

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究状況報告書（1年目の研究対象）】

①研究代表者		氏名（ふりがな）	所属	役職	
		桑野 玲子（くわの れいこ）	東京大学生産技術研究所	教授	
②研究 テーマ	名称	道路構造及び空洞特性に適応した陥没危険度評価と合理的路面下空洞対策についての研究開発			
	政策 領域	[主領域] 領域8：維持管理や 長寿命化対策	公募 タイプ	タイプIV	
		[副領域] 領域7：災害時の対応や防災			
③研究経費（単位：万円）		平成30年度	平成31年度	平成32年度	総合計
※H30は受託額、H31以降は計画額を記入。端数切捨。		1,797	4,300	3,000	9,097
④研究者氏名		（研究代表者以外の主な研究者の氏名、所属・役職を記入。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。）			
氏名		所属・役職			
桑野二郎		埼玉大学大学院理工学研究科 教授			
瀬良良子		ジオ・サーチ（株）課長			
井原務		（株）NIPPO 研究次長			
小堺規行		住友大阪セメント（株） 執行役員・建材事業部長			
⑤研究の目的・目標		（提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入。）			
<p>都市部の路面下空洞を対象とする、検査（調査）、診断、治療（補修）、予防のそれぞれの段階における課題を解決するために、既存の空洞データの分析、室内模型実験、数値解析、実物大フィールド実験、現道における空洞モニタリング等を実施し、路面下空洞の生成要因や拡大過程・陥没危険度を解明し、併せて空洞探査の高度化と空洞特性に応じた適切な補修方法を開発することにより、道路管理者に発信し得る「調査計画・空洞探査・空洞補修に係る一連の合理的プロセス」、即ち道路陥没予防ソリューションを開発する。</p>					

⑥これまでの研究経過

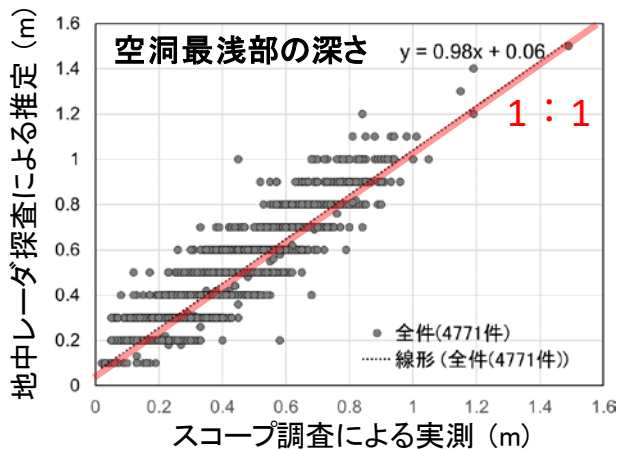
(研究の進捗状況について、これまでの研究目標の達成状況とその根拠（データ等）を必要に応じて図表等を用いながら具体的に記入。また、研究の目的・目標からみた研究計画、実施方法、体制の妥当性についても記入。)

目標としているソリューション（陥没予防のための合理的プロセス）開発のために目指す具体的成果とその進捗状況を以下に記す。

・空洞探査方法の既存技術の整理と高度化

既存データを用いて地中レーダによる空洞探査の精度を検証した。また、空洞の3次元的広がりや体積を評価しデータを蓄積できるような方法を検討した。さらに、地中レーダを補完しうるような調査の可能性を検討した。

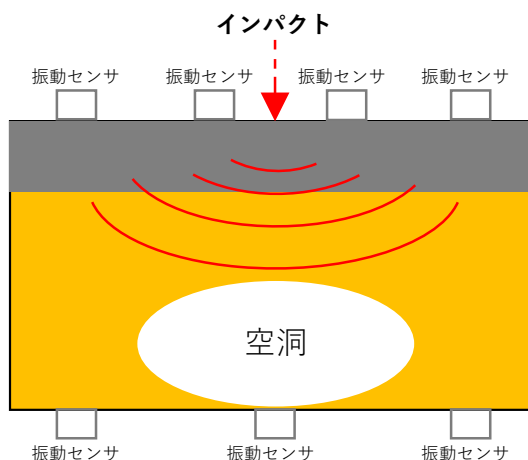
空洞探査精度の検証例：



地中空洞探査による空洞最浅部の深さについて、推定値とスコープ調査で確認した実測値を比較すると、ほぼ1：1のトレンドであるが、最大で20～30cm程度深めに評価する場面があることがわかった。なお、地中レーダ探査の測定解像度は10cmである。水平方向への広がりや、既存の実測値が十分に蓄積されていないので、今後データ取得する。

空洞探査の高度化：

地中レーダ探査を補完しうるような調査として、路面あるいは地中における波動探査を検討し、基礎実験を実施した。

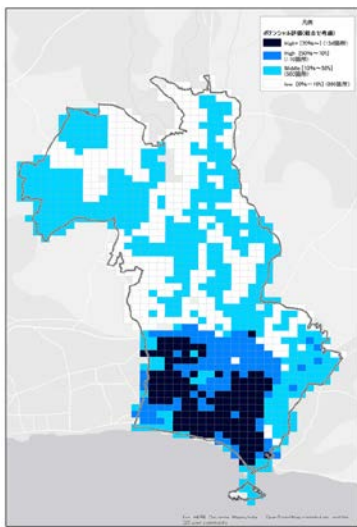


地中レーダ探査では得られない空洞厚に関する情報や、深い位置の空洞の情報取得の可能性を探るため、路面に設置した振動センサによる波動測定、または下水管内に設置したセンサによる常時微動測定を想定した基礎実験を模型土槽を使用して実施した。また現道（藤沢市道）の空洞箇所およびその周辺にてFWD試験を実施し、空洞の有無によるたわみ量の違いを測定した。

・空洞の生成・拡大メカニズムの解明および空洞ポテンシャルマップの開発と陥没危険度の評価

①自治体（福岡市、藤沢市）管理道路、および国道の空洞データを分析し、空洞生成における支配要因とその寄与度について検討した。また、福岡市と藤沢市にそれぞれ路線を設定し3ヶ月ごとに空洞のモニタリング調査を行った。②模型実験、数値解析により空洞拡大のメカニズムを調べた。①より空洞ポテンシャルマップを試作し、②より陥没危険度チャートのコンセプトを構築した。

試作した空洞ポテンシャルマップの例（藤沢市道）：



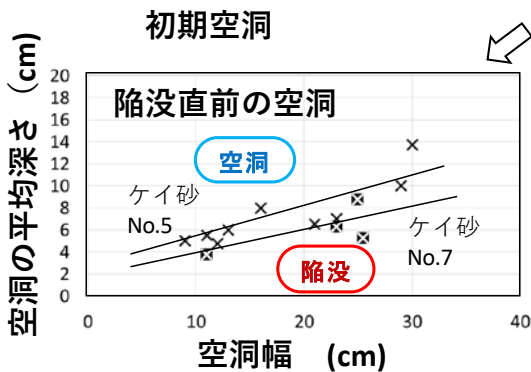
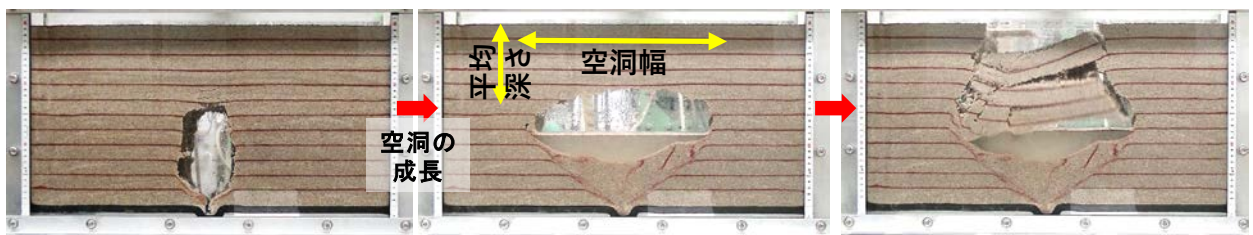
藤沢市の空洞データ/陥没状況とモニタリング調査結果を分析し、空洞生成・拡大に対して最も支配的な要因を以下の4つに絞り込んだ。

ポテンシャル	因子 組合せ	平均頻度(個/km)	
		陥没	空洞
High+	3因子以上	1.2	4.6
High	下水・砂質	0.7	2.4
Middle	上記以外	0.4	0.4
Low	なし	0.1	0.3

- ・合流式下水管
- ・下水管取付管多い
- ・砂質土
- ・地下水位(参考)GL-3m以浅

同区域内の国道、県道のポテンシャル値との比較、および他区域(福岡市)との比較等についても検討中である。

陥没危険度評価の概念構築：



陥没直前

陥没開始

模型土槽にて空洞形成実験を実施し、空洞形成・拡大のメカニズムを考察した。陥没直前の空洞幅と平均深さを調べ、陥没危険度チャート(地盤部)を構築した。舗装の考慮、実際の空洞・陥没データとの比較については検討中である。

・ 対策メニューの開発

空洞の危険度や特性に応じた合理的な補修方法の一つとして路面下空洞用の充填材を開発する。既存の空洞充填材の課題を整理すると共に要求性能や開発目標を設定した。また、充填材の土中への浸透状況の確認実験を行い、モニタリング路線内の空洞に充填を実施した。



現道の空洞充填の試行

・ 実物大試験道路の計画

次年度に予定している実物大試験道路の用地を埼玉大学構内に選定し、道路の仕様等(30m×6m)を検討、測量や地盤調査を実施した。模擬空洞は砂を詰めた土嚢を路床内に埋設し砂を吸い出すことにより作製することとし、予備試験を実施した。

研究計画、実施方法、体制の妥当性

当初の計画通り(項目によってはそれ以上に)順調に進捗している。現道モニタリングに対して自治体の協力も得られ、効果的なデータ集積が進んでいる。ただし、現道では長時間道路規制して詳細な調査をしたり、陥没危険度の高い空洞を補修しないままモニタリングするなどの思いきった事はできないため、実物大試験道路で確認すべき課題を残している。

本研究は5者の共同研究で実施している。それぞれの役割分担が明確で、研究代表者をハブとして緊密に連携を取って進めており、研究の体制は万全である。

⑦特記事項

(研究で得られた知見、成果、学内外等へのインパクト等、特記すべき事項があれば記入。また、研究の見通しや進捗についての自己評価も記入。)

1年目の検討によって、従来、推測や漠然とした知見しかなかった事に対して、定量的な評価が可能となるような分析や事例収集が進んだ。特筆すべき新たな知見を以下に記す。

- ・都市または道路管理区分ごとの空洞頻度を算出し、空洞生成の支配要因と寄与度から空洞の出来やすさをポテンシャル値として表す道筋を開発した。
- ・模型実験と数値解析で空洞拡大のメカニズムと陥没危険度の評価方法を構築した。
- ・現道の空洞モニタリングで空洞の成長速度の実測値が得られた。また、空洞を引き起こした下水管の破損状況を事例として取得した。下水管の管内カメラ調査では明確に破損と判別できないような軽微な損傷でも危険度の高い空洞を引き起こすことが明らかになった。

本研究で得られた上記を含む様々な知見は、国内外の学会(地盤工学会、土木学会、模型実験の国際シンポジウム(英国・ロンドン)、都市安全工学国際シンポジウム(インド・ハイデラバード)、セミナー等で発表した。

研究の進捗は当初の計画通り順調である。調査・実験・解析では当初の見込みを上回るような知見が得られている他、既知とされていた空洞の充填方法について整理すべき新たな課題が見つかるなど、本テーマを研究として実施する意義は大きいと感じる。また、本研究成果は国が策定する技術ガイドラインへの反映が期待されており、確実な成果を期するものである。