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。

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 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

表-3 調査実施工程

初回調査(平成27、28年度)		平成27年12月 平成28年10月
第1回モニタリング調査	一次調査	平成29年4月
	二次調査	平成29年6、8月
第2回モニタリング調査	一次調査	平成29年10月
	二次調査	平成30年1月
第3回モニタリング調査	一次調査	平成30年4月
	二次調査	平成30年7月
第4回モニタリング調査	一次調査	平成30年11月
	二次調査	平成31年1月

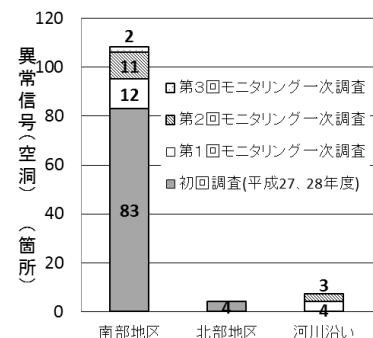


図-2 異常信号の箇所数

(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」、「危険度B」および「危険度C」の4段階に分類整理される(図-3)。初回調査(平成27、28年度)、第1回から第4回モニタリング調査の各時点で新規に見られた異常信号の陥没危険度の割合を図-4に示す(第4回は新規発見なし)。初回調査時の「危険度C」の割合(63.2%)に対し、第1回および第2回一次調査時の「危険度C」の割合が高く(第1回:75.0%、第2回78.6%)なっている。その一方で、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、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。また、地盤条件として細粒分の多い砂質土であることが共通していた。

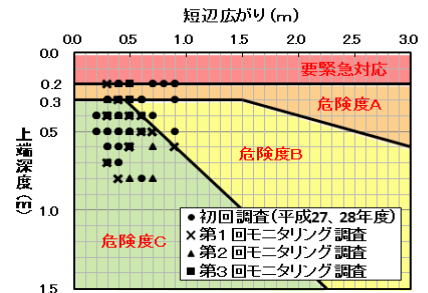


図-3 陥没危険度評価

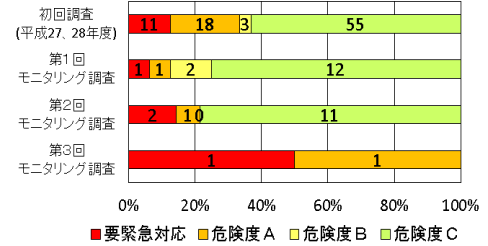


図-4 異常信号の陥没危険度の割合

(3)異常信号の拡大：モニタリング調査路線内では、現時点で119箇所の異常信号が確認されている。この内7%にあたる8箇所、空洞の拡大が確認された(表-4)。8箇所のうち最初の4箇所は初回調査から第1回モニタリング調査で空洞範囲が0.1~0.3m拡大、深度は変化なしであった。次の4箇所は第1回から第2回、第3回から第4回モニタリング調査で空洞範囲が0.1~0.2m拡大、深度も4箇所全て0.1m上昇した。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回で顕著な変化は確認されなかった。

表-4 異常信号の拡大状況

No.	調査時期	深度(m)	縦断(m)	横断(m)	陥没危険度	調査時期	深度(m)	縦断(m)	横断(m)	陥没危険度	【参考】近接する下水道管	布設年	分類	管理
1	平成28年10月 (初回調査)	0.4	0.8	0.5	C	平成29年4月 (第1回モニタリング)	0.4	0.8	0.6	B	1969年	1974年	合流式	ヒューム管
2		0.3	2.3	0.5	A		0.3	2.3	0.8	A				
3		0.4	0.9	0.3	C		0.4	1.0	0.4	C				
4		0.4	0.6	0.3	C		0.4	0.6	0.4	C				
5	平成29年4月 (第1回モニタリング)	0.3	1.0	0.6	A	平成29年10月 (第2回モニタリング)	0.2	1.0	0.6	要緊急	1969年	合流式	ヒューム管	
6		0.4	0.6	0.4	C		0.3	0.7	0.6	A				
7		0.7	0.5	0.4	C		0.6	0.6	0.5	C				
8	平成30年4月 (第3回モニタリング)	0.3	0.6	0.3	A	平成30年11月 (第4回モニタリング)	0.2	0.7	0.4	要緊急	1963年	合流式	陶管	

(4)総括：上記(1)~(3)の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。ただし、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. モニタリング調査の効果

図-5は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、将来を予測したものであり、空洞補修を実施しない場合は、潜在する空洞が0~0.5箇所/kmの進行度で増加すると予想される。一方、図-6はモニタリング調査結果から道路陥没の可能性のある危険な空洞を順次補修した場合、残存空洞数がどのように推移するかを予測したものであり、一定水準を保った空洞の残存が予想されるが、道路陥没への危険性は低減される。本研究期間中にモニタリング対象区間では道路陥没が発生しておらず、モニタリング調査の効果を得られたことを確認している。

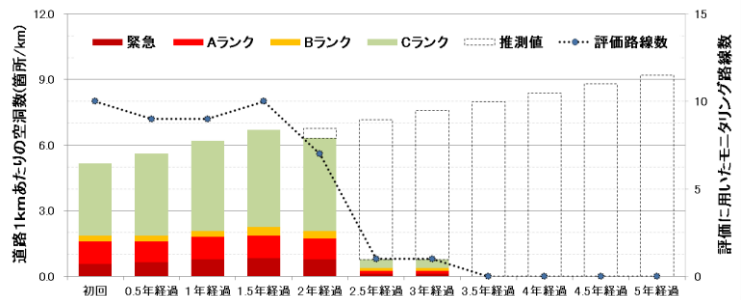


図-5 空洞累計数の推移(1kmあたり空洞数・モニタリング区間全体)

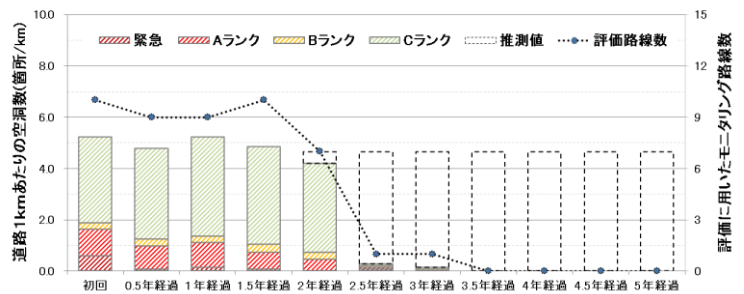


図-6 空洞補修を考慮した残存空洞数の推移(1kmあたり空洞数・モニタリング区間全体)

6. 効率的な陥没対策に向けた今後の課題と展望

本研究によって、藤沢市における空洞発生の実態やモニタリング調査の有効性が確認できた。より効率的な陥没対策の推進には、調査方法の簡便性やデータ解析の即時性等が必要となる。近年、急速に発展する人工知能の活用による自動化・省人化技術、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が見込まれる。

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)