

トモグラフィ手法を用いた弾性波探査解析での測定点展開が探査結果に与える影響

山口大学 学 ○井上浩一

(株) 基礎地盤コンサルタンツ 正 三木茂 山口県土木建築部 正 市原充之

山口大学 正 中川浩二 山口大学 正 河原幸弘

1. はじめに

最近、弾性波探査解析の解析手法において、はぎとり法に加えて、トモグラフィ手法を用いた解析手法も注目されている。この手法は、多くが手作業で時間と経験を要するはぎとり法に対し、コンピューターを用いているので、短時間かつ客観的に解析できる特徴を持っている。今までにも、測定点展開の違いによる影響について研究されているが、どれも対象領域の狭い孔間弾性波トモグラフィであり、現場への適用を考慮したものは筆者の知る限りまだ少ない。^{1) 2)}

よって、本研究では、トモグラフィ手法を用いた弾性波探査解析において様々な地盤構造のモデル地盤を解析することによってトモグラフィ手法の特徴を把握し、さらに施工性を考えた測定点展開が逆解析結果に与える影響について検討する。

2. モデル地盤による逆解析を用いた特徴の把握

トモグラフィ手法の特徴を把握するために、本原稿末に示すモデル地盤(図-6～8)において、手計算によって求めた理論走時を用いて逆解析し、その特徴を把握する。検証方法を表すフローを図-1に示す。

逆解析に当たって初期速度分布は、未知の地山と想定して一定の速度分布とした。解析条件を以下に示す。

- 起受振点間隔：起振点 20 m、受振点 5 m（地表起受振）
- メッシュ間隔：2.5 m
- 計算回数：30 回（ただし、30 回以前に収束した場合はその回数）
- 逆解析方法：同時反復法（SIRT）
- 収束判定誤差：0.01



図-1 検証方法フロー

3. 結果

まず解析結果を定性的に評価した結果を右の表-1にまとめる。さらに以下の観点について、それぞれ考察する。

①速度値、層厚の検知性

速度値、層厚の検知性については、低速度帯が存在するとき、さらに逆転層について検知できなかった。また全ての逆解析結果において、元のモデル地盤のようなはっきりとした速度境界は見られない。これは、トモグラフィー手法の特徴の一つ「地山の速度構造を連続的に解析する」ということが考えられる。よってモデル地盤の速度境界のような不連続面には、逆解析後には低速度部と高速度部をつなぐ緩衝部が存在することとなり、これが像がぼける原因になるのである。よって速度コントラストが激しいほど緩衝部分が多くなる。

②低速度帯の検知性

低速度帯の検知性については、ほとんど検知できていない。しかし、低速度帯直上において、速度構造が少し凹んだように解析される特徴がみられた。

③探査深度

探査深度は、測線長の1/3～1/4であった。よって水平4層構造、逆転層において最下層（深度30 m以深）は検知できていなかった。

4. 測定点展開が逆解析結果に与える影響

これまでの結果より、水平4層構造の深部、逆転層においては、速度値、速度層厚などが検知されなかった。また低速度帯が貫入している場合についてはその存在も検知できなかった。そこで距離50 m付近に鉛直ボーリングを掘削し、そこに5 m間隔に受振点を設けた場合を想定した測定点展開を試みた。

表-1 解析結果のまとめ

	水平4層	水平3層+ 低速度帯	逆転層
速度値、層厚の検知性	○	×	×
低速度帯の検知性	△	×	△
探査深度	1/3	1/4	1/3

○・・・良く検知できている
×・・・全く検知できていない
注）探査深度については、測線長に対する割合

(測定点展開は図-2～4を参照) この測定点展開にすると、地表で起振した波を地中のボーリング孔でも受振できるようになる。ただし、低速度帯に対しては、図-2のような斜めボーリングを想定した。これは、実施工においても低速度帯に対しては斜めボーリングを施工しているためである。受振点間隔は5mのままである。また解析条件は前記と同じである。逆解析の結果を図-3～5に示す。ここでは見やすいようにコンター図で示している。

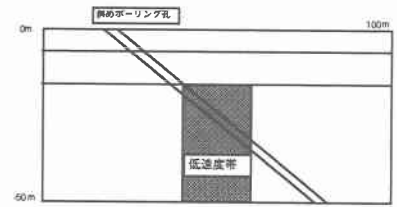
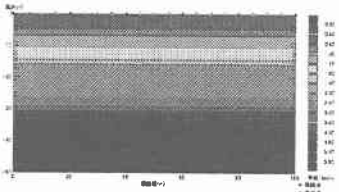
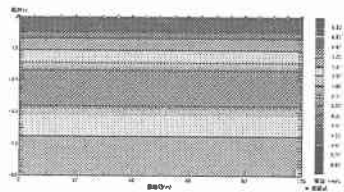


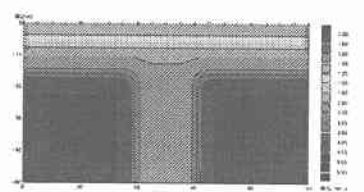
図-2 斜めボーリング想定図



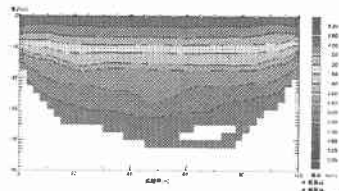
モデル地盤



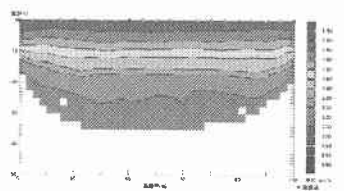
モデル地盤



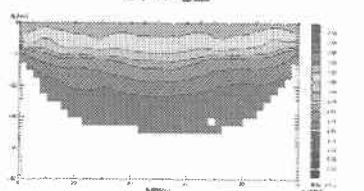
モデル地盤



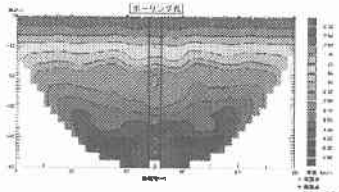
ボーリング孔を利用しない



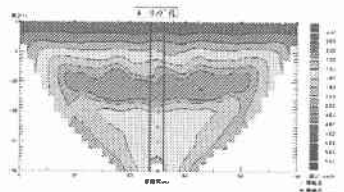
ボーリング孔を利用しない



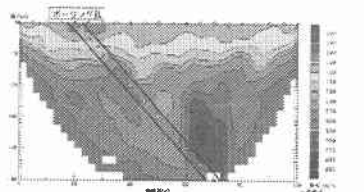
ボーリング孔を利用しない



ボーリング孔を利用する



ボーリング孔を利用する



ボーリング孔を利用する

図-3 水平4層構造

図-4 逆転層

図-5 水平3層+低速度帯

これを見ると、ボーリング孔を受振点として利用することにより、水平4層構造の最下層、逆転層、低速度帯の検知がある程度可能となっていることが分かる。

5. まとめ

トモグラフィ手法(地表起振、地表受振)には以下のような特徴があることが分かった。

- ・ 探査深度が浅くは精度良く解析できる。
- ・ 探査深度は測線長の1/3～1/4である。
- ・ 低速度帯の検知に関してはほとんど期待できない。
- ・ ボーリング孔を受振点として利用することは、地表起振では検知できない部分(探査深度が深及び低速度帯)を検知することが可能となるため、非常に有効であると考えられる。

(参考文献)

- 1) サイスマットモグラフィの数値実験 大友秀夫 土木学会第41回年次学術講演会(1986.11)
- 2) 山岳トンネル事前調査における高精度屈折法地震探査の適用についての検討 松尾淳 第11回沖縄地盤工学研究発表会(1998.11)

図番号	速度構造	略図
図-6	水平4層構造	
図-7	逆転層	
図-8	水平3層+低速度帯	