

## 路面下空洞調査の活用による地震被災道路の陥没予防効果

ジオ・サーチ株式会社 正会員 ○岡本 順平、 久間 慎之  
宇城市 土木部 土木課 池田 真一、 坂本 善隆

### 1. はじめに

平成 28 年 4 月 14 日に発生した熊本地震の前震(M6.5)と 16 日の本震(M7.3)による、大きな揺れ(震度 7)によって、宇城市では路面陥没や亀裂、沿道の家屋・塀の倒壊、土砂崩落等が発生し、これらに伴う交通網の寸断も発生した。応急復旧を行ったが、相次ぐ余震により変状が増加し、その対応に苦慮した。特に、下水道埋設部での路面被害は甚大で、路面下の空洞も発生し、いつどこで陥没するか予見できない危険な状況となった。そのため、不可視部の被害状況を把握するべく、下水道埋設部を中心に、路面下空洞調査を実施した。なお、調査結果は、災害復旧事業に係る申請のための資料(図-1)として活用され、早期工事着手につながるとともに、路面復旧に併せて路面下の空洞および空洞化にいたる潜在箇所を効率的で効果的に除去することができた<sup>1)</sup>。



図-1 災害査定状況

今回、応急復旧から 3 年経過した被災道路を対象に、モニタリング調査を実施した結果、空洞補修した箇所での再発生は無く、日常的な道路管理でも新たな路面陥没や再沈下の現象はほとんど発生していないことから、当時の応急復旧の有効性を確認することができた。本報告は、調査で得られた知見をとりまとめたものである。

### 2. 路面下空洞調査結果を活用した応急復旧

平成 16 年 10 月 26 日に発生した新潟県中越地震は、余震が多い内陸型地震であり、特に下水道埋設部では、翌春の雪解けが始まる 3 月頃から新たな陥没や応急的な舗装後の再沈下が多数発生しているとの報道<sup>2)</sup>がされた。

同様に、熊本地震も余震の多い内陸型地震(表-1)で、下水道埋設部での被災状況は新潟県中越地震に類似しており、路面下に大量の空洞発生が想定されたことや、下水管路内からの点検には時間を要すること等から、緊急災害対策派遣隊(TEC-FORCE)の助言に基づき、路面下の空洞化状況を把握するために調査を実施した。

表-1 余震多発内陸型地震の 30 日以内地震発生状況

地震名	項目	震度(気象庁データ)									
		1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7	
熊 本	地震回数(回)	1938	946	351	106	10	5	3	2	2	
	最終発生(日)	30	30	30	30	6	16	3	3	3	
新潟県 中 越	地震回数(回)	417	227	96	40	5	8	2	2	1	
	最終発生(日)	30	30	28	21	19	17	7	1	1	

#### ①調査の対象と実施時期

震災直後に実施した路面下空洞調査の対象路線の抽出条件は、埋設されている下水道管路が(I)自然流下方式の管路であること、(II)開削工法により埋設された管路であることとした。これは、地震発生に伴い抽出条件に合う下水道管路の埋設部に沿って、路面に顕著な変状や沈下が出現したためである。

選定した対象路線に対し、平成 28 年 4 月 20 日に適用性確認のための試験調査を行い、本計測を 4 月 26 日から実施した。これは、4 月 14 日前震から 12 日後、16 日本震から 10 日後に本計測を開始していることとなる。本震後に実施した試験調査時の計測データと本計測時のデータを比較すると、発生深度に変化はみられるものの、極端に異常箇所が増加する等の変化はみられなかった。これは、中越地震後の空洞調査時に得られた、「大半の空洞が本震直後に発生している」という知見<sup>3)</sup>と同様である。

#### ②空洞調査結果を活用した舗装修繕

空洞調査結果に基づいて、舗装復旧範囲を決定し、早期の工事着手につなげた。復旧工事にあたっては、空洞周辺部のゆるみ領域を探深棒で確認し、確実な除去を行うとともに、地下水位が確認された箇所については、再液状化への対策として砕石による置換えで通水性を確保した。これにより、路面変状箇所および空洞箇所と周辺部の空洞化にいたるゆるみ箇所の補修を一度に完了することができた。

キーワード 路面陥没、空洞、再沈下、地震、災害査定、非破壊

連絡先 〒810-0001 福岡県福岡市中央区天神 3-4-7 ジオ・サーチ株式会社 九州事務所 TEL092-717-1551

### 3. モニタリング調査結果

応急復旧後の状況を把握するため、3年経過後のモニタリング調査は、調査実施率が5割程度以上の一級市道および要望路線について、令和元年8月・11月に24路線で路線長約29kmを対象として行った。路面下の空洞化を示す新規の異常箇所は5箇所（平均面積0.73m<sup>2</sup>）であり、震災直後に発生していた連続的で面積の大きな異常箇所（平均面積6.13m<sup>2</sup>）の発生は無かった。

#### ①補修箇所の状況

対象区間のモニタリング調査の結果、路線内の応急復旧対応済み94箇所について詳細に比較解析したところ、空洞が再発生した箇所は無かった。また、当該箇所では路面の再沈下も発生していなかった。

#### ②新規発生箇所の状況

空洞化を示す異常箇所は3地点5箇所が発生しており、区間延長当たりの発生率は0.17箇所/km（地震後調査：3.29箇所/km）であった。いずれも当時の応急復旧対象箇所ではなく、埋設物近傍に位置しており、地形区分は低地（図-2）で、震災直後の調査による空洞発生密度が比較的少ないエリアに発生していた（図-3）。空洞化に至らない程度の潜在箇所が存在していた可能性や埋設物の損傷に伴い新規に空洞化が生じた可能性等が考えられる。

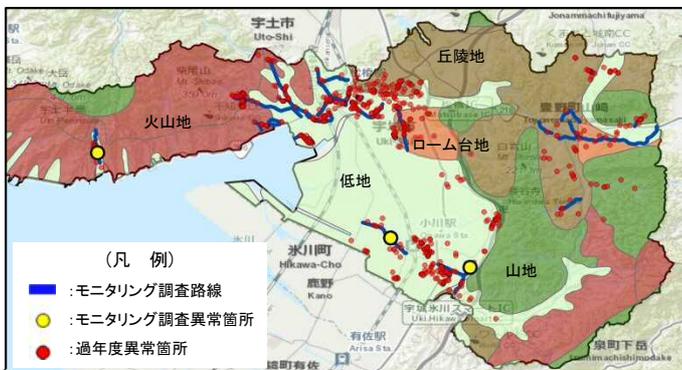


図-2 地形区分と異常箇所位置図

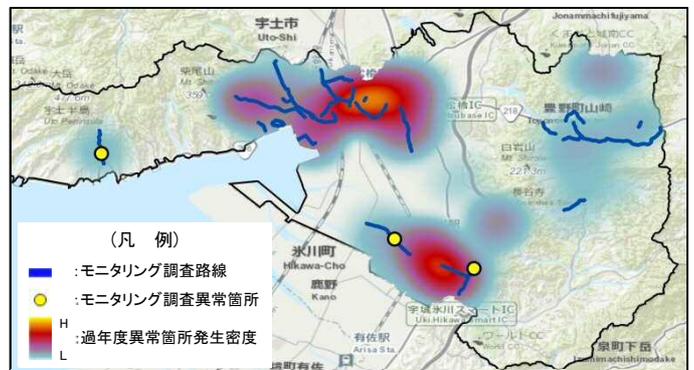


図-3 異常箇所位置図(過年度ヒートマップ)

### 4. まとめ

今回、地震直後に実施した路面下空洞調査の有効性を確認するためにモニタリング調査を実施したことで、応急復旧後の経過は良好であることがわかった。応急復旧した区間の先等で、路面の変状が発生し対応はしているが、通行に支障をきたすような路面陥没や沈下は発生していないことから、空洞周辺部のゆるみ箇所を含めた補修の重要性を確認することができた。一方、地震により路面異常が多く発生し、被害が甚大化するケースがある。新潟県中越地震では、半年後に発生した路面陥没が小千谷市で5,000箇所以上との報道<sup>2)</sup>や、北海道胆振東部地震では、地下鉄上部の道路で約4kmにわたる陥没が発生している<sup>4)</sup>。「震度5強以上で空洞発生が急増する」という知見<sup>3)</sup>もあるため、震度5強以上の本震に注意が必要となるが、震度5弱以上の地震回数は極端に少なくなる傾向にある（図-4）。このことから、大半の空洞が発生するほどの震度が大きい地震の後、速やかに路面下空洞調査を実施することは、時期的にみても効果的である。したがって、本震後速やかに路面下空洞調査を実施し、調査の結果を活用した“宇城市対応”は、今後の震災により被災した自治体の負担を軽減するために活用できる知見が得られ、震災後の陥没を予防することに成功した強靱な地域づくりに資する事例であるといえる。

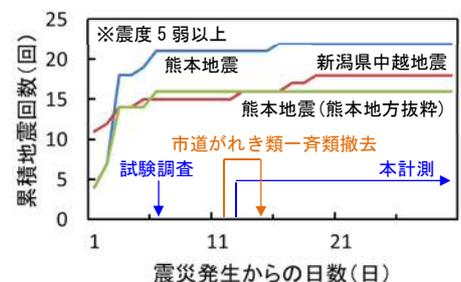


図-4 30日以内の累積地震回数

#### 参考文献

- 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
- NHK ニュース(2005)：長岡市・小千谷市の地震後の道路陥没
- 吉川ら(2006)：地震災害後の路面下空洞調査結果の舗装維持管理への活用、第10回北陸道路舗装会議
- 公益社団法人地盤工学会(2019)：平成30年北海道胆振東部地震による地盤災害調査団最終報告