

## 既存杭を含む敷地における建築物の設計法構築に向けた実験および解析検討 (その22) 指向性ボアホールレーダーを用いた地中構造物探査

正会員 ○唐澤 信輔\* 同 井上 波彦\*\*  
同 喜々津 仁密\*\*\* 同 中里 彰人\*\*\*\*  
同 渡邊 徹\*\*\*\*\* 同 大塚 修平\*\*\*\*\*

既存杭                      地中レーダー探査      ボーリング孔  
ボアホールレーダー      電波                      3次元位置推定

### 1.はじめに

総プロ「建築物と地盤に係る構造規定の合理化による都市の再生と強靱化に資する技術開発」(2020-2023年度)の一環として、本稿(その22)では、既存杭を対象に指向性ボアホールレーダー探査を行い、その適用性を検討する。

### 2.探査概要

本探査は茨城県猿島郡境町大歩西原地内にて実施した。本敷地内には、計測対象となる既存杭が埋設されており、その近傍に最大深度-55.00mの調査孔を設けて探査を行った。設計資料によれば、既存杭は軸径1.60m(深度GL-49.50mまで)、拡底径4.10m(最大深度GL-51.85m)の場所打ち杭である。図1に本敷地内の土質情報および調査孔と既存杭との位置関係を示す。また、本探査では3次元指向性ボアホールレーダシステム ReflexTracker®<sup>1)</sup>を用いることで、既存杭と地盤の比誘電率との差によって発生した電波の反射波を6本の受信アンテナで観測し、その反射点を推定できる。また、応用計測サービス社製の孔曲がり測定装置を用い、調査孔内の孔曲がり度合いを把握する。

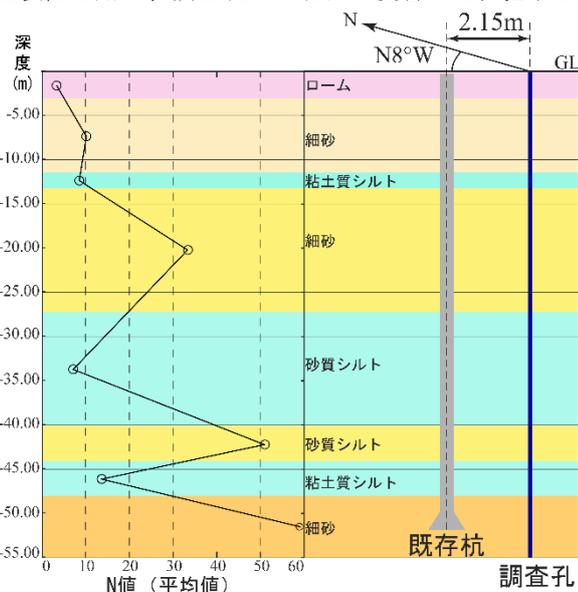


図1 計測対象の既存杭および土質情報

### 3.探査結果

本探査の手順として、まずは無指向性ボアホールレーダー探査にて、送信アンテナからの直接波を観測し、その到達時間より地盤の比誘電率を推定した。また、既存杭からの反射波が観測された深度範囲を把握した。把握した深度範囲において、指向性ボアホールレーダー探査を行い、既存杭の詳細な位置を推定した。

#### 3.1 無指向性ボアホールレーダーによる探査結果

図2に取得した波形記録を示す。時間22ナノ秒付近にある波群は送信アンテナからの直接波である。これらの到達時間から、本敷地内における地盤の比誘電率は平均28.38と推定された。時間60~92ナノ秒にかけては、GL-41.60mまでの波群が既存杭からの反射波である(図中マゼンタ色枠部)。本図に土質情報を加えたところ、細砂層内では既存杭から反射波は明瞭に観測され、シルトを含む地層内では目視による判別が困難であった。

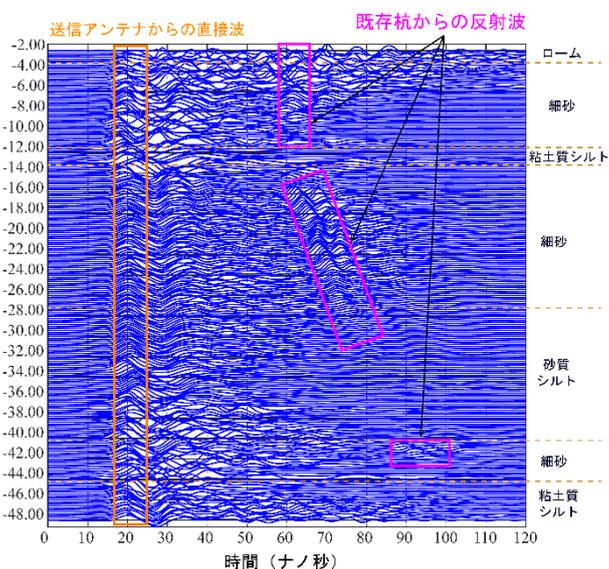


図2 無指向性ボアホールレーダーによる波形記録

#### 3.2 指向性ボアホールレーダーによる探査結果

前項の探査結果に鑑みて、指向性ボアホールレーダーによる探査は3つの深度範囲で実施した。まず、GL-25.00

～30.00mの範囲では、時間69～77ナノ秒にかけて観測された波群のピークを示す6つの到達時間を反応①（図3中緑色枠部）として解析対象とした。同様に、GL-40.00～44.00mの範囲では反応②（図4中赤色枠部）、GL-47.00～52.40mの範囲では反応③（図5中青色枠部）および反応④（図5中黒色枠部）として解析対象とした。

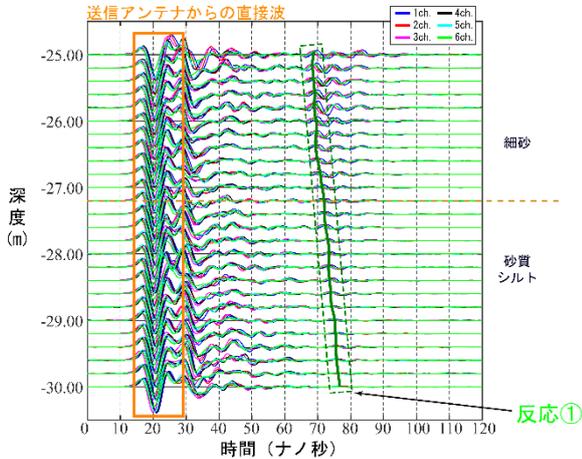


図3 深度範囲 GL-25.00～-30.00mにおける波形記録

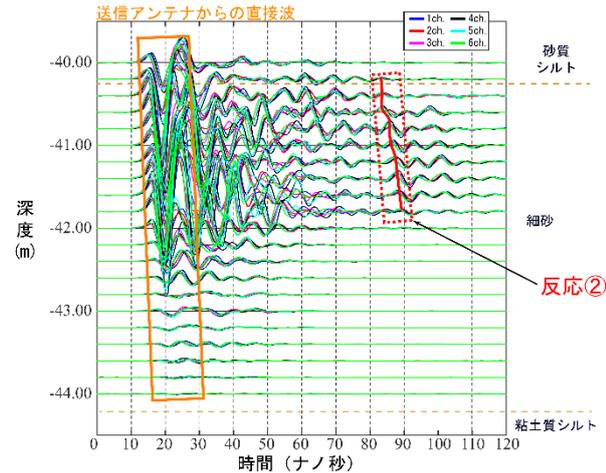


図4 深度範囲 GL-40.00～-44.00mにおける波形記録

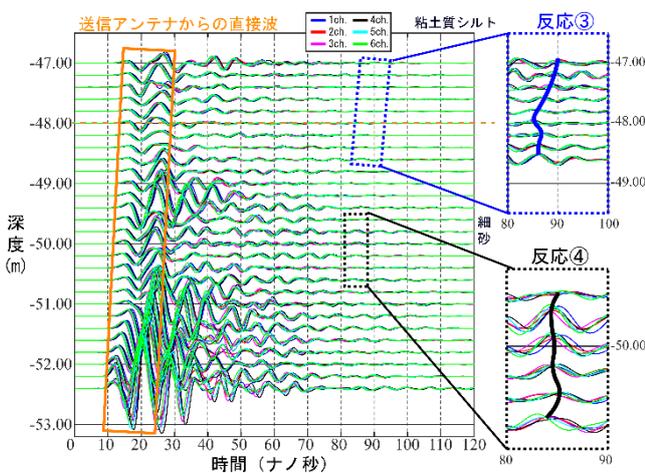


図5 深度範囲 GL-47.00～-52.40mにおける波形記録

### 3.3 既存杭の位置推定結果

先述の各反応について、反射点の3次元位置推定手法<sup>2)</sup>を用いて、既存杭の位置を推定した。なお、別途実施した孔曲がり計測結果を基に位置の補正をした。図7には既存杭の位置推定結果を示す。前項の反応①、反応②および反応③に対応する反射点は既存杭の軸部を示す円周部に集中し、GL-25.80～GL-49.30mの深度範囲において連続性を有する分布を示した。また、反応③と調査孔内での相対的な探査位置より、本敷地内の土質条件では、探査位置から半径2.77mまでの範囲が探査可能範囲と判明した。

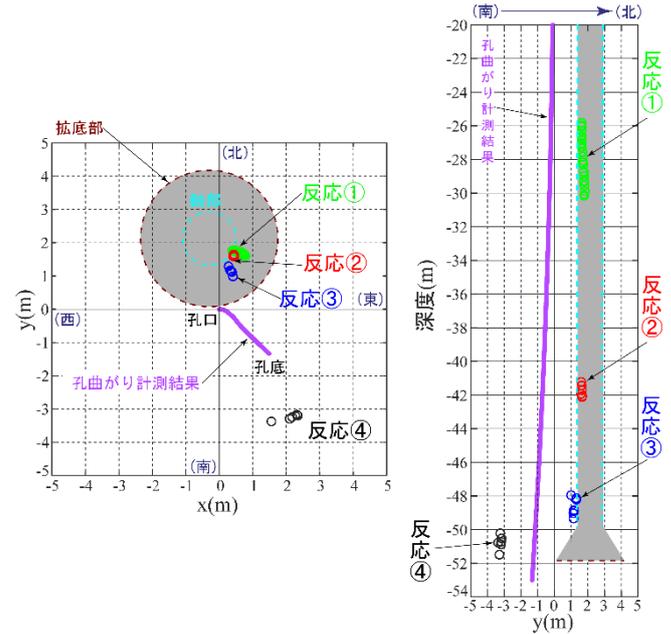


図7 既存杭の位置推定結果

### 4.まとめ

本探査の結果より、細砂層内の複数の深度範囲において既存杭からの反射波を観測し、高い精度を有する既存杭の位置推定結果が得られた。また、シルトを含む地層内では、既存杭から反射波の振幅が微小ながら、有用な位置推定結果が得られた。ただし、既存杭の拡底部に含まれる鉄筋は地盤との比誘電率の差が最も大きく、明瞭な反射波の観測を想定していたが、コンクリートの厚みや相対的な位置関係等の諸条件によっては、観測されない場合がある。

（謝辞）本検討の実施にあたり（一社）建築基礎・地盤技術高度化推進協議会（ALLF）「地盤情報の収集・活用に関する検討委員会」と連携して検討を行った。関係各位に謝意を表します。

（参考文献）1) 和田一成他：小口径3次元指向性ボアホールレーダシステム、第130回物理探査学会学術講演会, pp. 99-102., 2014

2) Ebihara *et al.*: “Estimating 3-D Position and Inclination of a Planar Interface with Directional Borehole Radar”, Near Surface Geophysics, vol. 11, pp. 185-195., 2013

\* 松永ジオサーベイ \*\*建築研究所  
 \*\*\* 国土技術政策総合研究所  
 \*\*\*\* システム計測 \*\*\*\*\* 大成建設

\*Matsunaga Geo-Survey \*\*Building Research Institute  
 \*\*\*National Institute for Land and Infrastructure Management  
 \*\*\*\*System Measure \*\*\*\*\* Taisei Corporation