

平成 30 年北海道胆振東部地震後の路面下空洞発生傾向と陥没予防手法の提案

ジオ・サーチ(株)
同 上

正会員 ○佐藤 雅規
徳永 珠未 雑賀 正嗣 東海林 隼人 西村 拓人

1. はじめに 平成 30 年 9 月 6 日に発生した平成 30 年北海道胆振東部地震(以下、胆振地震)は、北海道において初観測となる震度 7 を記録し、甚大な被害をもたらした。北海道各地での甚大な被害の一つに道路陥没があり、札幌市内では地下鉄直上道路の大規模な沈下・陥没などが生じた。大規模地震が道路機能を損なう道路陥没の一要因となることは、平成 28 年熊本地震の調査例¹でも報告されている。北海道の直轄国道における発災直後からの災害対応²の一環として、当社は被災地域での路面下空洞緊急調査を実施した。本稿は、今回得られた大規模地震後の空洞に関する知見が幅広く共有されることを目的に、同地域の過年度調査結果(平成 27・28 年度)も用いて分析した胆振地震後の空洞発生傾向を報告し、今後の被災地域での陥没予防手法を提案するものである。

2. 調査概要 胆振地震後の路面下空洞調査は、地震発生から 19 日後の平成 30 年 9 月 25 日から 28 日にかけて、被災地域を中心に路線延長 186km にわたり実施された。現地では路面下空洞探査車が走査し、取得したデータを解析した結果、70 箇所空洞の可能性のある信号(以下、空洞)が検知された。このうち 14 箇所は地震前に検知されていた空洞で、56 箇所が地震後に新たに検知された空洞であった。

3. 胆振地震後の空洞発生傾向

(1)震度階と空洞発生頻度の比較：地震後に検知した空洞の発生頻度は、道路 1km あたり 0.38 箇所/km であった。地震前は 0.12 箇所/km であったことから、胆振地震により発生頻度が 3 倍程度高まったことがわかった。図-2 のように、震度階が大きくなるにつれ、発生頻度も大きくなる傾向があった。

(2)陥没危険度評価の変化：北海道の直轄国道では、探査された空洞への対応優先度を検討する際に、空洞の上端の深さと広がり(短辺)を用いて 3 段階(ABC)で陥没危険度の評価を行っている。図-3 は、地震後に新たに発生した空洞と地震前の空洞の陥没危険度分布と、次項で述べる地震で挙動があった空洞を示したものである。同図によると、地震前に比べ地震後は陥没危険度 A(高)と C(低)の空洞数が増加したことがわかる。さらに、この 3 段階の評価ごとに空洞発生頻度を比較したところ(図-4)、特に A(高)が 6 倍に高まっていた。これらから、地震後は平時に比べて空洞数が増えると同時に、岡本ら¹による熊本地震での報告と同様に陥没の危険性の高い空洞が増加した実態があった。



図-1 調査風景

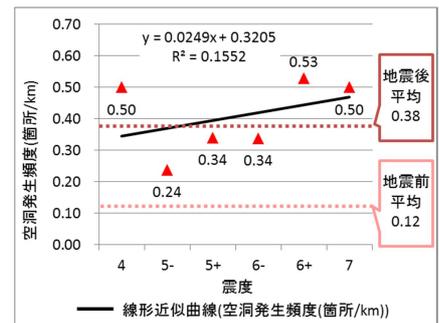


図-2 震度階ごとの発生頻度

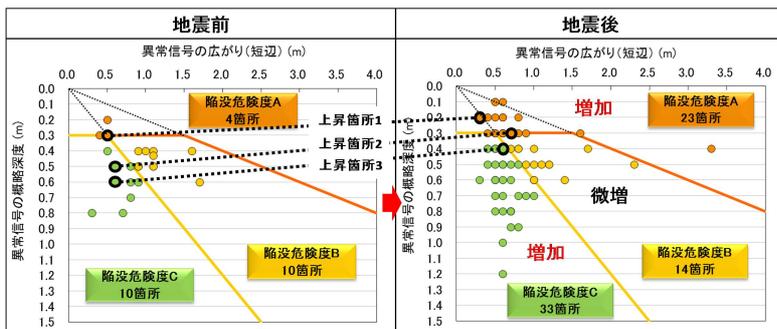


図-3 地震前後の陥没危険度³

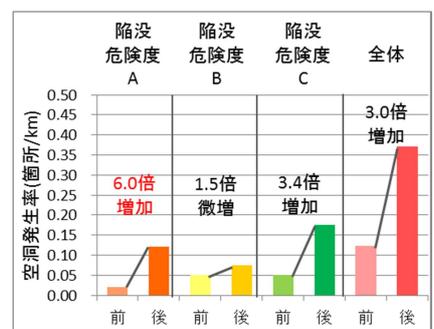


図-4 地震前後の空洞発生頻度

キーワード 平成 30 年北海道胆振東部地震 道路陥没 予防対策 路面下空洞 発生傾向
連絡先 〒144-0051 東京都大田区西蒲田 7 丁目 37 番 10 号 Tel:03-5710-0200

(3) **空洞の挙動**：詳細なデータ解析の結果、地震前に検知された14箇所空洞のうち、3箇所空洞上端が浅くなっていた(図-5)。上昇した空洞の信号例を図-6に、3箇所それぞれの空洞諸元を表-1に示す。深度は0.1m~0.2m上昇し、広がり

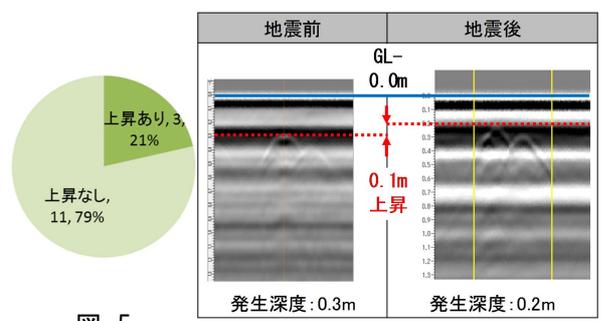


図-5 空洞上昇数

図-6 空洞上昇例

既往の研究などで、空洞の形成および拡大は、空洞ができやすい素質・要件(素因)が備わった環境で、土砂の流出経路が確保(誘因)されると起きやすくなる⁴という知見があるが、これら浅くなった空洞の周辺には流出経路となりうる地下埋設物が存在しなかったことから、胆振地震が誘因となって空洞上部が崩壊・または崩落したという現象が考えられる⁵。

4. 被災地域における陥没予防手法の提案 地震による空洞は、(a)今回のように発災直後に発生するケースと、(b)平成28年熊本地震後に下水道敷設箇所度重なる路面変状が発生した事例など¹、地震で損傷した地下埋設物や余震の影響で発生し顕在化するケースがある。埋設物破損箇所では土砂

の吸出し現象により空洞が急激に発生、拡大し顕在化する可能性があるため、(b)は長期にわたる対策が必要である。現在、被災地域周辺では、地震直後の緊急調査で検知された空洞のうち、陥没の危険性が低い箇所を経過観察中であるが、前述のとおり、今後余震等による空洞の拡大や新たな発生の可能性がある。今後は、一定期間モニタリング調査を実施し、表-2の空洞対応フロー(例)を活用して、将来的な空洞の拡大可能性を考慮し実態に即した判断を実践していくことで、確実に陥没事故を防止していくことを提案する。また、今回は過年度調査データと比較が可能だったことで、地震で浅くなった空洞の存在が緊急対応時に確認され、適切な対応がなされた。今後起こりうる地震災害に対して、平時から空洞調査データとともに空洞発生要因(地下埋設物等)の情報も整理・共有できるように整備しておくことが、災害対応に重要な備えになるといえる。

表-1 地震後上昇箇所の空洞諸元

上昇箇所	概略深度(m)				参考※ 縦断広がり(m)				参考※ 横断広がり(m)			
	前	後	後-前	信号変化	前	後	後-前	信号変化	前	後	後-前	信号変化
1	0.3	0.2	-0.1	有	2.2	2.4	0.2	無	0.5	0.3	-0.2	無
2	0.6	0.4	-0.2	有	0.7	0.6	-0.1	無	0.6	0.4	-0.2	無
3	0.5	0.3	-0.2	有	0.7	0.9	0.2	無	0.6	0.7	0.1	無

※いずれも道路端部に位置し、レーダ探査で全体を捉えていないため、数値は参考値。信号形状比較のみ実施。

表-2 空洞対応フロー(例)



□ : 補修対応とする条件 □ : 経過観察とする条件

謝辞 北海道開発局建設部道路維持課の各位には、各関係機関との調整や調査結果の分析に対する助言を頂き、論文発表について情報提供も含めて快諾頂いた。ここに感謝の意を表する。

¹ 岡本ら(2017) 地震災害後の早期道路復旧に向けた路面下空洞調査の活用 土木学会第72回年次学術講演会
² 国土交通省北海道開発局「平成30年北海道胆振東部地震に伴う災害対応状況」<https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/saigai/splaat000001e1uy.html>
³ 国土交通省北海道開発局 平成30年度路面下空洞調査業務報告書
⁴ 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)
⁵ Effects of earthquake motion on subsurface cavities 2018, R.SERA et.al International Conference on Physical Modelling in Geotechnics 2018