

応用地質(株) 三次元探査検定センターの紹介

櫻井 健

SAKURAI Ken

応用地質(株)
技術本部研究開発センター
グループリーダー



1. 三次元探査検定センターの目的について

物理探査は非破壊で地下の構造を可視化することが可能な技術です。地下構造は本来三次元構造であるため、三次元で測定しそのデータを三次元で解析・解釈することが重要です。しかし、測定や解析技術に課題があり、これまでの物理探査は二次元での探査が主流でした。しかし、近年のソフトウェア・ハードウェアや測位技術の進歩により、三次元探査が可能となってきました。例えば地下の空洞や埋設物などを把握することができる地中レーダ探査では、従来は巻き尺などを使って測定を設定し、その上を地中レーダのアンテナを牽引することでデータを取得していました。測定データの座標管理は、始点・終点の位置と、アンテナに取り付けたエンコーダ（距離計）を用いて行っていたわけです。この測定方法では、三次元的に大量の測線を設定することは時間をかければ可能ですが、現実的には不可能なことでした。最近GNSSと連動した測定器を開発したことで、測定データが座標データに紐づいた形で記録されることになり、三次元の探査が現実的となってきました。

最近の技術革新により三次元の物理探査ができるようになってきたため、これからの物理探査は可能な限り三次元で実施し、三次元の成果を提出するべきと考えます。しかしながら、まだ我々の業界も三次元探査が一般的になっているかというところではありません。地下構造が単純な場合には大きな問題にはなりませんが、二次元の成果で満足している場合も多く、この状況を変えていかなくてはなりません。

我々は、業界全体の三次元探査の技術水準を向上させることを目的として、三次元探査検定センターを建設し、物理探査装置の検定サイトとして公開しました。本施設を通じて、地下埋設物の正確な位置を把握する技術が確立され、表層部の地下空間の三次元モデル化推進に貢献していきます。

2. 三次元探査検定センターの概要

弊社のつくばオフィスの敷地内に、2019年に三次元探査検定センターを建設し、6月から供用を開始しました。写真-1につくばオフィスと三次元検定センターの空撮写真を、写真-2に、三次元探査検定センター部分を拡大した写真を示します。舗装道路の幅は5m、施設の幅は257m、道路の延長距離は400m超と



写真-1 つくばオフィスと三次元探査検定センター

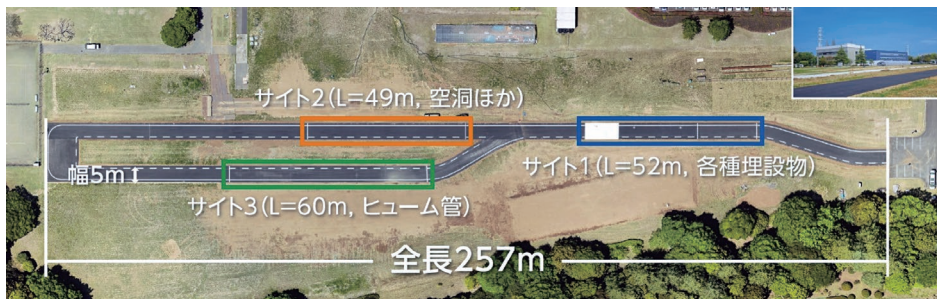


写真-2 三次元探査検定センター

なっており、車載型の地中レーダ探査も法定速度の時速60km/hで走行することが可能です。

三次元探査検定センターには、大きく分けて3つの埋設物サイトがあります。それぞれのサイトについては、以下より詳しく説明しますが、すべての埋設物の位置・深度情報を事前に計測していますので、物理探査結果で得られた埋設物の位置・深度の妥当性を比較することが可能となっています。

2-1 サイト1

サイト1は、全長52mの区間に一般的な都市地盤を想定して、様々な構造物を埋設しています。埋設物の種類は、下水管、ガス管、通信管、空洞模型、銅矢板、不発段模型等です。図-1にサイト1の平面図・断面図とともに、主な埋設物の埋設時の写真を示します。

図-2に、サイト1の通信管とガス管が埋設されている場所で、25cmと非常に細かい間隔で格子上に地中レーダ探査を実施し、その反射記録から等深度スライスを作成した例を示します。

図-2で、青い部分は反射強度が弱い部分、黄色の

部分は反射強度の強い部分を表します。道路に対して平行および直交するガス管・通信管については、地中レーダ探査でも比較的良好に抽出できていますが、道路に対して斜交するような場合には、うまく見えない場合があります。地中レーダ探査は、埋設

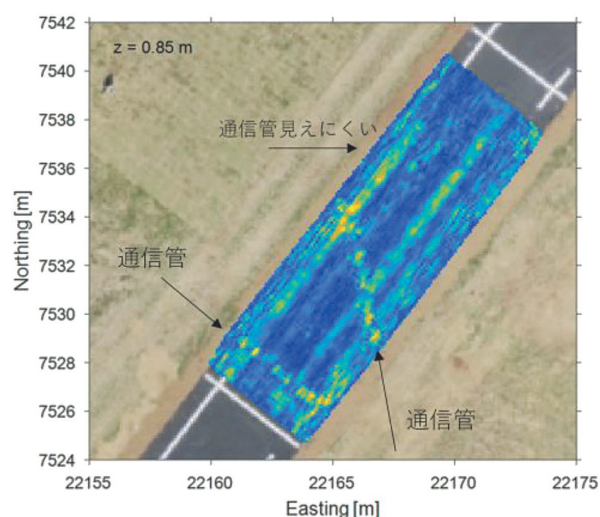


図-2 サイト1 地中レーダ深度スライス

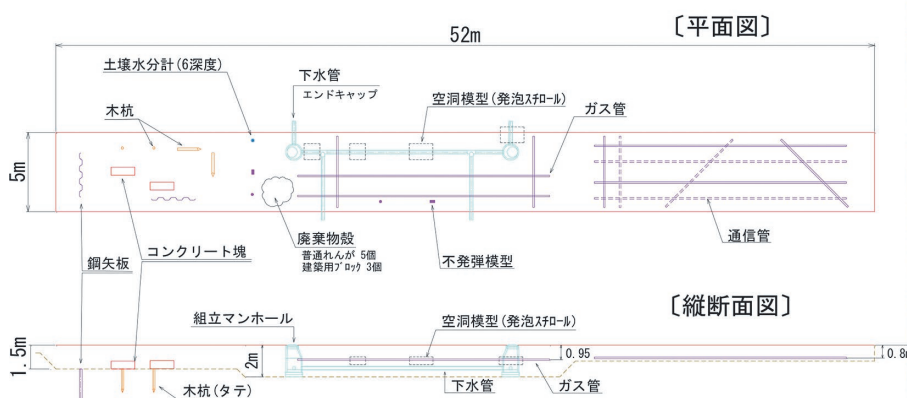


図-1 サイト1 各種埋設物



管に対して直交する方向で測定する場合に一番感度が高くなるため、対象の方向がわからない場合には、より三次元的に測定することが必要となります。

2-2 サイト2

サイト2は、全長49mの区間に空洞モデルを埋設しており、主に路面下空洞探査のキャリブレーションに利用しています。図-3に、サイト2の平面図・断面図と空洞・VP管の埋め戻し前の写真を示します。舗装直下のごく浅いところから最大深度3.5mまで合計28個の空洞モデル（発砲スチロール製）が埋設されています。深度3.5mの空洞は、現在の地中レーダ探査の技術ではとても検出が難しい対象ですが、今後の技術革新により、より明瞭に見ることができることを

期待して設計しています。

また、内径13・20・50・72mmのVP管を深さ1.25mに配管しています。このVP管には、地上より注水・排水が可能な構造となっています。地中レーダ探査では、誘電率の違いが反射強度に関係しますので、水で満たされているか、空気で満たされているか、その違いも評価することができます。

2-3 サイト3

サイト3では、全長60mの区間に、内径200mmと500mmのヒューム管を様々なパターンで配置しています。一番深いもので2.7mの深さにヒューム管を埋設しています。図-4に、サイト3の平面図・断面図とヒューム管の埋設状況を示します。

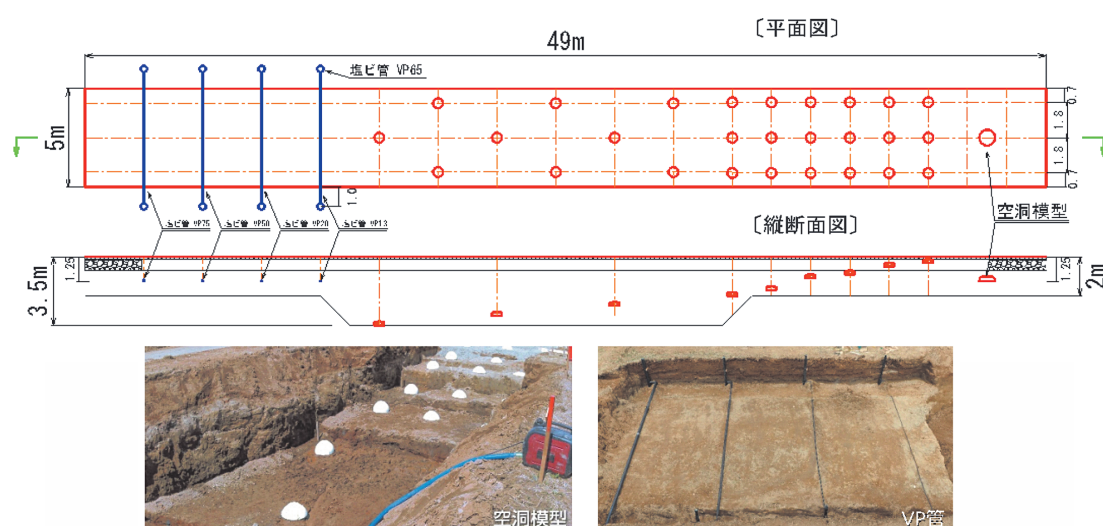


図-3 サイト2 空洞とVP管の埋設状況

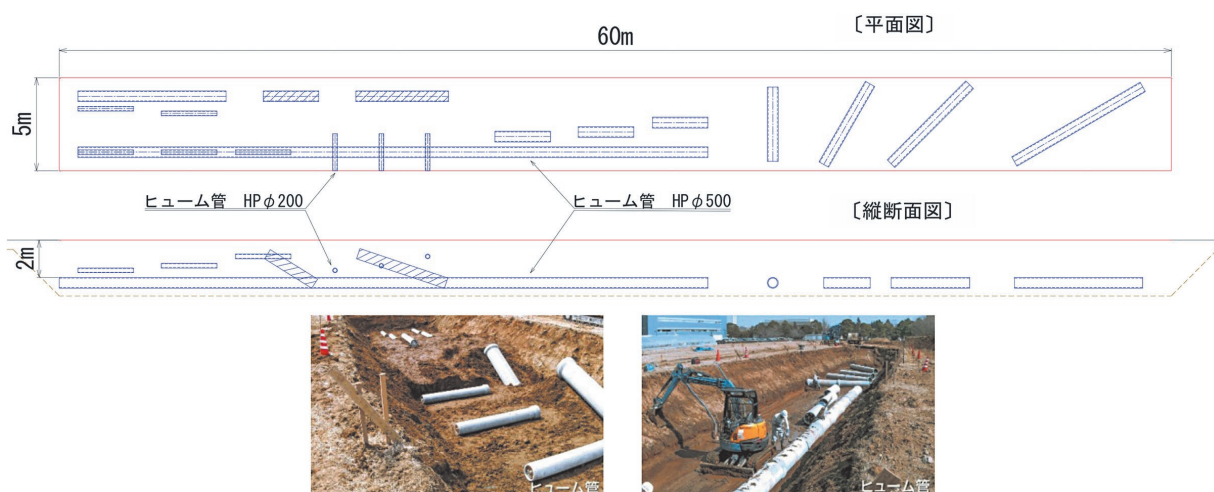


図-4 サイト3 ヒューム管

地中レーダ探査を実施すると、埋設管以外にも地中にある様々な異物からの反射記録も観測されます。ただし、埋設管の反射パターンは他の埋設物とは異なり、双曲線型の特有な反射パターンを示すため、他の異物からの反射と区別することができます。また、埋設管に直交して測定する場合、斜交して測定する場合には双曲線の形状が変化します。これらの情報を利用して、埋設管ではないと考えられる不要の反射を除去し、波形の類似性（センプランス値）を求め、ボリュームレンダリングを行うことで、埋設管の可視化を試みました。

図-5に、地中レーダ探査から推定したヒューム管の推定結果を示します。上段の水色が推定結果で、下段のピンク色の施工時の記録と良く対応していることがわかります。ヒューム管の径（200 or 500）の推定はまだ難しいですが、近い将来に地中レーダ探査の結果からBIM/CIMモデルに直接利用できるような埋設管モデルを作成できるようになるかもしれません。

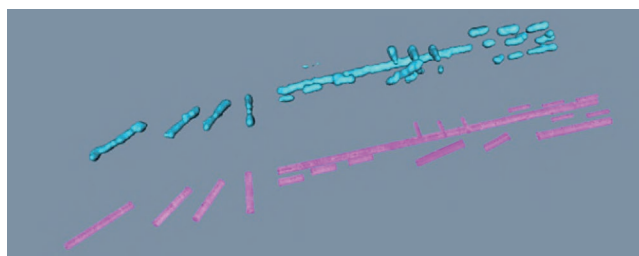


図-5 サイト3 解析例 水色：探査結果 ピンク：施工時記録

3. 施設の維持管理

埋設物の深度が変化する原因として、路面の沈下や地盤物性の季節変化による電磁波速度の変化などが考えられます。

路面の沈下については毎年レーザースキャナーを用いて、本施設の沈下量を面的に計測しています。変状分布を図-6に示しますが、サイト2、サイト3の一部で数mm程度沈下していることがわかりました。



図-6 路面変状分布（平面図）

地盤物性については、施設の一地点のみですが、温度、含水率等のモニタリング（深度0.5, 1.1m, 1.7m）を実施しています。図-7に温度と体積含水率のグラフを示します。地温については、深度1.7mでも大きな季節変化があることがわかり、これにより電磁波速度も影響を受けます。体積含水率については深度1.7mでは変化は少ないですが、浅いところでは当然降雨の影響を強く受け、これによっても電磁波速度が変化します。

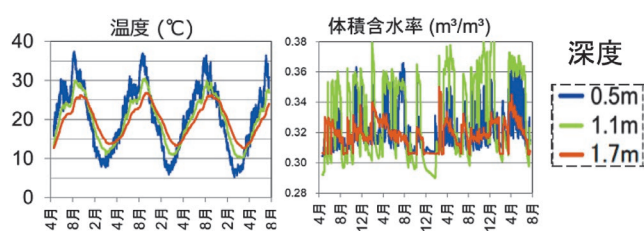


図-7 地盤のモニタリング状況

上記の2つの要素が地中レーダ探査結果に与える誤差は、数mmから数cmと考えられます。現在はこれらの情報を解析に利用してはならず、測定誤差の範囲内として扱っていますが、近い将来この数cm～mmの違いを把握するニーズが現れ、それを検出できる技術開発が進められるかもしれません。

4. 利用状況について

これまでの施設の利用状況について、図-8に整理しました。今のところ社内での技術開発のための利用が70%、社外の利用が30%となっています。社外の利用の内訳は、開発した測定器の性能評価に関する理由がほとんどを占めています。ほとんどのケースが、地中レーダ探査に関する利用ですが、弾性波探査を適用した例もあります。そのほか、公的な機関の施設見学や報道関係での利用があります。使用料は、1日2万円をいただいています。

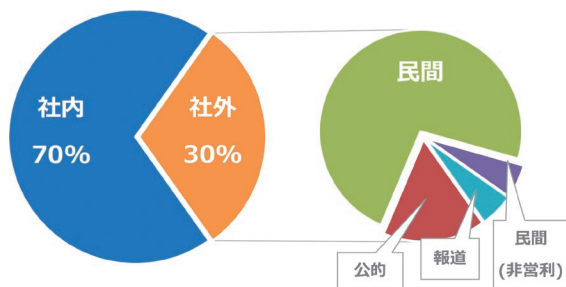


図-8 施設の利用状況

三次元探査検定センターに興味があるかた、自社技術の検定をしてみたいというかたは、ぜひ一度ご連絡ください。三次元探査検定センターに対するお問い合わせは、以下のHPまたは技術本部研究開発センターまでお願いします。

◆お問い合わせ先◆

応用地質(株)技術本部 研究開発センター

<https://www.oyo.co.jp/services/infrastructure-maintenance/three-dimensions/>

Tel. 048-663-8614



月刊推進技術

購読のご案内

年間定期購読料金 **19,800円**

(本体18,000円 消費税1,800円 送料発行所負担)

1冊1,815円 (本体1,500円 消費税150円 送料165円(税込))



わが国のライフラインなどのインフラ整備またはその再構築や新たな地下空間の築造に、掘削残土量やCO₂排出量を抑制し、なおかつ耐震性の高い推進工法のニーズが高まっています。月刊推進技術では、円滑かつ適正に推進工事を行っていただくため、必要とされる技術情報をわかりやすく解説しております。また、推進関連のニュースはどこよりも早く、かつ情報満載でお届けしており、管路敷設に限らず、地下インフラの再構築の計画・設計・施工の業務にお役立ていただける内容となっています。

申込方法

お申込は、郵便局備え付けの払込取扱票に口座番号：00130-3-576039 加入者名：株式会社エルエスプランニングとして、通信欄に購読開始月を明記し年間定期購読料金19,800円をお支払いください。

詳しくは、月刊推進技術編集室にてご案内いたしております。

<https://micro-tunneling.com/>

月刊推進技術

検索

