

地下空洞調査におけるS波弾性波探査の有用性

東邦地水（株） 磯村 隆文

1. はじめに

(1) 地下空洞とは

地下空洞には、戦時中における防空壕掘削や、亜炭・磨き砂等の地下資源掘削による人工的なものがある(写真-1参照)。このうち、名古屋市近郊では明治時代から、家庭用あるいは工業用燃料として亜炭掘削が行われた記録が多く残されている。



写真-1 地下空洞の例¹⁾

採掘箇所では、地下空洞が残ったままの状態であることが多く、地下空洞上における構造物建設および既設構造物の維持管理では空洞壁や天井の崩落によって、地表に変状や陥没を生じたり、空洞の周辺地盤が緩んで支持力不足となったりするなどの問題が発生するリスクがある。

そのため、地下空洞の有無や規模を詳細に把握することは、事業を進める上で非常に重要である。地下空洞に伴う地表付近陥没の概念図を図-1に示す。

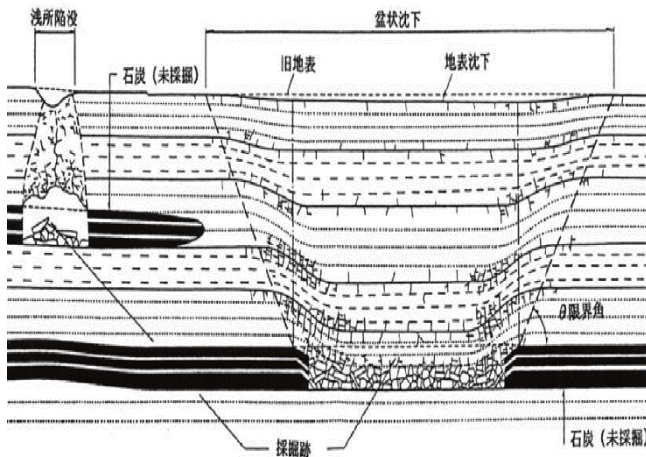


図-1 地下空洞に伴う地表付近陥没の概念図²⁾

(2) 地下空洞調査方法の概説

地下空洞調査は、まず机上調査で空洞の存在について情報を取得し、現地調査等によって地盤状況・特性を把握して、調査計画を策定する。その後、調査計画に基づいて、土質・空洞調査を行い得られた結果から充填工法などの対策工やモニタリングの仕様書が作成される。地下空洞調査手法例を図-2に示す。

土質・空洞調査には様々な調査方法があるが、各調査法とも適用限界がある。単独では地下空洞の把握が難しく一般に複数の調査方法を組み合わせて実施し、結果を対比した総合的な判断から地下空洞を把握する手法がとられている。

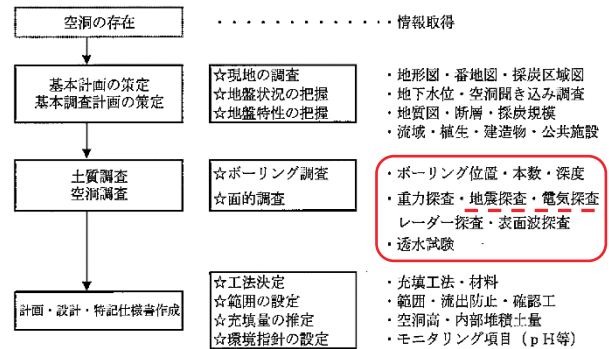


図-2 地下空洞調査手順例²⁾

(3) 今回の事例について

名古屋市東部丘陵地の宅地開発に当り、地下空洞充填工事に伴い、充填工法の仕様を決定するために調査地の地下空洞を把握する必要があった。調査地の地形は切土造成による平坦地で、既往調査によれば地質は地表から鮮新統の粘性土、亜炭、砂質土が分布する。地下水位は標高 53.50m 付近に分布する。調査地には、断層分布や地質構造の変化が無いと判断される。

また、近隣造成時の情報から地下空洞は幅 2m 弱、高さ 2m 弱で、標高 48.50~50.50m 付近に存在する。このような状況から、地下水の影響が少なく平野等比較的弾性波速度が遅い場所でも速度変化を捉えやすいS波弾性波探査による空洞調査を計画し、結果検証のためにボーリング調査を行った事例である。

2. 地下空洞調査におけるS波弾性波探査

(1) 探査諸元や状況

調査対象地は35m×77mの広さである。空洞分布を詳細に捉えるために測線間隔は5m、解像度を確保するために受振点間隔は2mとした。S波弾性波探査の測線配置図を図-3に、諸元を表-1に示す。

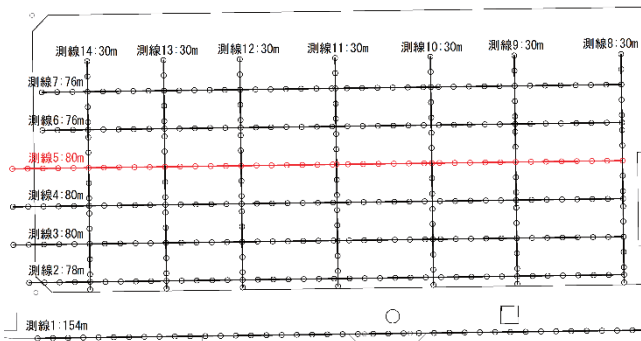


図-3 S波弾性波探査の測線配置図

表-1 本調査のS波弾性波探査の諸元

測線数	14 測線
測線長	30~154m
測線間隔	5m
受振点間隔	2m
発振方法	板叩き法

(2) 探査結果

図-3中に赤線で示した測線5におけるS波弾性波探査の結果を図-4に示す。調査地の地盤は標高54~55m以深に分布する $V_s=320\sim350\text{m/s}$ の「新鮮な地盤」、標高54~57m間に分布する $V_s=200\sim220\text{m/s}$ の「弱風化地盤」、標高57m以浅に分布する $V_s=120\sim150\text{m/s}$ の「強風化地盤」の3つに区分できた。そして「新鮮な地盤」中に、 $V_s=200\sim220\text{m/s}$ の低速度部「はざとり法における段差(時間の遅れ)」を検出した。

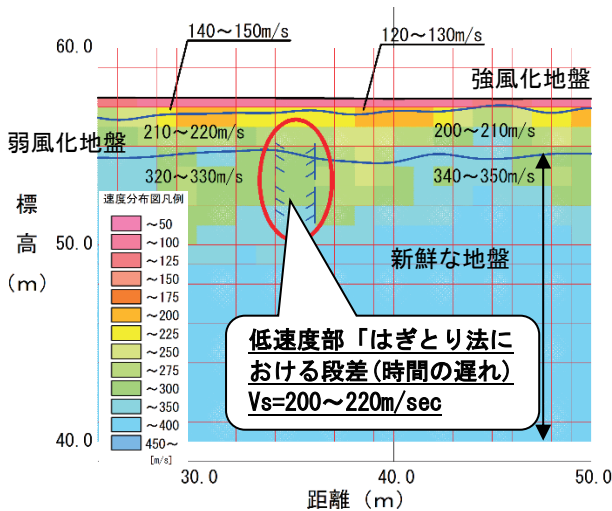


図-4 S波速度断面図

(3) 結果の評価

調査地には、断層分布や地質構造の変化が無いこと、低速度部の分布深度や幅が想定していた空洞状況と似通っていることから、今回検出した15箇所の低速度部は地下空洞、あるいは空洞周辺地盤の緩みを捉えたものと判断した。

(4) 検証

S波弾性波探査で検出した低速度部が地下空洞を捉えたものであるかどうかの検証と、地下空洞の規模や状況の把握のため、15箇所の低速度部の内、既設住宅に近接する箇所を除く12箇所でボーリング調査を実施した。

(5) 検証結果

12箇所のボーリング調査の結果、6箇所で明瞭な地下空洞を確認した。空洞の高さは0.80~1.30m程度であり、想定していた2mより小さかった。ボーリング柱状図とS波速度断面図との対比図を図-5に示す。

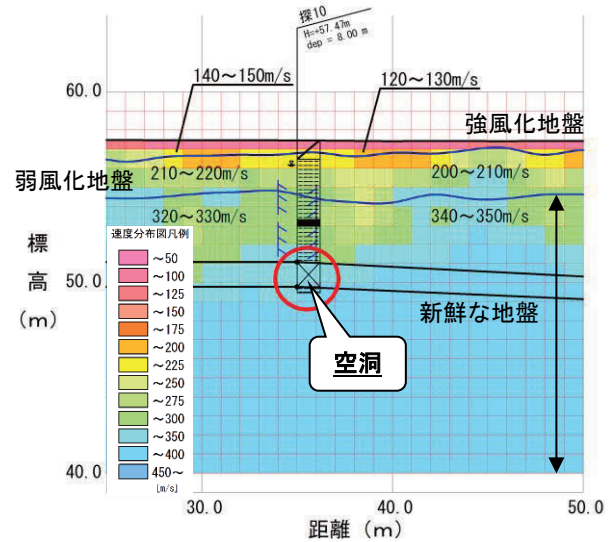


図-5 S波速度断面図と柱状図の対比図

3. S波弾性波探査の有用性検討

低速度部が地下空洞であるかどうかの検証のため行ったボーリング調査で、明確な地下空洞を確認したのは12箇所中の6箇所で確率は5割であった。残り6箇所については、以下のように評価した。

- ・ボーリング位置が空洞からわずかに外れており周辺の緩んだ地盤を掘削した。
- ・既に空洞が崩落して閉塞したものの、緩み域が上部に広がっている地盤を掘削した。

以上のことから、S波弾性波探査は平野部における比較的浅い深度に分布する地下空洞調査として有用であった。ただし、低速度部の全てが地下空洞とならなかったことから、他の調査結果を考慮して、総合的な見地からの判断が必要である。

今後は、S波弾性波探査を異なる地形・地質条件で実施して多くのデータを収集し、適用限界を把握するとともに、他の調査方法との組み合わせを検討し、地下空洞調査の効率化および精度向上を図っていく所存である。

《引用・参考文献》

- 1) 日本充填協会：改訂版空洞充填施工マニュアル 写真-3, 2004. 11.
- 2) 一般社団法人 充填技術協会：空洞充填調査マニュアル, p. I-7, p. I-17, 2016. 5.