

3次元高密度弾性波探査

－ 3次元高密度弾性波探査の必要性－

土木分野における2次元高密度弾性波探査は、実用化されてから約数年の歳月を経ており、トンネル調査、ダム調査、斜面調査などに幅広く利用されている。また、多くの場面で有効性が確認されている。しかし、2次元高密度弾性波探査は、測線直交方向に地形・地質が変化しないことを仮定した探査法であることから、地形・地質変化が著しい地点や、空洞など局所的な地下異常部の探査に適用した場合、良好な結果が得られないことがある。3次元高密度弾性波探査の必要性は認識されていたが、測定に要する時間、解析に必要なコンピュータ処理能力などの点から一般的に実用化されていない。

当社では、解析処理プログラムの独自開発により3次元高密度弾性波探査を実用化した。地形・地質の変化が大きく、その影響により地下の構造を正しく把握できない場合、局所的な地下構造や異常体を探査する場合、3次元高密度弾性波探査を有効な探査方法として利用可能である。

－ 3次元高密度弾性波探査の適用調査－

3次元高密度弾性波探査の主な適用調査を以下に示す。

- トンネル坑口部の調査
- 浅い地すべり・表層崩壊の調査
- 土被りの浅い空洞調査
- 構造物基礎調査（浅い基礎）
- 河川堤防・堤体・盛土調査

現場作業、解析容量と時間などの点から3次元高密度弾性波探査は、土被りが浅く局所的な構造が問題となる地点での調査に適している。トンネル調査など線形構造物の調査には必ずしも適していない。2次元高密度弾性波探査と組み合わせて利用するのが良い。

－ 3次元高密度弾性波探査の測定－

2次元高密度弾性波探査では、測線に沿って一定間隔に受振点を設置して測定を行う。3次元高密度弾性波探査では、対象領域に格子状に受振点と起振点を配置して測定を行う。測定原理、測定に使用する機材は、2次元高密度弾性波探査の場合と同じであるが、3次元高密度弾性波探査では多量のデータを取得しなければならないので、48チャンネル以上の探査装置を用いると効率が良い。測定に際しては、全ての格子において均質に受振点と起振点を配置し、受振点と起振点を結ぶ直線が均質に格子を横切るように配慮する必要がある。

なお、3次元高密度弾性波探査においても、2次元高密度弾性波探査と同様、ボーリング孔内や坑道など地中に受振点や起振点を設置した測定は可能である。

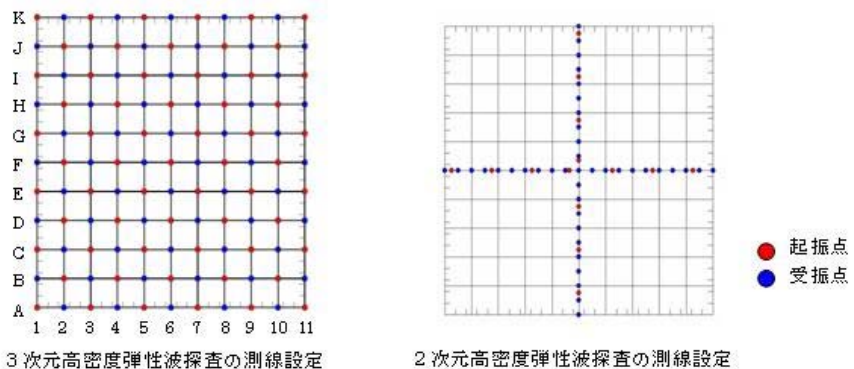


図1 3次元高密度電気探査の測定模式図

－ 3次元高密度弾性波探査の解析－

3次元高密度弾性波探査の解析は、基本的に2次元高密度弾性波探査の解析と同じである。解析は、与えられた3次元の速度分布と測点の配置から走時を計算する部分と、実際に測定した走時

と計算した走時が一致するように速度分布を修正する部分から構成される。対象領域を6面体格子(要素)で分割することでモデル化(モデルの作成)し、地盤の速度は格子点に与えている。走時を計算する部分にホイヘンスの原理を使用しており、速度分布の修正には同時反復法を用いている。2次元高密度弾性波探査では、ホイヘンスの原理を用いた方法とアイコンール方程式を差分近似する方法の両方を利用できるが、3次元高密度弾性波探査ではホイヘンスの原理のみである。

解析に際しては、まず、対象領域を構成する要素の初期速度分布の設定を行う(初期モデルの設定)。初期速度分布の設定には、測定走時の平均から層構造解析を行い速度分布を設定する方法や一般的な速度分布などを用いる。初期速度分布の設定が終わると、設定した速度分布に対する測定走時の計算、すなわち理論走時の計算を行う。続いて、理論走時と実際の測定で得られた走時の比較を行い、理論走時と測定走時の差が最小となるように速度分布の修正を行う。理論走時と測定走時の差があらかじめ設定した値以下となるまで、速度分布の修正を行い、差が設定値以下となったときの速度分布を解析結果とする。

解析結果はブロックダイアグラム、断面図、平面図などで作図表示し、速度値やその分布パターンなどから地盤状況を解釈・判定する。解釈・判定方法などは、2次元高密度弾性波探査の場合と同じである。

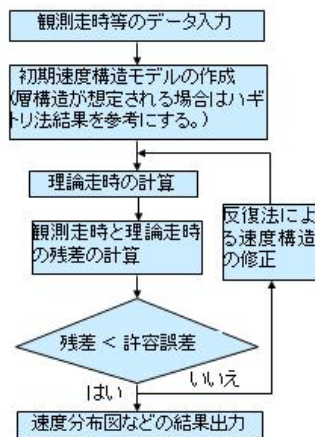


図2 解析フロー

— 3次元高密度弾性波探査の実施例 —

鉄塔基礎調査において3次元高密度弾性波探査を適用した例を示す。測線は図-1左図に示した配置で設定し測定を行ったが、比較のために図-1右図に示した測線で2次元高密度弾性波探査を実施した。

3次元高密度弾性波探査では、2次元探査に比較して受振点数および起振点数が多くなるとともに解析に必要な測定走時数が増加する。図-3は起振点(赤円)および受振点(青円)の配置を、図-4は解析結果を鳥瞰図で示したものである。また、図-5は解析結果を断面図として示したものである。

解析結果から1測線側で表層の低速度部が薄く、11測線側で低速度部が厚くなることが明らかとなった。2次元探査だけでは把握しづらい速度構造を視覚的に捉えられる特徴がある。

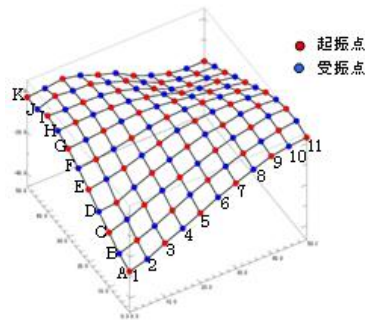


図-3 起振点、受振点の配置

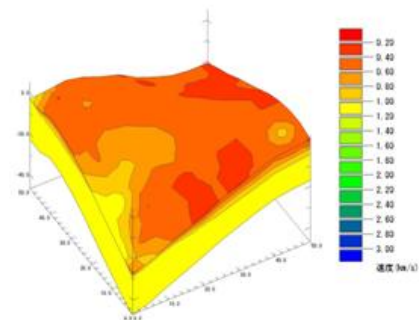
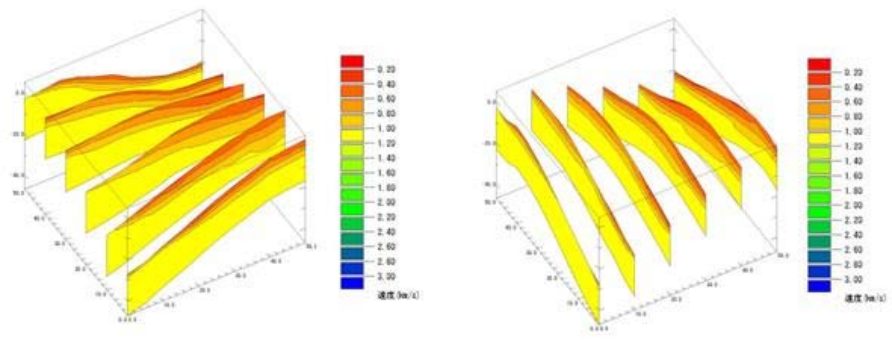


図-4 速度分布図(鳥瞰図)



(a)ABC 方向測線断面図

(b)123 方向測線断面図

図-5 速度分布図(スライス断面図)

—その他—

2次元高密度弾性波探査では既存の弾性波探査を再解析することを行っているが、3次元高密度弾性波探査では既存の弾性波探査結果を再解析することに意味はない。格子状に設定された測線における探査結果を3次元解析すると、速度構造が求まるのは測線断面のみであり、測線間の速度分布を求めることができない。効果的に3次元解析を行うには、測線に沿った測定だけでは不十分であり、平面的な測定を行う必要がある。

測定作業および解析の限界(コンピュータの計算容量と速度の限界)から、トンネルなど線状構造物、探査深度が深い用途には適さない。3次元構造が問題となる局所的な速度構造を調査するのに適している。