# [039]

# 地中レーダー探査と表面波探査を併用した空洞および陥没調査

(㈱日さく) 〇堺田 佳人,石川 恵司,小野 篤,鮑 沁

## 1. はじめに

地中レーダー探査は、空洞や埋設物、地盤構造等を電 磁波の反射波画像で可視化できる手法<sup>1)</sup>である。一方、表 面波探査はS波速度構造から地盤の構造や強度を把握で きる手法<sup>2)</sup>である。

本事例は、豪雨に伴い地盤の陥没が発生したサイト内 において、地中レーダー探査により空洞の有無を、2次元 表面波探査により地中レーダー探査で捉えられない地盤 構造と緩みの有無を把握し、両者を統合した解釈により 地盤状況や変状の原因について検討したものである。

## 2. 地盤条件と変状発生状況

#### (1) 調査地周辺の地盤条件

調査地は河川左岸側の氾濫原上に位置する。背後には 段丘があり、河川により両岸が深く浸食された崖には更 新世前期の基盤層が露出している。調査地の表層以深に は礫質土層が分布すると推定される。上記地盤条件から、 調査地周辺には河川の伏流水や段丘からの地下水流動の 影響が懸念される。

### (2) 変状発生状況

調査地周辺は、2017年7月の梅雨前線豪雨と2019年10月 の台風19号により地表面が冠水し、これらの豪雨の後に 陥没の発生が確認された(写真-1)。

陥没箇所は大部分が既設構造物の近傍に分布する。ま た地表面は砂利敷きで、水路や暗渠等は設置されておら ず、降雨時には構造物や上方からの雨滴が滴下し、地盤 に浸透しやすい状態である。なお、これら陥没箇所は砂 利による埋戻しが行われている。





## 3. 課題と調査方針

サイト内で発生した陥没はいずれも小規模であるが、 既設構造物の各所に点在しており、広い範囲を隈なく効 率的に把握する必要があった。また、ボーリングやサウ ンディングといった直接的な確認手法は、既設構造物に 影響を与える可能性があり採用できなかった。

上記課題を踏まえ、地盤条件を面的かつ効率的に把握 する方法として非破壊手法の地中レーダー探査と2次元 表面波探査を併用し、間接的ながら、サイト内を効率的 かつ多面的に検討することで、調査精度の向上を図った (図-1)。



探査測線は図-2のように、長辺最大125m×短辺最大65m の格子状に配置した。その他、陥没発生箇所付近は測線 を密に配置する等、現地状況に合わせて配置した。調査 作業は2017年12月(2017年豪雨後)と、2020年11月(2019年 台風19号後)に実施したが、陥没箇所はいずれも埋め戻し された状態であった。

なお、既設構造物の位置や形状等の情報について本報 告では記載しない。



#### 4. 調査結果

本報告では陥没が多く発生した X102断面(図-2中の黒 太矢印の位置)を代表的な結果として示す。

X102測線周辺には、陥没3、11、12、13が分布する。

#### (1) 地中レーダー探査結果

図-3の地中レーダー探査結果によると、いずれの陥没 箇所も埋め戻されたためか、地中レーダー画像に空洞反 応などの変化は見られなかった。しかし、深度約2m以浅 で散乱波が卓越する箇所は、不飽和帯において空隙が増 加して不均質化している可能性がある。



図-3 地中レーダー探査結果(X102測線)

#### (2) 表面波探查結果

図-4には、表面波探査によるS波速度断面図を示す。 加えて、2時期(2017年および2020年)の間のS波速度の 変化率も断面図として示した。なお、地下水面は、隣接 する水路の水位から推定したものである。

陥没集中箇所では、陥没地直下から深部へ連続的に速 度が低下する部分が見られ、雨食によるパイピングなど、 緩みの進行を反映した可能性がある。

また、表層部以深のS波速度変化率は、地下水面を境 に上位でマイナス側に大きく、下位で低い。これは、豪 雨時での河川水位や地下水面の変動に起因した地盤強度 の変化を反映した可能性がある。

### (3) 統合解釈

2時期の S 波速度構造と地中レーダー画像に、それぞ れ大きな変化はないことから、地盤条件がともによく再 現されていると考えられる。

上記の探査原理の異なる2つの結果を統合的に解釈す ると、深度約2mまでの浅層部では散乱波が卓越し、かつ S波速度変化率がマイナス側に大きい。これは構造物基 礎に沿って雨滴の浸透によるパイピングが発生し空隙増 加している可能性が考えられる。

一方、地下水位以浅の不飽和帯においてもS波速度低 下がみられ、地下水面までの空隙増加や緩みは、基礎直 下の地下水流動部に沿う水位変動による吸出しに伴う細 粒分の移動が考えられる。



#### 5. まとめ

本報告では、複数の物理探査手法を組み合わせること により、地盤状況を間接的ながら広範囲に把握し、陥没 の素因となる箇所を把握することができた。

各種の土構造物への応用や、物理探査と調査ボーリン グやサウンディング等との組み合わせにより、調査コス トの縮減や精度の向上に寄与できるものと考える。

#### 《引用·参考文献》

1) 地盤工学会編: 地盤調査の方法と解説, p.127, 2013.3.

2) 地盤工学会編: 地盤調査の方法と解説, p.146, 2013.3.