

3D 地中レーダー探査による埋設物調査および検証

株式会社ウエスコ

○佐藤葉月、伊達裕樹、三谷康博、菊地涼

1. はじめに

本論文では、試掘調査を実施し、実際に確認された埋設物の種類および埋設深度を把握したうえで、事前に行った地中レーダー探査によって得られた異常信号との比較検討を行った。その結果、本調査地点では、地中レーダー探査により検出できた埋設物と検出できなかった埋設物が存在したため、それぞれの検出の可否に関する要因についての考察を報告する。

2. 調査概要

(1) 調査目的

本調査は、既設盛土に混入する地中障害物の撤去計画立案にあたり、地盤改良の支障となる埋設物の抽出を目的とし地中レーダー探査を行ったものである。

既往資料では、GL-3~4 m に厚さ55~90 cm のコンクリートが確認されている（写真1）。

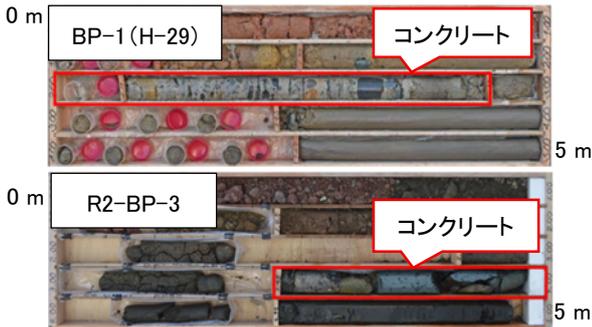


写真1 ボーリングコア写真

(2) 使用機器および探査範囲

本調査では、探査可能深度5m の IDS GeoRadar 製 StreamDP を使用し地中レーダー探査を実施した（図-1）。探査範囲は図-2の通りであり、範囲内で X 方向に18測線、Y 方向に87測線を測定し、計2 km の計測を実施した。

項目	仕様
中心周波数	600MHz
重量	42kg
システムサイズ	116cm × 82cm
スキャン幅	83cm
チャンネル数	水平 (HH) 11ch 垂直 (VV) 19ch
消費電力	取得時: 19W, スタンバイ時: 15W
最大捕獲速度	時速14km
ポジショニング	エンコーダとPPSを内蔵 外部GNSSとTPSを外付け可能
データ収録	パナソニックFZ-G2

図-1 本調査で使用した地中レーダー探査機器の様

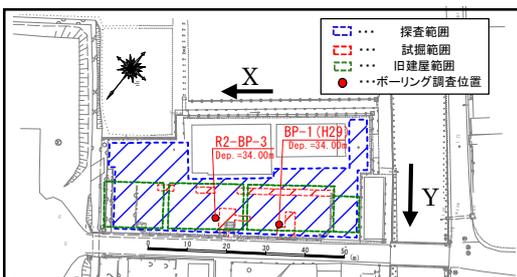


図-2 地下埋設物調査位置平面図

3. 調査結果

(1) 試掘調査結果

本調査で実施した試掘調査で確認された埋設物を図-3に示す。図-3の上段には試掘に加えて地中レーダー探査においても検出された埋設物を、下段には地中レーダー探査では検出されなかった埋設物を記載している。

試掘では埋設管が4箇所、高密度ポリエチレン管が1箇所、コンクリートガラが1箇所、L型擁壁が1箇所、地盤改良体が2箇所、フーチングが1箇所確認された。

地中レーダー探査で検出できたもの		
埋設管(塩ビ管)	地盤改良体	フーチング
地中レーダー探査で検出できなかったもの		
埋設管(塩ビ管)	L型擁壁	コンクリートガラ

図-3 試掘結果のまとめ

(2) 地中レーダー探査結果

地中レーダー探査で得られた反射画像に見られる異常信号の典型的なパターンを以下に示す（図-4）。

埋設管	埋設物	地層境界
鉄筋	地盤改良体	マンホール

図-4 異常信号の典型的なパターン¹⁾

本調査の地中レーダー探査で確認できた異常信号を図-5に、異常信号が確認できた位置を図-6に示す。

本調査地点では、塩ビ管（1箇所）、高密度ポリエチレン管（1箇所）、地盤改良体（2箇所）、フーチング（1箇所）に対応する異常信号が抽出された。

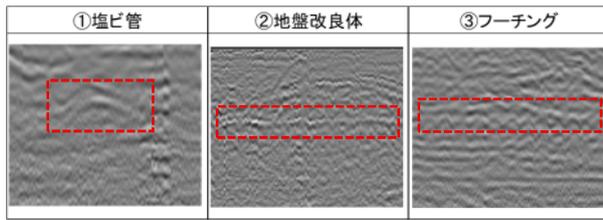


図-5 地中レーダー探査結果(埋設物有の箇所)

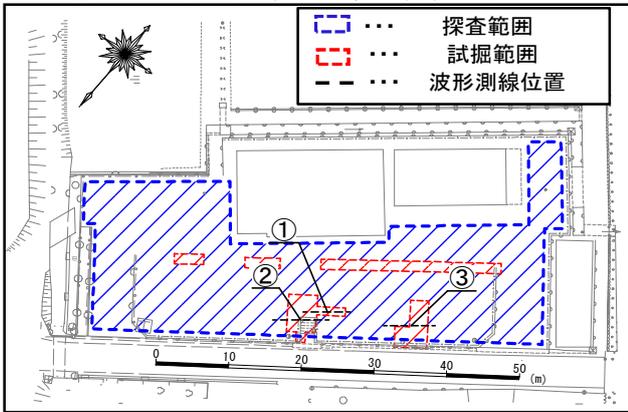


図-6 異常信号が確認された波形測線の位置

(3) 検証結果

本調査における地中レーダー探査による確認状況を、「明瞭」「不明瞭」「検出なし」の3つの区分に整理した(表-1)。

表-1 検証結果のまとめ

埋設物の種類	埋設深度 (GL-m)	地中レーダー探査による確認状況
塩ビ管	φ 20mm	検出なし
	φ 50mm	検出なし
	φ 80mm	検出なし
	φ 50mm	不明瞭
高密度ポリエチレン管	1.77	不明瞭
地盤改良体	1.30	明瞭
	1.30	明瞭
木片	1.77	検出なし
フーチング	1.77	明瞭
L型擁壁	1.30	検出なし
コンクリートガラ	2.57	検出なし

(i) 明瞭に検出された埋設物

本調査においては、地盤改良体、フーチングの2種について、地中レーダー探査により明瞭な異常信号として検出することができた(図-5の②と③)。

地盤改良体は、周囲の自然地盤と比較して物理的性状(硬さや密度等)が著しく異なるため、地層境界に類似した水平方向に伸びる明瞭な異常信号として捉えた。

フーチングは、フーチング内部の鉄筋の反射パターンが確認された。鉄筋は電磁波を強く反射するため、高い反射強度を示し、他の構造体と比較しても明瞭な鋸歯状の異常信号として捉えた。

(ii) 不明瞭ながら検出された埋設物

一方で、塩ビ管(φ 50 mm)や高密度ポリエチレン管については、地中レーダーにより上方に凸の異常信号が検出されたが、反射強度が弱く、管の縦断方向では、異常信号の連続性が明確ではなかった。この反射強度の低さは、両者の材質が電磁波を鉄やコンクリートのように強く反射しないこと、および埋設深度が比較的深かったこ

とに起因すると推察する。

(iii) 検出されなかった埋設物

地中レーダーにより塩ビ管3箇所、木片、コンクリートガラは異常信号として検出されなかった。

異常信号が確認できなかった塩ビ管は3本とも同一箇所に密集して埋設されており、深度はそれぞれ GL-1.77 m、GL-2.07 m、GL-2.67 mであった。このうち下の2箇所は、地下水位(GL-2.05 m)以深に位置しており、異常信号の確認が困難だった。また、最も浅いGL-1.77mの塩ビ管については、検出することのできた塩ビ管と比べて管径が小さい(φ 20 mm) ことにより反射波が弱く、検出が困難であった。

木片は地盤改良体の下部で確認された。木片は乾燥しており、水分量が少ないことに加え、地盤改良体に比べて反射強度が低いため、上部の改良体による強い反射波に遮蔽され、検出が困難であったと推察する。

コンクリートガラについても、同様に地盤改良体の下部に位置していた。埋設深度が地下水位以深であったことから検出が困難であった。

L型擁壁は道路側の際から発見された。今回の地中レーダー探査では、車止めなどの障害物があったため、道路から約1mの範囲で探査を実施できなかった。

4. まとめ

地中レーダー探査は、地中に埋設された構造物や障害物の検知および可視化を目的とする調査手法である。しかしながら、埋設物の素材、埋設深度および調査地の地下水位などの影響によって、必ずしもすべての埋設物を確実に検出できるわけではない。

本調査では、地中レーダー探査により地盤改良体やフーチングといった反射強度の高い埋設物は明瞭に検出できることが分かった。また、φ 50 mmの塩ビ管や高密度ポリエチレン管は不明瞭ながら検出できることが分かった。一方で、細径の塩ビ管や地下水位以深のコンクリートガラは、異常信号の検出が困難であった。

今後の展望として、本調査および類似調査で検出された埋設物の反射パターンを AI に学習させることで、地中レーダー探査における埋設物の判別精度向上が期待される。これにより、従来の目視や経験に依存した解析では見落とされがちな微弱な異常信号や不明瞭な異常信号も AI が補足的に検出できるようになり、高精度な埋設物の抽出が可能になると考えられる。

謝辞：この講演に際し、フィールドを提供していただいた鳥取県の関係各位に感謝する次第である。

《参考文献》

1) 物理探査ハンドブック 手法編 (1998) : 公益社団法人物理探査学会、p. 419