

第63回(2019年度) 北海道開発技術研究発表会論文

平成30年北海道胆振東部地震後の路面下空洞の発生傾向

—陥没のない国道を目指して—

建設部 道路維持課防災第2係 ○高木 誠司
吉田 充秀

北海道開発局では地中レーダ探査にて国道の路面下に発生した空洞を早期に発見することで道路陥没事故を未然に防ぐ取組をしている。平成30年北海道胆振東部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。被災地域における交通の安全確保のため、直轄国道において震度が高かった箇所を中心に、地震発生約3週間後と地震1年後の2年連続で路面下空洞探査を行った。本研究では、同地区の過年度調査結果も用いて分析を行い、大規模地震発生後の空洞の発生傾向を報告するものである。

キーワード：北海道胆振東部地震、路面下空洞

1. はじめに

道路陥没は平成28年博多駅前通りにおける大規模陥没の例があるように、突然発生し道路に損害を与えるのみではなく、道路や沿道の機能を麻痺させ、人的被害をあたえる重大な事故につながる可能性がある。(写真-1)したがって、道路陥没を未然に防止し、道路の安全と円滑な交通を確保することは道路管理者にとって重要な課題である。

その対策として、北海道開発局では道路パトロールなどの路面の目視点検に加えて、路面下の空洞を検知する地中レーダを搭載した路面下空洞探査車の活用により国道の路面下に発生した空洞を早期に発見することで道路陥没事故を未然に防ぐ取組をしている。

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、胆振東部地震)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。直轄国道において震度が大きな箇所を中心に地震発生約3週間後と地震1年後の2年連続で路面下空洞探査を行った。

本研究では同地域の過年度調査結果(平成27・28年度)も用いて大規模地震発生後の空洞の発生傾向を確認した。

2. 路面下空洞探査の原理

路面下空洞探査は電磁波反射法を利用し地中の状況を把握する装置である。アンテナより放射された電磁波は、電気的性質の異なる層の境界で反射する。層が幾重にも存在する場合には層境界ごとに反射波が発生し、時間的にそれぞれ遅れを持った反射波が観測される。

電磁波は伝解する媒質中の電気的性質の違いによってその速度が異なる。物質中での電磁波速度を用いて時間

を距離に変換すれば、地中の層状態を推定することができる。(図-1)路面下探査は一般交通の流れの中で走行しながらデータを取得できる地中レーダを搭載した路面下空洞探査車を用いて実施した。(写真-2)

空洞探査車では規模が縦50cm×横50cm×厚さ10cm以上かつ探査深度1.5m以内の空洞を発見することができる。雨天で路面に水たまりがある場合を除き制限無く探査することができる。本研究では、空洞探査車で異常信号が検知された箇所を空洞として扱うこととする。



写真-1 博多駅前通り陥没

(時事ドットコムニュース「JR博多駅前で道路が陥没 写真特集」最終閲覧日：2020年1月17日

https://www.jiji.com/jc/d4?p=hkb118-jpp022742975&d=d4_bbb)

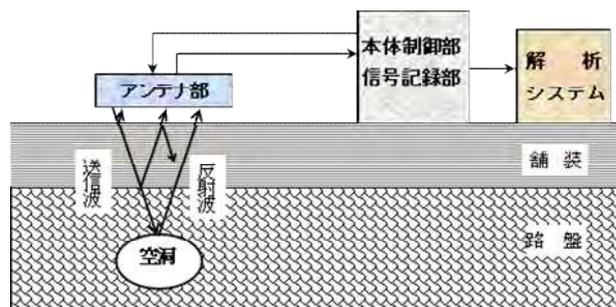


図-1 電磁波による測定の原理



写真-2 路面下空洞探査車

3. 空洞と道路陥没発生の危険度評価

過去の実績を元に、道路陥没発生の危険度を空洞の規模(縦断的広がり×横断的広がり)および発生深度を用いて「A」、「B」、「C」の3段階で設定した。(図-2) A-B境界線は国道での一般的な舗装厚0.3mに対して、空洞の広がりが1.5m以上となった場合に設定した。B-C境界線はA-B境界線に対して3倍程度の安全率を見込み設定した。

過去の調査実績より、空洞の発生深度が0.3mより浅い場合は路面変状の発生件数が顕著に増加するという傾向が報告されている。このことから、発生深度0.3m以内はすべて陥没危険度の高い「A」とした。

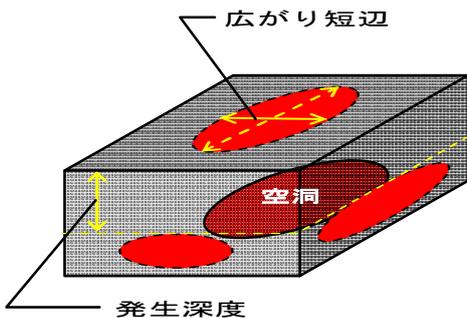
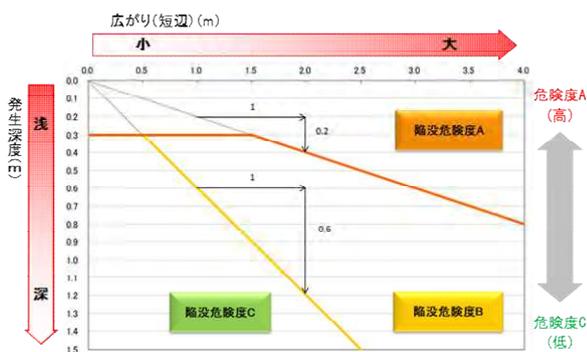


図-2 空洞と道路陥没の危険度評価

4. 平成30年北海道胆振東部地震について

北海道胆振東部地震は平成30年9月6日に北海道胆振地方中東部を震央として発生した地震である。地震の規模はマグニチュード6.7、震源の深さは37kmであった。最大震度は震度7で、北海道では初めて観測された。(図-3)以降にも最大震度6弱と最大震度5弱の余震がそれぞれ一回発生した。

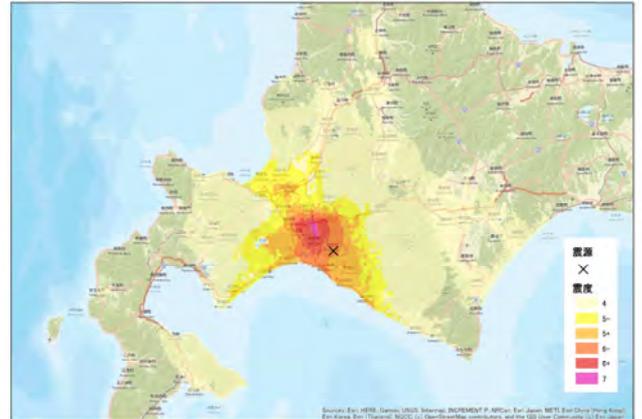


図-3 胆振東部地震の推計震度分布図(気象庁)

5. 本研究の探査箇所と探査時期

地震発生前の平成27・28年度に胆振中東部地域を探査した実績があった。その後平成30年度に胆振東部地震が発生し、地震直後(発生から約3週間後)と地震1年後に、震度が高かった地域を中心に探査を行った。

本研究では、胆振東部地震地域における一連の探査結果、及び比較対象として平時における探査結果(胆振東部地震で最大震度が4と低かった地域における地震1ヶ月後と地震1年後の探査)を比較、分析を行った。地震発生と探査時期の時系列を図-4に示す。

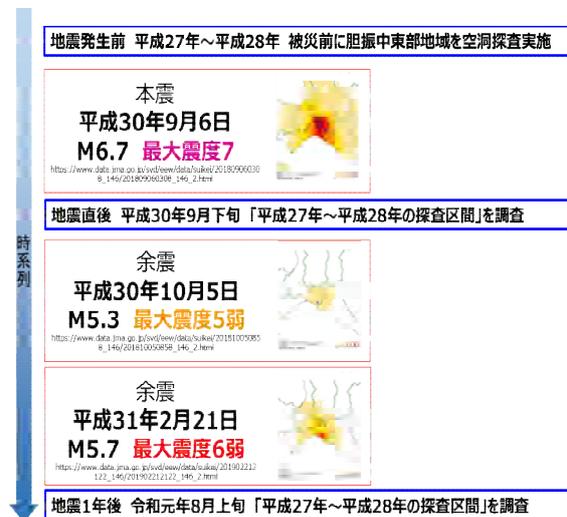


図-4 地震発生と探査時期

6. 地震発生区間の空洞発生状況

地震発生区間における地震発生前から地震発生後にわたる空洞変化率の推移や震度ごとの空洞の発生率、陥没危険度の変化について報告する。

(1) 空洞変化率の推移

a) 地震の影響が大きい区間における地震発生前から地震直後の比較

地震発生前は新規空洞を22箇所検知した。地震直後は新規空洞を44箇所検知し、地震発生前に検知した箇所のうち5箇所が空洞の拡大、上昇がみられ計49箇所に変化がみられた。(図-5) 変化率について、地震発生前の空洞22箇所を母数として地震直後では49箇所が変化したことになり、223%の変化率となった。

b) 地震の影響が大きい区間における地震直後から地震1年後の比較

地震1年後の調査では新たに11箇所の新規空洞を検知した。また、地震直後に検知した箇所のうち、7箇所が拡大・上昇の動きが見られ、計18箇所に変化が見られた。(図-5) 変化率について、地震直後の空洞58箇所を母数として地震1年後の18箇所が変化したことになり、31%の変化率となった。

c) 最大震度が震度4の地域における地震直後から地震1年後の比較

胆振東部地震において最大震度が震度4と低かった地域において地震直後と地震1年後に探査をした結果を平時と位置づけ、比較を行った。

地震直後は新規空洞を23箇所検知した。地震1年後は新規空洞を1箇所検知した。(図-6) 地震直後に検知した箇所のうち空洞の拡大、上昇の変化はみられなかった。変化率について、地震直後の23箇所を母数として地震1年後の1箇所が変化したことになり、4%の変化率となった。

以下変化率の推移についてまとめると、(a)地震直後は223%と著しい変化が見られ、(b)胆振東部地震1年後も空洞の変化率31%と、いずれも平時(c)の変化率が4%であるのに比べて大きな変化を示した。地震直後の探査と地震1年後の探査の間には最大震度6弱と最大震度5弱の余震が発生しているため、これらが地震1年後の変化率に影響を与えている可能性がある。

(2) 空洞発生頻度

地震発生区間において、胆振東部地震直後と地震1年後の新規空洞における震度ごとの空洞発生頻度(箇所/路線延長(km))を算出した。(図-7)

結果、震度階が大きくなるにつれ、空洞発生頻度が高

くなる傾向が見られた。また、地震発生区間の平均空洞発生頻度は0.40箇所/kmであった。比較対象として、北海道の直轄国道における平均空洞発生頻度を算出した。過年度探査結果より地震発生以降を除いた平成27年度～29年度の全探査データで空洞発生頻度を算出した結果、0.17箇所/kmとなった。

地震発生区間の地震後における空洞発生頻度の0.40箇所/kmは、北海道の直轄国道の平均と比較して2.4倍高い値を示した。



図-5 地震発生区間における地震前から地震1年後の空洞箇所数推移

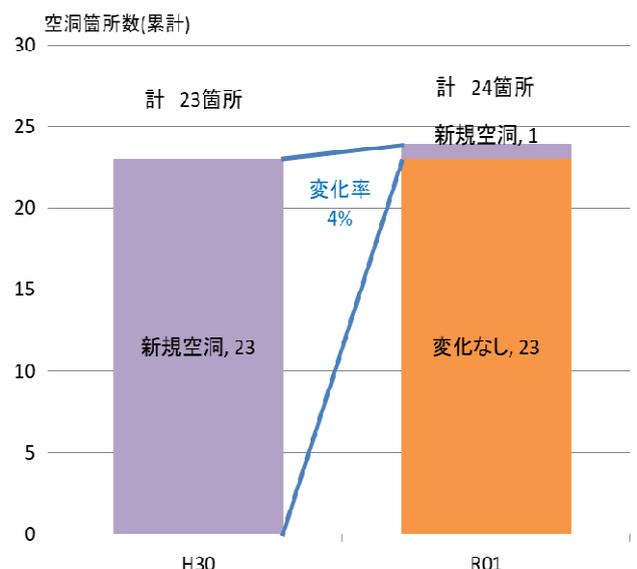


図-6 平時での地震直後から地震1年後の空洞箇所数推移

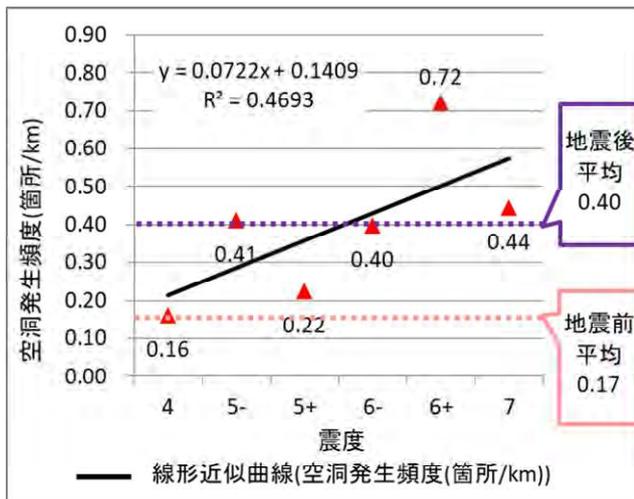


図-7 震度ごとの空洞発生頻度

(3) 地震前後の道路陥没危険度の変化

地震前の平成27・28年度と地震後の平成30・令和1年度の探査で検知した空洞で陥没危険度の割合を比較した。(図-8) 地震前における陥没危険度が高い「A」が14%であるのに対して、地震後は54%と約3倍増加し、約半分を占めた。

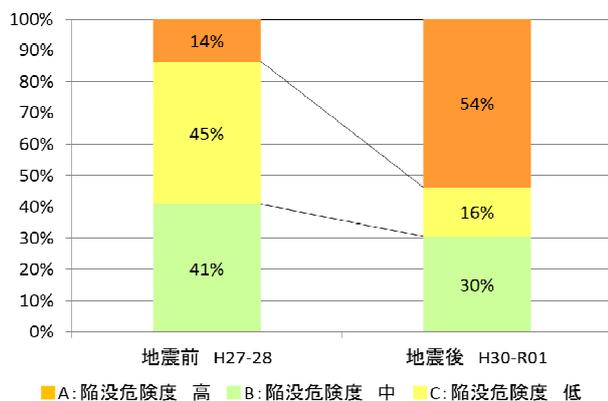


図-8 地震前後の陥没危険度の変化

7. まとめ

本研究は巨大地震による新規空洞発生、既知空洞の拡大・上昇などの影響について分析・検討を行った。以下に本研究で得られた結果を示す。

(1) 空洞数の推移

平時と比較して、地震の影響が大きい区間では、地震直後は空洞の新規発生、拡大・上昇の変化が著しく大きく、地震1年後においても新規発生、拡大・上昇などの変化がみられた。

(2) 空洞発生頻度

高い震度を記録した地域ほど空洞発生頻度が高くなる傾向が見られた。

平時における空洞発生頻度に対して、地震発生区間の地震後における空洞発生頻度は高くなっていた。

(3) 地震前後の道路陥没危険度の変化

地震発生区間は道路の陥没危険度が高い新規空洞の割合が増加する。

本事例では、巨大地震後に迅速に路面下空洞探査を行い、陥没の危険性の高い空洞を補修することで、道路陥没を未然に防止し、被災地域における二次災害を防ぐことができた。

適切な道路維持管理の観点から、地震発生後にたとえ走行上問題ない区間があったとしても、突然道路陥没が発生する可能性があることを考慮する必要がある。そのため、地震発生区間の安全性を確保するためには地震発生後、早期に路面下空洞探査を実施して、陥没危険度の高い箇所は補修することが重要だと考えられる。

8. おわりに

本研究の地震1年後の探査結果は最大震度6弱と最大震度5弱の余震の影響を受け、いまだに変化が収束していない可能性がある。今後も続けて同じ区間の探査を行い、地震の影響がいつ収束するかを明らかにすることで、将来起こりうる地震災害に対し適切な対応を行うための備えとして引き続き検討していきたい。

謝辞：本稿を作成するに当たり、ジオサーチ株式会社にアドバイスを賜りました。ここに記して感謝の意を表します。