

火防用水路に起因する空洞の調査事例

基礎地盤コンサルタンツ株式会社 ○久原 大輝, 向久保 晶

1. はじめに

近年、路面下空洞による被害は多発している。埼玉県八潮市で発生した大規模な道路陥没は、土被り約10mの地下にシールド工法で建設された口径4.75mのコンクリート造の下水道管の継手部の僅かな隙間から生じたものと考えられている（天端部の破損ではなく）。地下インフラの老朽化にともなう陥没被害は、今後もさらに増え続けることが懸念される。

本発表では、最大10m下の火防用水路上に形成した空洞の調査事例、地表下深度から算出した管理基準値の設定、モニタリング体制構築までの流れを紹介する。

2. 空洞調査に至った契機

路線右側の土被りの比較的薄いエリアに路面陥没が見された。空洞は道路線形方向に約10mの長さで、路面レベルから2~3mの間に形成しており、火防用水路（昭和10年施工、現在は使用されていない）の破損等が、空洞形成の要因であると疑われた。

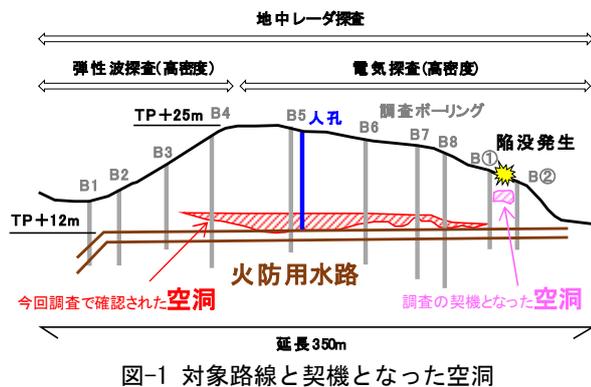


図-1 対象路線と契機となった空洞

地中レーダ探査、弾性波探査、電気探査、調査ボーリング、孔内カメラ観察を実施した。

(1) 地中レーダ探査

直近の陥没被害を回避するため、路面下1~2m程度に空洞があるか否かを確認するため、対象路線全区間で地中レーダ探査を行った。

(2) 弾性波探査、電気探査

空洞域に相当する弾性波探査における低速度域、電気探査における高比抵抗域（水で充填される場合は低比抵抗域）を把握することができた。

(3) 調査ボーリング

火防用水路上に形成した空洞域を直接把握することができる。最上位の地山細粒砂は平均N値15、再堆積砂は自沈~N値2、下位の地山細粒砂は平均N値29となり、各層で明瞭な差がみられる。



図-2 ボーリングコア状況【B7】

(4) 孔内カメラ観察

ボーリング孔を用いて空洞域の視認のために孔内カメラ観察を行った。空洞および空洞下に再堆積したブロック状の砂だまりが確認された。

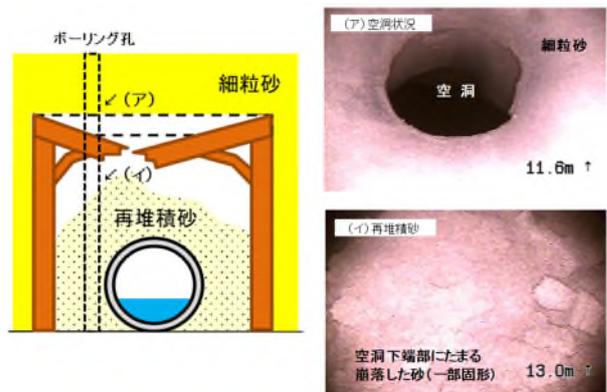


図-3 空洞と再堆積砂

3. 空洞形成のメカニズム

各種調査結果から、空洞形成のメカニズムを検討した。

- Step.1 火防用水路の状の隧道支保（木製）は、地山の締め具合により、設置有無が選別された可能性があり、支保工がないエリアが存在する。
- Step.2 大雨や融雪時の表流水の浸透により、空洞域直上の地山に緩みが生じる。
- Step.3 緩み域よりも下部で、かつ、支保工が存在しない区間では、その区間に不安定化が生じる。
- Step.4 落盤により火防用水路が崩壊する。崩落後の地山の分離面は、健全な地山よりも軟質となる。

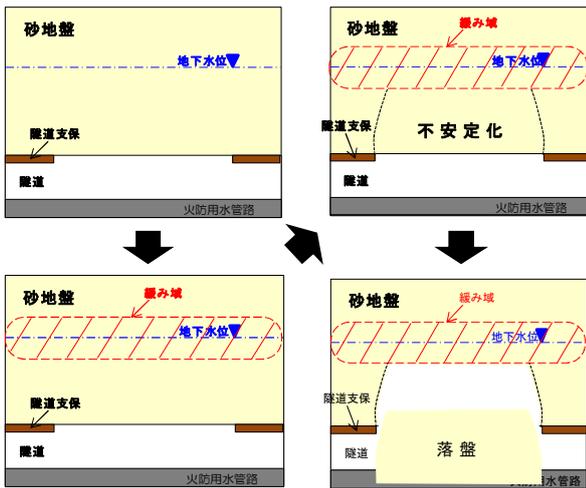


図-4 空洞形成のメカニズム

4. 管理基準値の設定

(1) 地表下深度と空洞幅との関係

坂本¹⁾は陥没の危険性がある箇所を、条件1)土被り厚が薄い、条件2)空洞上部粘土層厚が薄い、条件3)空洞上部地山の強度が低い、条件4)空洞幅が広い、にまとめている。さらに陥没危険度については、一般には空洞の形状や地山強度などが正確に把握できないことから、特に地表下深度で判断することが多いとされ、空洞幅の3倍程度の土被り厚がない場合が、対策を施す必要があるとされている。

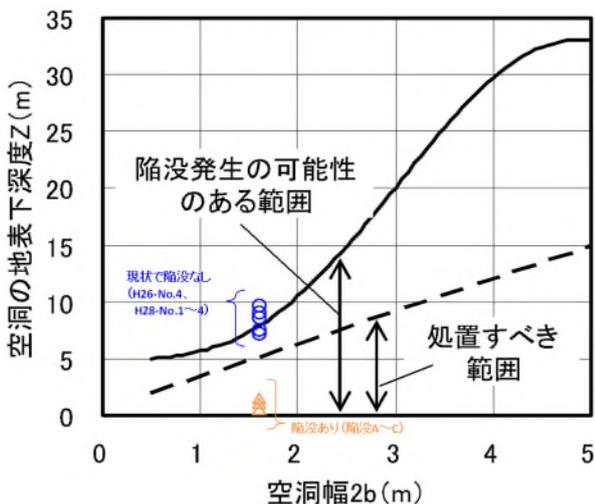


図-5 地表下深度と空洞幅との関係¹⁾

(2) 砂質地盤の許容応力度

川本²⁾は垂炭廃坑のような空洞地盤において、浅所陥没が発生する空洞の限界深度を土質力学の分野で適用されていた計算法を組み合わせ求めている。

今回の調査ボーリングで確認された地表下深さより算出した鉛直応力は55.8~76.2kN/m²となり、砂質地盤の長期許容応力度50 kN/m²を満足する(図-6)。長期許容応力度50 kN/m²のときの許容深度は6.78mとなる。

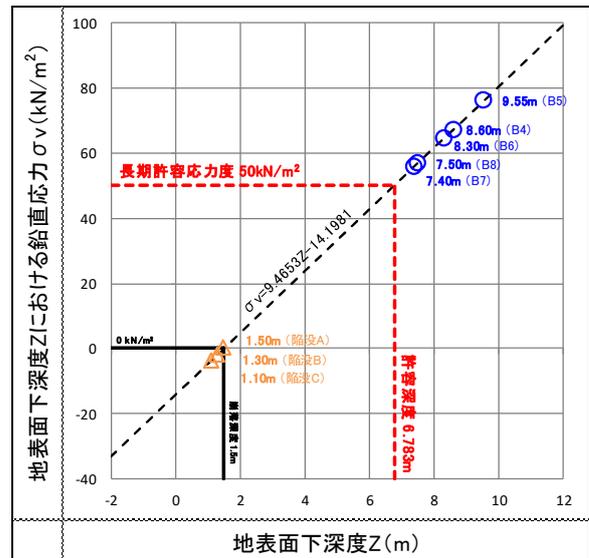
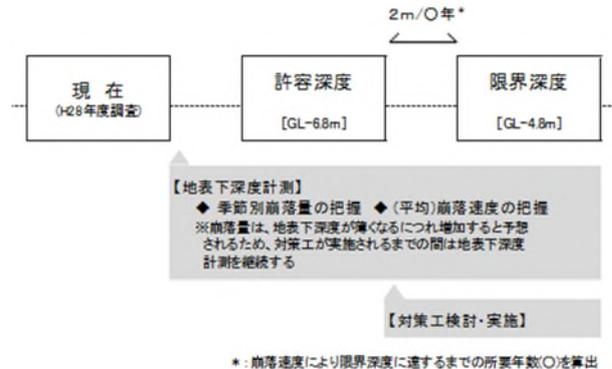


図-6 調査地点における鉛直応力度

(3) 管理基準値

統計データによる対策を施す必要があるとされる地表下深度はGL-4.8m(空洞幅の3倍)となり、陥没の恐れがあることから、この深度を限界深度と位置付ける。

陥没状態を仮定した場合の鉛直応力と許容応力度の関係から、長期で生じる力に対する許容応力度50kN/m²を保持する深度は、GL-6.8mとなる。この深度を許容深度と位置付ける。



5. モニタリング体制の構築

現在、地表下地山部の厚さ計測を継続的に実施している。融雪期(4月)、多雨期(8月)、降雪前(11月)の年3回を基本とし、豪雨や大きめの地震が生じた場合は、別途追加計測を行っている。今のところ、地表下深度に大きな変化はなく、削剥速度が急激に上昇するなどの異常は認められていない。

《引用・参考文献》

- 坂本昭夫(2006):早稲田大学大学院理工学研究科博士論文, pp. 12
- 川本眺万(2003):日本充填協会, 浅い地下空洞による地盤沈下および浅所陥没について-垂炭採掘空洞の充填工事に関連して-