

空港滑走路下の液状化対象層の連続性把握に関する一考察

応用地質(株)	正会員	○村上 弘行
応用地質(株)	正会員	比留間 誠之
(独)港湾空港技術研究所	正会員	菅野 高弘
(独)港湾空港技術研究所	正会員	中澤 博志

1. 目的

空港は地震災害時には緊急物資輸送の拠点としての役割を求められている。臨海部に位置する空港においては、大規模地震動に対し地盤の液状化の可能性が高いことが想定されるため、早期の地震対策が必要である。しかし、空港滑走路の延長は長く、より詳細に把握するには点の調査であるボーリング調査では限界がある。そのため、筆者らは、表面波探査、微動アレイ探査、電気探査（オームマップ）を併用して、液状化対象層の連続性ならびに工学的基盤までのS波速度構造を把握している。本論文では、高速度層である滑走路下の液状化対象層の連続性把握に焦点をおき、表面波探査の解析上の留意点と、表面波探査で得られるS波速度分布と同じ測定記録から得られる反射断面併用の有用性について報告する。

2. 表面波探査の方法

表面波探査は、図-1に示すように受振器には、4.5Hzの速度型地震計を用い、1m間隔で24個設置し、起振は2m間隔に測線の端から1m離れた位置でかけやを用いて行った。通常解析では、読み取った観測位相速度をもとに1/3波長則により初期モデルを設定し、特性方程式の正規モード解を求め、非線形最小二乗法によりS波速度構造を求めている。しかし、空港滑走路上の観測位相速度は、滑走路舗装・路盤の剛性が高い

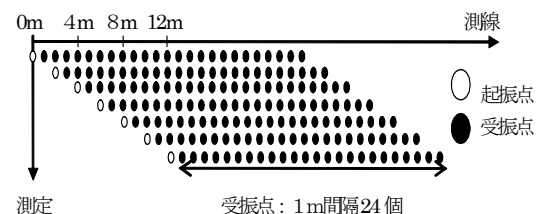


図-1 表面波探査観測方法の概要

ために、高次モードを含む様々な形態の観測位相速度（図-2）が得られることから、単純に適用すると、図-2右図のような不連続性の大きい観測位相速度の場合は、適切な解析結果とならない。

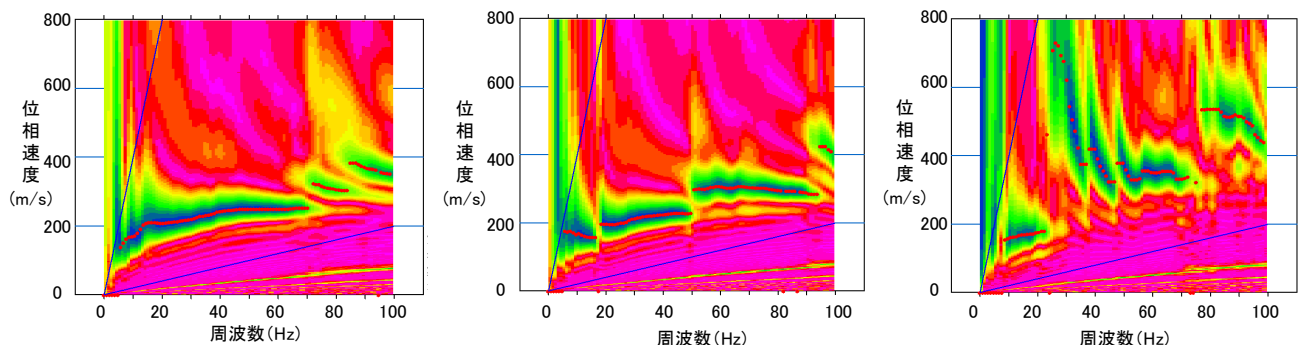


図-2 観測位相速度分布の例

3. モデル構造による位相速度分布のシミュレーション

適切な解析を行うために、滑走路下の低速度層の速度構造モデルを幾つか設定し、シミュレーションにより位相速度の不連続性の発生形態について検討を行った。滑走路の路盤・路床部のS波速度を400m/s、厚さを5mとし、その下に低速度層を挟む速度モデルを図-3に示すように設定した。低速度層の厚みを5mとし、この低速度層を100m/s、150m/s、200m/sの3つのモデルに設定し、実体波を含む波形全体を計算する精度の良い離散化波数積分法により位相速度を計算した。また、低速度層を150m/sとし、起振点を1m離れ、5m離れ、10m離れ、15m離れによる位相速度を比較し図-4に示した。これらの結果では、位相速度の形態は以下のである。

キーワード 空港、液状化、表面波探査、位相速度、反射法

連絡先 〒331-8688 埼玉県さいたま市北区土呂町2-61-5 応用地質株式会社 東京本社 TEL 0488-652-3942

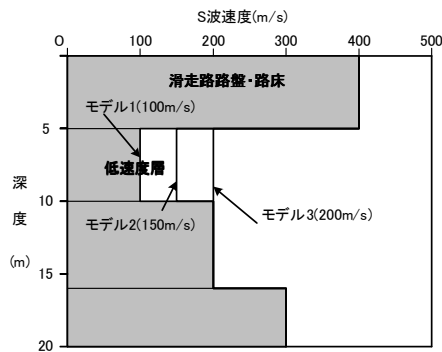


図-3 モデル地盤

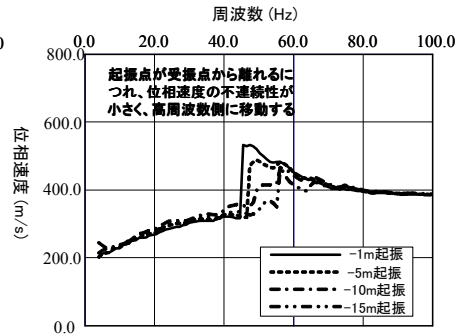
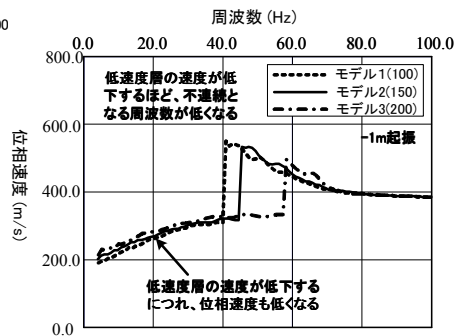


図-4 観測位相速度の比較

- ① 高速度層の下に低速度層が分布する場合は、表層部の高速度層との速度コントラストが大きいほど、位相速度が不連続となる周波数は低く、位相速度の不連続性も大きくなる。
- ② 低速度層の速度が低下するにつれ、低周波数領域での位相速度も低下する。不連続となる周波数より高周波数領域の位相速度はほぼ同じ位相速度（表層のS波速度）に漸近する。
- ③ 起振点が受振点から離れるにつれ、位相速度の不連続性が小さく、不連続となる周波数も高くなる。

これらは、起振点と受振点の配置関係と表層の高速度層の厚み、下位層との速度コントラストから発生している現象と見られる。観測位相速度に大きな不連続が見られる場合には、逆解析には特性方程式の正規モード解ではなく、離散化波数積分法のように実際の起振点・受振点配置を考慮できる計算手法を用いることを検討する必要があると考える。

4. 反射解析

図-3に示すような速度コントラストがある場合には、反射波も発生することが知られている。表面波探査で得られた波形記録で反射波の解析を施すと、観測位相速度の不連続性が顕著な箇所では、明瞭な反射面が現れ、その重合速度（概ね 300～350m/s：表層のS波速度

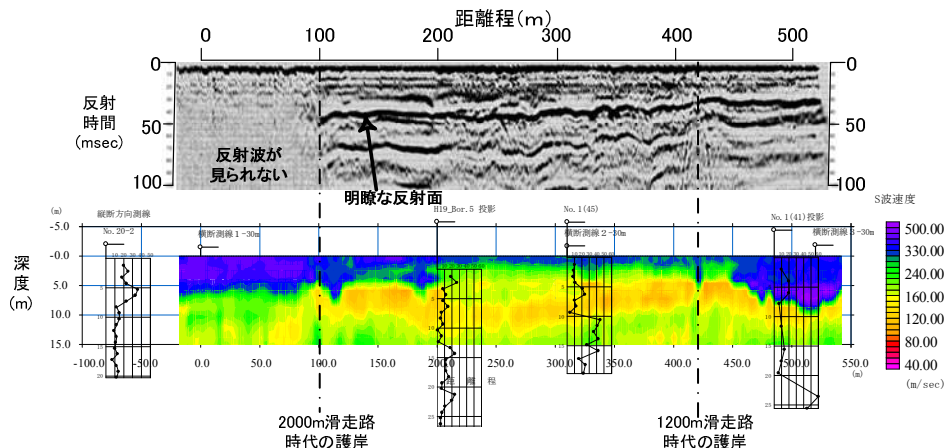


図-5 表面波探査によるS波速度分布と反射断面

からSV波の反射もしくは、P-SV変換波であると推定される。図-5には、上記観測位相速度の特徴を考慮して離散化波数積分法を含めて順解析したS波速度分布と反射法解析結果（時間断面）を併記した。高速度層と低速度層との速度コントラストが顕著な箇所では、反射波も明瞭に現れている。

5. まとめ

滑走路下の液状化対象層の連続性を把握する目的で表面波探査を適用する場合には、高次モードや実体波を含む様々な形態の観測位相速度が得られる場合がある。この場合、特性方程式の正規モード解と離散化波数積分法による順解析でのチェックが重要である。またCMP処理に用いる波形データの選択など、高度化に向けた課題もある。更に、液状化対象層の連続性把握には表面波探査の波形データを用いた反射法解析を併用することも有用と考える。今後、パラメータスタディなどを通じて、空港滑走路下地盤に対する表面波探査の観測方法ならびに解析方法の高度化を進める考えである。

参考文献

- ・林・斉藤；表層が高速度の地盤におけるP-SV波動場の分散曲線とその解析，物理探査学会第110回学術講演会論文集 2004年5月 pp39-42