

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21) 存置杭と撤去杭の直上における鉛直動の小アレイ観測

正会員 新井 洋*¹ 同 柏 尚稔*² 同 田村 修次*³
同 浅香 美治*⁴ 同 喜々津 仁密*⁵

存置杭 撤去杭 小アレイ観測

1. はじめに

前稿(その14)¹⁾では、国交省総プロ「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、4階建てRC造建物の解体撤去に伴う杭の引抜き前後に、敷地全体を対象とした微動アレイ探査を行った。本稿(その21)は、同じ敷地において、存置杭と杭撤去跡(以下、撤去杭)の直上で鉛直動の小アレイ観測を行ったものである。

2. 対象敷地および鉛直動の小アレイ観測の概要

図1に、対象敷地と解体建物の基礎伏図を示す。場所打ちRC杭15本($f700$ または $f900$)のうち、5本が存置され、10本が撤去された。存置杭2本と撤去杭4本の直上(図1のA-F)で、解体撤去・整地後1年以上経った2023年5月に、微動(鉛直動)の小アレイ観測を行った。観測では固有周期1秒の速度計を用い、小アレイの形状(センサ配置)は、図2に示すように、直線(6点×間隔25cm)および中心1点を持つ5角形(等半径1.2m)とした。直線アレイ観測では、その延長線上に成人3名を配置して、その場駆け足により高周波の鉛直動を励起させた。微動波形は増幅後、サンプリング周波数500HzでA/D変換(24bit)し、モバイルPCに記録した。記録波形が定常性を保っている区間を選び、以後の解析に用いた。

なお、杭撤去前後の2021年10月と2022年4月に、敷地内の5地点(図1)で深さ16-18mまでのPS検層が行われている。検層結果に基づく地盤のS波速度構造を図3に示す。

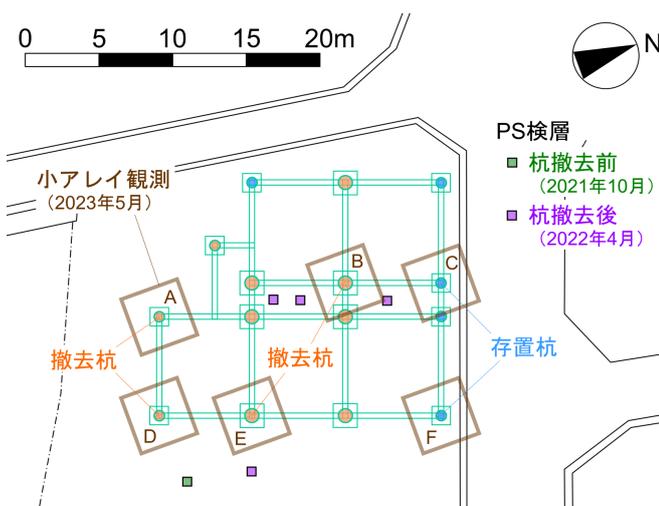


図1 対象敷地と基礎伏図および存置杭・撤去杭の直上の小アレイ観測位置ならびに杭撤去前後のPS検層位置

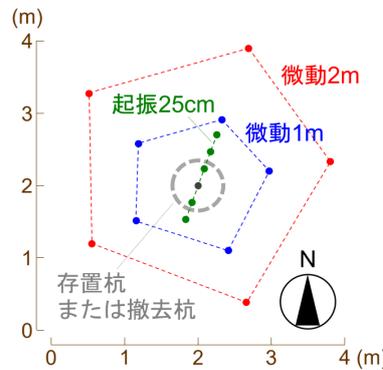


図2 小アレイ形状(センサ配置)の例

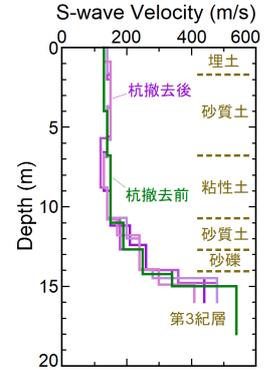


図3 地盤のS波速度構造

3. 鉛直動のF-k スペクトル解析

各アレイで観測された鉛直動に対して最尤法によるF-k スペクトル解析²⁾を行った。解析結果の例として、図4および図5に、小アレイC(存置杭)と小アレイE(撤去杭)における鉛直動の伝播方向および位相速度の周波数特性を、それぞれ示す。この際、鉛直動の伝播方向は、5角形(2次元)アレイについてF-k スペクトルの最大ピークが指す方向を描いている。また、鉛直動の位相速度は、2次元のF-k スペクトルを一周積分したWavenumber スペクトル³⁾の最大ピークに対応する波数から算定している(直線アレイは1次元F-k解析の結果)。

図4より、鉛直動の伝播方向は、撤去杭の小アレイEでは、ある周波数範囲ごとに、ある程度まとまった分布をしている。一方、存置杭の小アレイCでは、そのような傾向は見られず、周波数に対するバラツキが大きい。これは、地盤中に剛性の高いRC杭が存置されていることで、2次元アレイに水平入射した微動が様々な方向に散乱したためと考えられる。

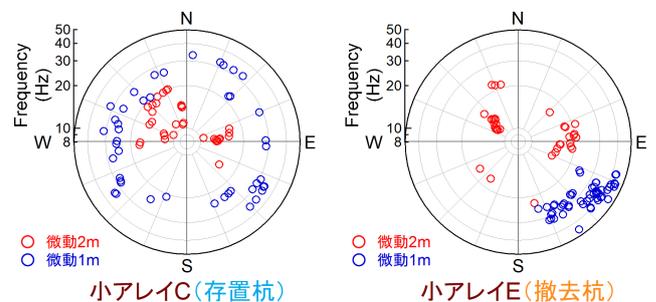


図4 存置杭と撤去杭の直上の小アレイ観測で得られた鉛直動の伝播方向の周波数特性の例

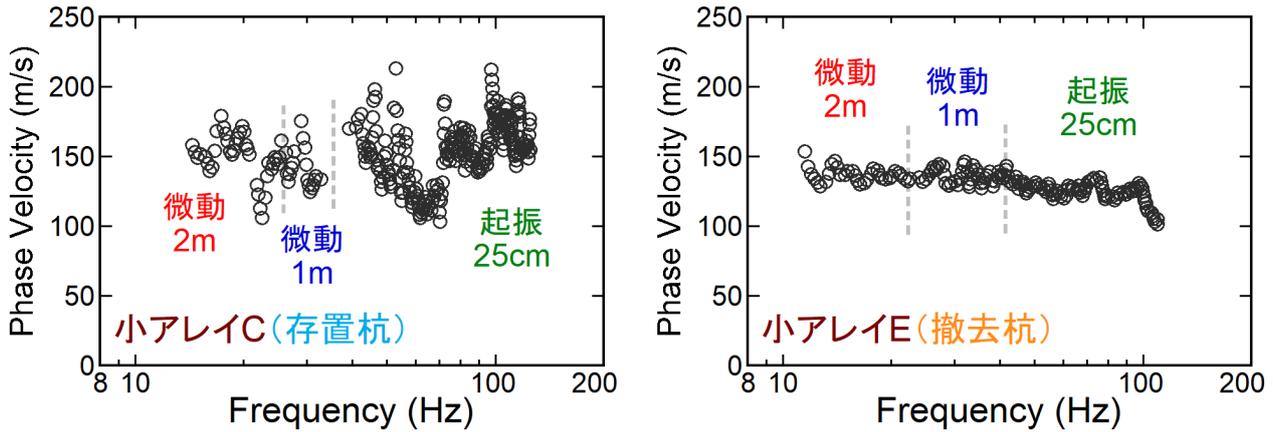


図5 存置杭と撤去杭の直上の小アレイ観測で得られた鉛直動の位相速度の周波数特性の例

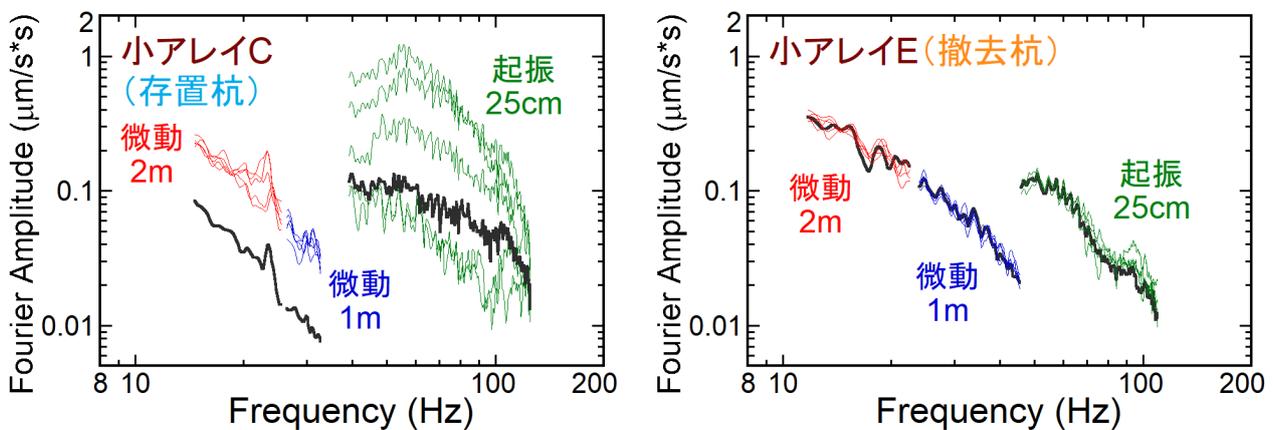


図6 存置杭と撤去杭の直上の小アレイ観測で得られた鉛直動のフーリエ振幅スペクトルの例（黒線：アレイ中心のセンサ，色線：中心以外のセンサ）

図5より、鉛直動の位相速度は、撤去杭の小アレイEでは、対象とする周波数範囲において、概ね一定の値を示しており、2次元アレイと直線アレイで連続している。一方、存置杭の小アレイCでは、そのような傾向は見られず、周波数に対するバラツキが大きく、2次元・直線アレイで不連続である。

以上から、鉛直動の小アレイ観測に基づいて存置杭の存在を確認できる可能性が示唆される。しかし、F-k解析の煩雑性は否めない。そこで、簡単のため、図6に、小アレイC（存置杭）と小アレイE（撤去杭）の各センサ位置で得られた鉛直動のフーリエ振幅スペクトルを示す。

図6より、鉛直動のフーリエ振幅スペクトルは、撤去杭の小アレイEでは、2次元アレイ・直線アレイとも、センサ位置によらず概ね同一の特性を示している。一方、存置杭の小アレイCでは、2次元アレイの中心（杭の直上）センサにおける振幅は、それ以外のセンサにおける振幅の1/2-1/3程度となっている。また、直線アレイのセンサ位置によって振幅に数倍程度の

違いが見られる。即ち、鉛直動のフーリエ振幅スペクトルの場所による差異を観測することでも存置杭の存在を確認できる可能性が示唆される。

図5,6に示した存置杭と撤去杭の小アレイ観測結果に差異の生じた要因として、図4と同様の理由のほか、地盤に比べて剛性の高いRC杭の直上では鉛直動の応答振幅が小さくなる可能性、存置杭の直近では高い杭剛性により地盤拳動が拘束される可能性、微動と人工起振の鉛直動の伝播特性の違いなど想像されるが、未だ明確でない。今後の課題としたい。

4. まとめ

鉛直動の小アレイ観測から、周波数に対する伝播方向のバラツキ、位相速度のバラツキ、センサ位置による振幅の差異を調べることで、存置杭の存在を確認できる可能性を指摘した。

謝辞：アレイ観測は福岡市に便宜を図っていただいた。記して謝意を示す。

【参考文献】1) 新井ほか：AIJ大会、構造I、549-550、2023。2) Capon: Geophysics, 34(1), 21-38, 1969。3) Dainty & Harris: BSSA, 79(4), 1231-1250, 1989。

*1 建築研究所 構造研究グループ 上席研究員・博士(工学)
 *2 大阪大学 大学院工学研究科 教授・博士(工学)
 *3 東京工業大学 環境・社会理工学院建築学系 教授・博士(工学)
 *4 清水建設技術研究所 地盤・基礎グループ長・博士(工学)
 *5 国土技術政策総合研究所 建築品質研究官・博士(環境学)

*1 Chief Research Engineer, Building Research Institute, Dr. Eng.
 *2 Prof., Osaka Univ., Dr. Eng.
 *3 Prof., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.
 *4 Group Manager, Shimizu Institute of Technology, Dr. Eng.
 *5 Research Coordinator for Quality Control of Building, Natl. Inst. for Land and Infrastructure Management, Ph. D.