

ランドストリーマー探査ツールを用いた極浅層領域のイメージング

Ultra-shallow seismic reflection imaging using a towed Land Streamer tool

稲崎 富士 [1]

Tomio Inazaki[1]

[1] 土木研・推本

[1] PWRI

物理探査技術を構成する計測手法・機器および解析手法における近年の長足進歩は、数 100km 下のマントル中に沈み込むスラブのイメージングや堆積平野下数 km 下の基盤から続く活断層の累積変位構造の詳細なイメージングを可能にし、地球内部物理学などの学問領域のみならず、地震防災に代表される防災行政分野にも大きく貢献してきた。しかしこれとは対照的に、たかだか数 10m の表層部のイメージングには長らく悩まされ続けてきた。これは主として対象とする区間の構造的ゆらぎ、すなわち不均質性の程度がイメージングに使用する波の波長に比べ無視し得ないほど大きいことによるものである。

表層部を構成する地質は、堆積環境・地形営力の局所的変動を反映して、一般には極めて不均質である。実際、最表層部数 m の不均質性が、例えば V_p で 1000%、 V_s でも 100% のオーダーに達することはまれではない。一方で地表下数 10m までの領域は、人工的開発の機会が最も大きな地下空間であり、特に都市域では開発の機会はより大きい。さらに不均質性が大きい故に、その不均質構造をイメージングすることへの要請と期待も大であった。物理探査を都市域の地下数 10m の領域のイメージングに適用しようとする場合、探査条件が種々の制約を受け、さらに雑音レベルが高いという障害にも対処しなければならなかった。都市域の地下数 10m の領域は、物理探査にとってフロンティア領域の一つであった。

不均質性が大きい地下数 10m までの領域のなかで、最も不均質な部分は最表層の数 m である。しかし最表層部が全て「一様に」不均質であるわけではなく、一部には極めて均質な部分が存在する。都市域には特にそのような均質部が多く存在する。その部分に測線を展開して計測すれば、地下数 10m の領域を詳細にイメージングすることが可能になる。舗装路がそれである。舗装路の設置にはまず表層を剥いて転圧をかけ、路盤材を敷設し、最後にアスファルトで表面をフェーシングする。この全ての過程が、最表層の不均質部を均質な部材で置換あるいは均質化することにつながっている。

反射法地震探査においても舗装路で測定すれば表層部のイメージングが可能と想定された。ただし従来の地震探査ではスパイク型の地震計を使用していたため、そのままでは路面へカップリングさせることができなかった。そこで、ランドストリーマーと称する新しい探査ツールを開発した。ランドストリーマーツールは、非伸縮性のベルト上に等間隔で配置された多連の地震計ユニットで構成される。ツールと震源を移動して測定を繰り返し、反射法地震探査データセットを取得する（ただし観測時には停止させる）。地震計ユニットはプレートを介し地表と接しているが、スパイク等では固定されていない。したがって舗装路面上で容易に移動させることができる。

図はランドストリーマーツールによる波形記録を、従来のスパイク地震計を用いて収録した記録と比較したものである。舗装路面上にスパイク地震計を粘土ブロックを介して設置し収録した波形 (b) が乱れているのに対し、ランドストリーマーで収録した記録 (a) は波列がそろっている。未舗装の路肩部での記録では、ランドストリーマーツール (c)、スパイク地震計 (d) のいずれの記録でも表面波が卓越し反射イベントを見いだすことができない。舗装路が均質な表層を提供するだけでなく、表面波低減フィルタとしても機能していることを示している。

これまでに搭載するセンサ、あるいは仕様の異なる 5 種類のランドストリーマーツールを製作し、1997 年以降 24 サイト 41 測線で反射法地震探査を実施してきた。S 波タイプのツールを用いた探査では、深さ 60m 程度までの沖積層の基底構造および詳細な内部構造をイメージングすることができた。小間隔のランドストリーマーツールによる探査では、深さ 10m 程度までの表層構造のイメージングに成功している。P 波ランドストリーマー探査では、Mini-vib 震源を用いた探査でもイメージングが困難であった深さ 200m 程度までの表層構造を明らかにすることができた。

