

地盤調査に活用するための音振動の伝搬メカニズムに関する研究

Research on propagation mechanism of sound vibration for ground investigation

○池田新<sup>1</sup>, 酒匂教明<sup>2</sup>

Arata Ikeda<sup>1</sup>, Noriaki Sako<sup>2</sup>

Abstract: We discussed a propagation mechanism of sound vibration for ground investigation using SWS as a subject. It was performed a model ground test on comparing of microphone position for confirmation of differences in sound characteristics, in addition it was compared sound characteristics between inside and outside of SWS equipment. As a result, it was found that the fricative sound generated in the ground does not propagate to operator's ear through the ground and air, it was propagated through the test machine equipment as a solid sound. This means that evaluation by frequency is difficult if the sound is applied for ground investigation.

1. はじめに

基礎構造分野では、地層の境界や土質を判断するのに機械の振動や音の変化を補助的に利用する場合がある。例えば、標準貫入試験、スクリーウエイト貫入試験（以降、SWS試験）などの地盤調査<sup>[1]</sup>、杭基礎の施工時における支持層の確認などである<sup>[2]</sup>。以前は、人の感覚による判断だけであったが、最近では、音や振動を客観データにより可視化する研究が散見される<sup>[3], [4]</sup>。一方、音は大きさ（波の実効値）以外に音の高さ（卓越する振動数）を有しているが、情報としてどこまで活用できるのか明確にされていない。そこで本研究では、機械先端と地盤内で発生する音が、人の耳に伝わるまでの伝搬経路について SWS 試験を題材として調べ、地盤調査等での音の活用方法について考察した。

2. 音源と耳に聞こえる音の関係

図1はSWS試験と人（試験オペレータ）の位置関係を示した模式図である。SWS試験は、地盤の貫入抵抗を調べる宅地の多くで採用されている地盤調査であり、文献[1]によると、試験中の貫入音を記事に記録することになっている。

さて、音源が地上にある場合（図1の音源A）、人は空气中を伝わる音を聞くことになる。一方、筆者らの経験から、試験場所から3メートル離れた道路上を車が通過しても、調査深度が2.5メートルに達すると、試験機先端のスクリーポイント内に設置したマイクは全く振動音を拾わないことが分かっている。すなわち、音源が地中にある場合（図1の音源B）、一定の地中深度からは、地盤と空気を介して人の耳に聞こえた訳ではなく、ロッドを介して地上に伝搬したと思われる。

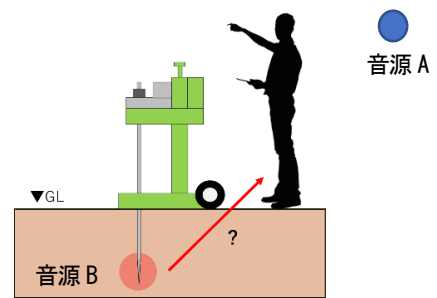


Figure1. SWS 試験機と人の位置関係

図2は、音をサンプリングするために作成した模型地盤である。直径285mm、高さ400mmの円柱形の容器に高さ340mmまで珪砂6号を投入し、SWS試験機の先端を模型地盤内で回転させ、その時に発生する摩擦音をサンプリングした。この時、マイクの位置は先端のスクリーポイント内の場合（Case1）、ロッドの地上部分の先端に取り付けた集音ユニット内<sup>[5]</sup>の場合（Case2）、地盤の地表面付近に近づけた場合（Case3）の3通りである。

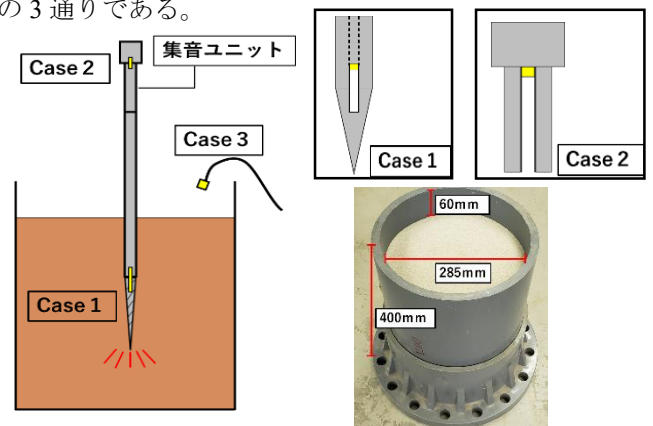


Figure2. 模型地盤による音のサンプリング

図3はサンプリングした音の時刻歴の一例である。サンプリング周波数50,000Hz、継続時間は10秒であり、実効値およびフーリエ変換により周波数解析を行った。周波数解析の窓関数にはparzen windowを用い、窓幅は500Hzとした。図4、図5および図6は、それ

1：日本大学大学院 Nihon University Graduate Student 2：日本大学短期大学部教授 Nihon University Junior College, Professor

ぞれ Case1, Case2 および Case3 で得られた周波数と音圧レベルの関係である。

はじめに Case2 と Case3 を比較すると、スペクトルの形状が大きく異なることが分かる。Case3 の場合は、スクリーポイントと地盤との間で発生した摩擦音が薄い表層地盤と空气中を伝搬したものを拾ったと考えられ、スペクトルの形状はピンクノイズに近い。Case2 の場合は、ロッド自身の固体振動が集音ユニット内の空气中に伝搬し、その音を拾ったと考えられる。

次に、Case1 と Case2 を比較すると、580Hz 付近を除いて 1000Hz 以高は同一の周波数にピークを有することが分かる。これは、マイクの位置に関わらず試験機に固結させると同一の周波数が得られることを意味しており、周波数のピークは試験機の固有振動数であると考えられる。なお、Case2 のみに見られた 580Hz については、集音ユニットとロッドが一体化したときの振動モードが別途現れた可能性が高い。以上のことから、先端のスクリーポイント内の音は、金属部分と地盤との間で発生した摩擦音自体よりも、試験機自体が振動した時の個体音が優勢だった可能性が高い。

8 と図 9 を比較すると、ピーク周波数は、ほぼ同一であることが分かる。ただし、ピーク周波数の振幅の大きさが異なること、スペクトルの形状の滑らかさに若干の違いが見られた点に相違が確認された。

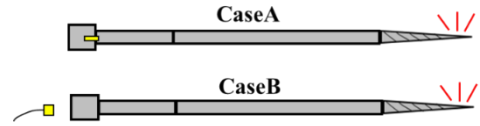


Figure7. 固体音集音ケース

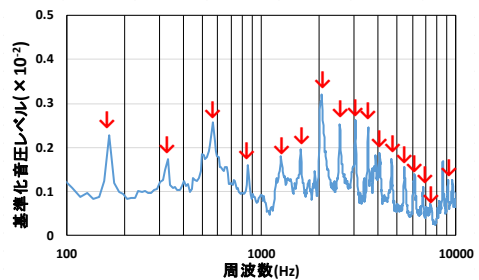


Figure8. CaseA の周波数特性

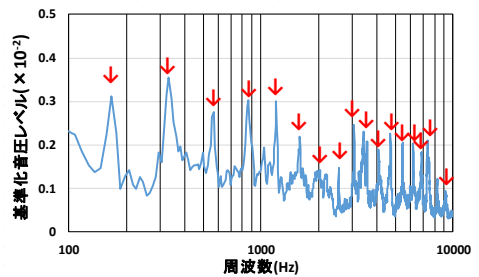


Figure9. CaseB の周波数特性

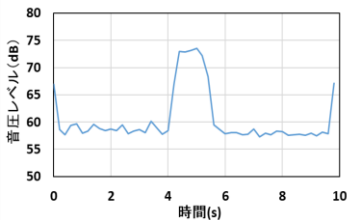


Figure3. 時刻歴サンプリング例

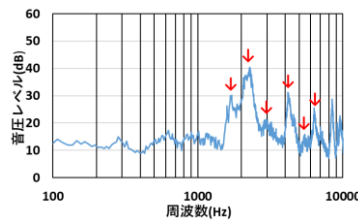


Figure4. Case1 の周波数特性

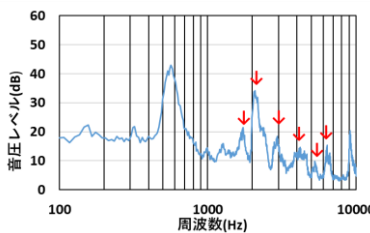


Figure5. Case2 の周波数特性

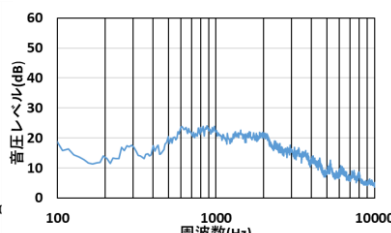


Figure6. Case3 の周波数特性

### 3. 個体音と空気伝搬音の関係

最後に、図 7 のように集音ユニット内のマイク (CaseA) と外部に置いたマイク (CaseB) が拾う音の違いを確認した。両 Case ともスクリーポイント先端を金属片でコツンと叩き強制的に振動を起し、その時の音を拾った。図 8 および図 9 にそれぞれの測定結果を示す。この時、SP 先端を叩いた力が異なるので、図の縦軸は囲まれた面積の和で基準化して表した。図

### 4. おわりに

地盤調査時に聞こえる音は、試験機自体の振動による個体音が地上部分から空气中を伝搬した音であることが判明した。試験機自体の固有振動は試験機により様々であることから、地盤調査等で音を利用する場合、周波数特性を活用することは難しいといえる。

#### 【参考文献】

- [1] 地盤工学会：「地盤調査の方法と解説」, 平成 25 年 3 月 25 日
- [2] 日本建設業連合会, コンクリートパイル建設技術協会：「杭の施工管理における支持層到達の確認方法 (既製コンクリート杭 埋込み杭工法)」, 平成 29 年 2 月
- [3] 萩原由訓, 渡辺和博, 森尾義彦, 小島宏章, 和知康晴, 西山高士：「既製コンクリート杭の支持層到達確認技術の開発」, 大林組技術研究所, No. 83, 2019
- [4] 酒匂教明, 下村修一, 川村政史, 塩川博義, 片岡翔太：「スウェーデン式サウンディング試験から得られるスクリーポイントと地盤間の摩擦音を利用した土質分類方法」
- [5] 池田新：「土質分類を可能とする全自動 SWS 試験に関する研究～改善した集音部の性能評価～」, 2022