

音響照射加振による浅層地中探査技術のための基礎検討 —土壌による計測への影響—

桐蔭横浜大院

正会員 ○上地 樹

桐蔭横浜大院

正会員 杉本 恒美

佐藤工業(株) 技術センターSOU

正会員 歌川 紀之

1. はじめに

我々は、可聴域での空中放射音波を用いた音響加振およびレーザドップラ振動計 (LDV: Laser Doppler Vibrometer)による振動計測を用いた、非接触による非破壊探査法である非接触音響探査法を提案している[1-3]。現在は、本手法を土中内部に存在する物体を対象にして、音源搭載型 UAV (Unmanned aerial vehicle)を用いた非接触音響探査法による浅層地中探査技術の検討を行っている。今回は、音源搭載型 UAV を用いた計測の前段階として、乾燥した関東ロームおよび赤土の二種類の土壌に同様の埋設物を埋設し、土壌による計測結果への影響を検証した。なお今回は音源搭載型 UAV は使用せず、UAV に搭載されている物と同型のスピーカを使用して検証を行った。

2. 実験方法

今回の実験では、乾燥した関東ロームおよび赤土の埋設物試験場に埋設された直径 300 mm の空のドーナツ型プラスチック製ポールベース(CP-14, Car-boy Co., Ltd)を対象に、非接触音響探査法による浅層地中探査計測が行われた。関東ロームにおける埋設位置を例として Fig. 1 に示す。埋設深度は 50 mm、100 mm、150 mm の三パターンを想定して埋設されている。図中における括弧内の数値は、計測後に調べた実測値である。Fig. 2 に実験セットアップ図を示す。レーザによる振動計測は、図中の右側から実施された。今回の計測では、スキャニングレーザドップラ振動計である PSV-500 Xtra (Polytec Corp.)および加振用音源であるフラットスピーカ (FPS2030M3P1R, FPS INC.)を使用した。

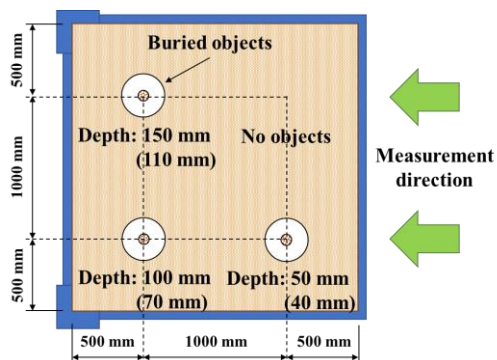


Fig.1 ポールベース埋設位置(上面図)

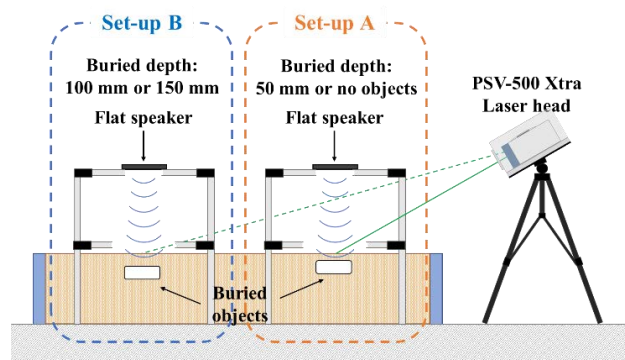


Fig.2 実験セットアップ図(側面図)

乾燥した関東ロームにおける埋設深度 50 mm 計測時の計測範囲を例として Fig. 3 に示す。計測範囲は縦 478 mm、横 517 mm 程度に設定した。なお角度をつけての計測であるため、奥と手前で多少の長さの差異は存在している。計測点数は縦 9 点、横 11 点の計 99 点である。図中における白線の交点がレーザによる振動計測の位置を示している。この実験では加算平均を 5 回に設定して計測を実施した。両土壌における音響加振には Fig. 4 に示したシングルトーンバースト波を使用した。波形の設定は、周波数範囲 50-152 Hz、変調周波数 17 Hz、パルス幅 60 ms である。計測時の音圧は、土壌表面で 99 dB 程度(Z 特性最大値)になる様に設定した。

キーワード：地中探査、非破壊検査、非接触音響探査法、屋外、SLDV、UAV

連絡先：〒225-8503 神奈川県横浜市青葉区鉄町 1614 TEL 045-972-5881(ex,2283 or 7733) FAX 045-972-5972

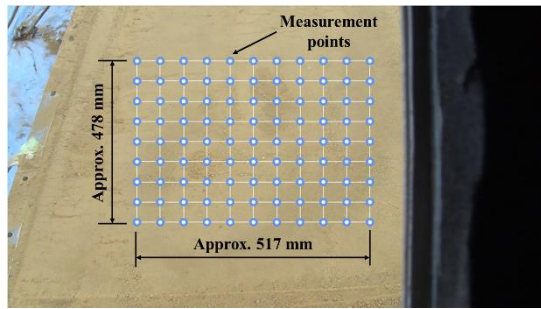


Fig.3 計測範囲図(埋設深度：50 mm)

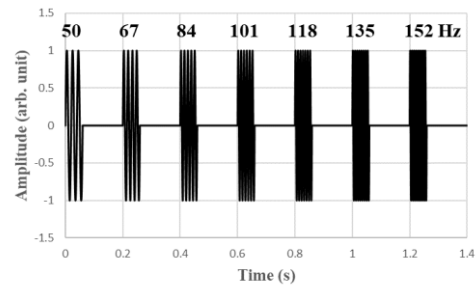


Fig.4 シングルトーンバースト波

3. 結果と考察

比較に使用した振動エネルギー比の定義を式(1)に示す (VER: Vibration Energy Ratio, PSD: Power Spectrum Density)。二種類の土壌における振動エネルギー比分布列(埋設深度 50 mm)

$$[VER]_{dB} = 10 \log_{10} \frac{\int_{f_1}^{f_2} (PSD_{each}) df}{\int_{f_1}^{f_2} (PSD_{min}) df} \quad (1)$$

を Fig.5 に示す。図中の黒線は、埋設物の大まかな形状と位置を示している。両結果とも埋設物の反応が検出されているが関東ロームの方が最大値が高くなっている。Fig.6 にそれぞれ代表点の振動速度波形およびスペクトルを示す。これらの結果でも、関東ロームの方が大きく振動していることが確認された。しかし、加振音波と比較すると無音時間にも振動しており、想定していない時間帯で大きく振動していることが分かった。これは乾燥した関東ロームの方が、土の粒径が細かいと同時に粒子間の結合力が弱い状態であったため、音響加振による励振の影響が大きかったと考えられる。

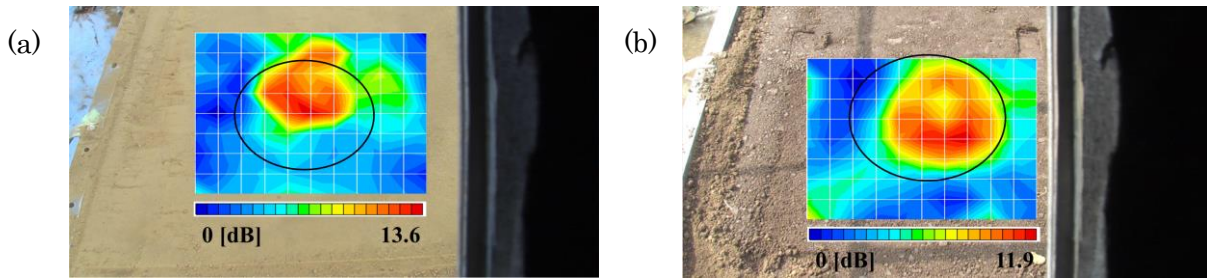


Fig.5 振動エネルギー比分布：50-152 Hz (a)関東ローム (b)赤土

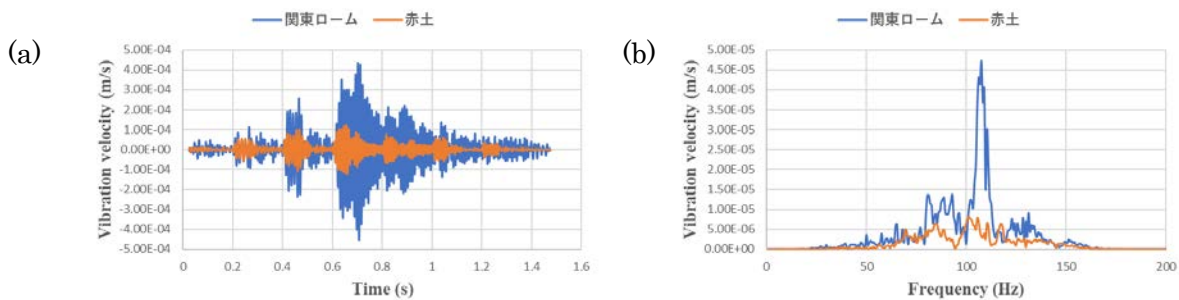


Fig.6 土壌による比較 (a)振動速度波形 (b)振動速度スペクトル

4. まとめ

乾燥した関東ロームおよび赤土を対象に、非接触音響探査法による浅層地中探査技術の比較を行った。その結果、両土壌共に検出は可能であるが、土壌の性質により計測結果に影響があることが確認された。

謝辞

本研究は、防衛装備庁が実施する安全保障技術研究推進制度 JPJ004596 の支援を受けたものである。

参考文献

[1] K. Sugimoto, R. Akamatsu, T. Sugimoto, N. Utagawa, C.Kuroda and K. Katakura, JJAP, Vol.54, 07HC15, (2015).
 [2] 上地樹, 杉本恒美, 杉本和子, 歌川紀之, 森岡宏之 他, 土木学会 第 74 回年次学術講演会, VI-793, (2019).
 [3] 杉本恒美, 中川裕, 上地樹, 杉本和子 他, 土木学会 第 76 回年次学術講演会, V-325, (2021).