

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）

東京大学生産技術研究所 正会員 ○瀬良 良子
 藤沢市道路河川部 平田 良祐、山本 陽子
 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 米本 幸子、黒沢 菜月

1. 道路陥没ポテンシャルマップ開発の目的 藤沢市は、「安全で安心な暮らしを築く」ことを市政のひとつのテーマに掲げている。藤沢市・東京大学・ジオ・サーチ株式会社は、その実現策として、藤沢市における効率的な道路陥没防止手法を検討することを目的に、2017年4月から2年間、官学産の共同研究に取り組んだ(西山ら¹)。道路陥没ポテンシャルマップの開発はその取り組みのひとつであり(図-1)、同市における陥没対策の課題を効率的かつ持続的に解決する媒体を構築し、さらに情報共有ツールとして実装することを目指した。同マップは地域の陥没の可能性を表すものであり、従来の空洞発生傾向評価で用いられてきた道路のルートマップ：空洞調査結果や空洞原因と想定される道路占用物件の布設状況等から、空洞発生傾向を路線単位・区間単位で評価するマップとは異なる。ポテンシャルマップは、下水道の布設状況などをグリッド(面)の情報へ変換し、さらに地盤や地下水位などの空洞要因(素因)も取り込んで陥没可能性を面的に評価し、地域全体の状況と特性の分布や局所性を把握できるものとした。そして、このマップから道路交通ネットワークの評価へ、または関連する部門や機関へ情報をインプットできるようなデータ仕様とした。すなわち、同マップが根拠となる空洞調査計画が効率的な安全な道路機能確保を実現するほか、防災部門との情報共有で大規模な自然災害に備えた策を講じることや、下水道部門では維持管理における補完的情報としての活用を可能にすることを目指した。藤沢市の道路部門ー下水道部門の庁内連携による陥没対策の強化¹も、同マップが一助となった。

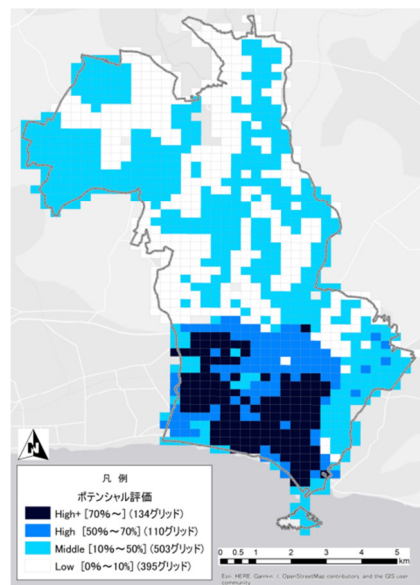


図-1 藤沢市道路陥没ポテンシャルマップ

2. 空洞・陥没ポテンシャルの定義 空洞は、できやすい素質・要件(素因)が備わった環境で、土砂の流出経路が確保(誘因)されると発生する。陥没は、空洞の「数・規模・拡大性」の大きさが顕在化する可能性に直結する。このことを鑑み、空洞ポテンシャルおよび陥没ポテンシャルを次のように定義した。

- ・空洞ポテンシャル 定義：空洞の発生しやすさ = f (パラメータ：空洞素因、寄与度)
- ・陥没ポテンシャル 定義：陥没顕在のしやすさ = f (空洞ポテンシャル、拡大可能性)

3. 藤沢市における陥没ポテンシャル評価 既往の研究などから、空洞は地盤内の土砂が流出、またはゆるみ領域や空隙が拡大することで形成されることがわかっている。一般的には、その要因として埋設物の老朽化による破損や継手の不良などがあげられ、国土交通省のデータ²では埋設物の多さが空洞の発生頻度に、排水機能のある埋設物が空洞の拡大に寄与することが示唆されている。藤沢市では、本研究前に主要な道路を一齐調査し多数の空洞信号が確認されたことで対応方針を定め、研究開始時にはすでに積極的に補修を進めていた。また南部エリアでの空洞頻度の高さも把握されていたこともあり、本研究では半年ごとの空洞モニタリング調査による空洞挙動の把握と、補修を進める空洞箇所の原因追及を協働で徹底的に行うこと

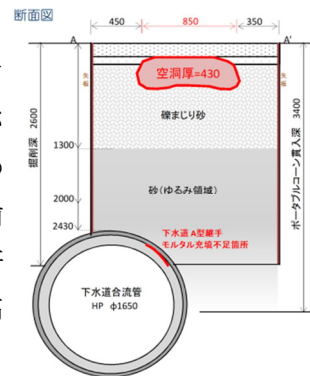


図-2 空洞発生状況図³

キーワード 道路陥没、予防、地域特性、潜在性、評価

連絡先 〒153-0041 東京都目黒区駒場 4-6-1 Bw304 東京大学生産技術研究所 Tel:03-5452-6845

で、空洞発生実態の詳細な把握もできた(大原ら³)。これら臨床活動による実態究明と知見を集約しながら、藤沢市の主な空洞/陥没の素因を、[下水道管老朽化]・[下水取付管]・[地下水位変動]・[地山/埋戻材の流動性]の4因子に定めた。次に、原因追及調査で明らかになった状態を参考に、それぞれの素因を形式・年代や本数などで階層にわけ、別途整理を進めていた空洞/陥没情報と重ねて、各因子の空洞/陥没頻度に対する感度分析を行いながら境界値を設定していった。さらに「砂質地盤で地下水位が高く、下水道管の老朽化がみられる」といった空洞発生実態を反映する検討を進め、空洞素因の組合せでパラメータを設定し、ポテンシャルを[High+]・[High]・[Middle]・[Low]の4段階とした(図-3)。これは、発生頻度のほかに『[High+]エリアの空洞は、探査時点は深く小さくても拡大する可能性があり、補修を念頭に経過観察する必要がある』との理解になる。さらに、ポテンシャル値での空洞・陥没の頻度(道路1kmあたりの箇所数)の平均値を用いて、空洞・陥没各々のポテンシャル値と発生頻度の近似式を得た(図-4)。この近似式から、藤沢市では陥没が1箇所発生すると周辺に3か所の空洞が潜在するという推測や、未調査道路の空洞潜在数の推計が可能になった。

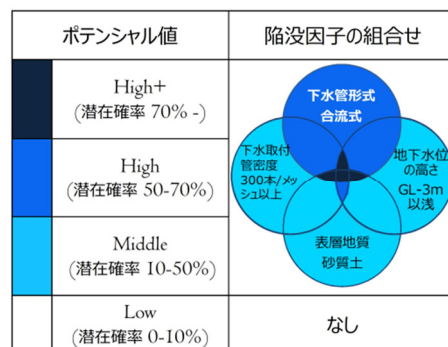


図-3 藤沢市陥没ポテンシャル構成

ポテンシャル値 (潜在確率)	発生頻度 道路延長あたり 平均値	
	陥没 箇所/km	空洞 箇所/km
High+ (70% -)	1.4	4.6
High (50-70%)	0.7	2.4
Middle (10-50%)	0.2	0.4
Low (0-10%)	0.1	0.3

ポテンシャル値Yと発生頻度Xの関係式(近似式より)		
陥没 箇所/km	$Y = 0.46x - 0.085$	$R^2 = 0.918$
空洞 箇所/km	$Y = 1.508x - 0.352$	$R^2 = 0.8977$

図-4 藤沢市陥没ポテンシャル値

4. 考察1: 陥没ポテンシャル評価改良の課題 本研究のもうひとつの命題である空洞の拡大挙動については、半年ごとの空洞モニタリング調査で実態把握を開始した。2年間という研究期間では全貌の把握には至らなかったものの、開始当初モニタリング路線に潜在していた86箇所の空洞は9箇所が拡大し、新たに30箇所の空洞が発生した。この挙動実態をポテンシャル評価の基軸とするには情報量が少なくデータとして取り込まなかったものの、拡大した9箇所の空洞の挙動を素因の組合せとともに整理した結果(図-5)、8箇所はポテンシャル[High+]エリアの空洞で、1箇所が[High]エリアであった。また、[High+]の8箇所の空洞は、[High]の1箇所に比べ拡大速度が大きいことがわかった。これは、先述した[High+]エリアの空洞拡大の理解と一致し、今回は大よそ1割の空洞が拡大した。今後、拡大性の評価の改良を進めるにあたって、モニタリング継続による実態把握精度の向上や拡大誘因の分析、舗装破壊メカニズムの解明等が課題となる。

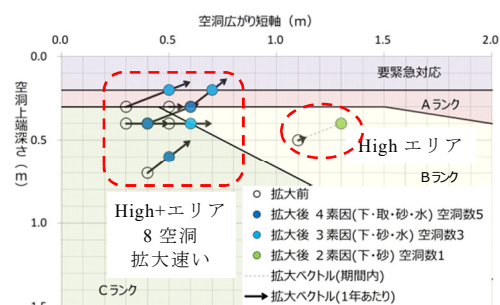


図-5 拡大空洞の挙動軌跡と空洞素因

5. 考察2: 他都市への適用性と評価の信頼性 今回開発を進めた手法は他都市でも適用できる。評価ケースが増えると、都市の成熟度や地中の利用度合いとの相関が分析でき、将来の予測への展開が視野に入る。また、例えば藤沢市と同様な空洞素因が潜在し陥没が顕在化しているような地域、近い将来下水道状況が類似すると推測される地域などは、藤沢市のポテンシャル評価を参考にできる。評価の信頼度については、今回、藤沢市が本研究内で市全域の陥没情報の再構築を図ったことで510件を超える陥没情報が活用でき、空洞調査結果の信頼性ととも、空洞調査履歴のないエリアでの評価の信頼性も確認された。今後他都市での評価にあたっては、「空洞調査の精度」と「空洞原因の見極めと情報の質」に依存するという理解が必要である。

研究終了後も、藤沢市・東京大学・ジオ・サーチそれぞれが先進的な取組みで世界の陥没対策の見本となることが期待される。本協働で経験した、現地の実態を適切に把握して工学的に判断するという基本的な姿勢を大切に、陥没事故ゼロの安全安心な社会の実現に向けた取組みを実践していきたい。

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(官学産 共同研究)」第74回土木学会全国大会(高松)

² 国土交通省道路局ウェブサイト: 国土交通省地下空間の利活用に関する安全技術の確立に関する小委員会資料(2017)
<http://www.mlit.go.jp/common/001172283.pdf>

³ 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回地盤工学研究会(高松)