

斜面崩壊危険箇所の崩壊層厚調査への表面波探査の適用

日本地研(株) ○正会員 佐藤 秀文、九州大学工学研究院 正会員 陳 光斉
(株)福山コンサルタント 横矢 直道、日本地研(株) 橋本 圭太郎

1. はじめに

豪雨による斜面崩壊は、素因(斜面の傾斜等の地形要因や、崩壊土砂の分布状況・弱面の有無等の地質要因)に誘因(降雨強度や降雨量)が作用することにより発生すると考えられる。また、斜面崩壊の危険性を予知・予測するには、①どこが、②どれ位の規模で、③いつ崩壊するか、の3点について把握する必要がある。このうち、①②は素因、③は誘因にもとづいて危険性を予知・予測するものである。

本報文は、主に崩壊層厚が3~5m程度の崩積土や崖錐堆積物が崩壊するタイプの斜面崩壊について、素因のうちの崩壊土砂の分布状況を明らかにするための地質調査に、地震探査の一手法である表面波探査を適用し、その有効性を検討した事例について紹介するものである。

2. 表面波探査の探査原理

表面波探査は、地震波のうちの地表面に沿って伝播する表面波を測定・解析して地下構造(S波の速度構造)を求める地震探査手法である。表面波(のうちのレイリー波)の伝播速度(位相速度)は、波長に相当する深度までのS波速度を反映するため、周波数あるいは波長の関数として系統的に変化する分散という現象を示す。したがって、観測した表面波の周波数ごとの位相速度(分散曲線)を算出することにより地下構造を詳しく推定することができることになる。

測定は屈折法の地震探査と同様に、地表に等間隔(通常1~2m間隔)に地震計(通常固有周期4.5Hzの速度計)を設置し、測線の両端および測線内に起振点を設け“かけや”もしくは“重錘落下”を用いて行う。

解析は、①周波数と位相速度の関係(観測で得られた分散曲線)から、表面波の波長を求めて、波長に相当する深度までの速度構造を算出し、これを初期モデルとする。②初期モデルに対して理論的な分散曲線を計算する。③観測で得られた分散曲線と理論的な分散曲線との残差を求め、残差が最小となるまで繰り返し計算を行い、最終モデルを求める。といった手順で行う。

3. 適用例

1) A地区

A地区は阿蘇火山起源の火砕岩によってつくられた火山台地で、上部には非溶結凝灰岩(火山灰質粘性土)が分布する。この地区は図-1に示す切土が計画されており、事前調査で火山灰質粘性土がのり面に分布することが判っていた。表面波探査はこの火山灰質粘性土の分布領域を把握するために実施した。調査結果を図-3、図-4に示すが、明瞭に火山灰質粘性土の分布が把握できている。なお、地層とS波速度の関係はボーリング結果と照合して、 $V_s < 160\text{m/sec}$ を火山灰質粘性土、 $V_s = 160 \sim 180\text{m/sec}$ を火山灰質粘性土と火砕流堆積物(礫質土)が混在する地層、 $V_s > 180\text{m/sec}$ を火砕流堆積物(礫質土)と判断した。

また、表面波探査から得られる V_s は地盤強度との相関

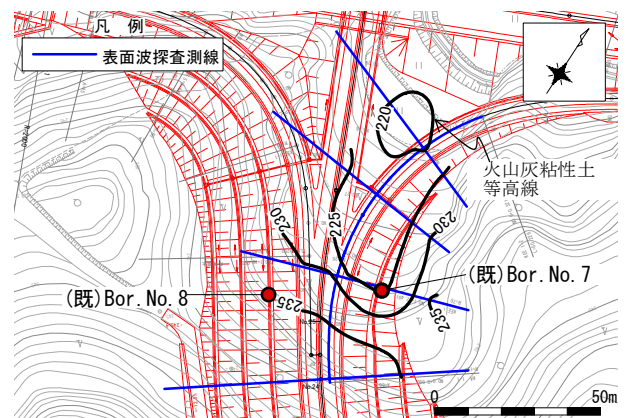


図-1 A地区平面図

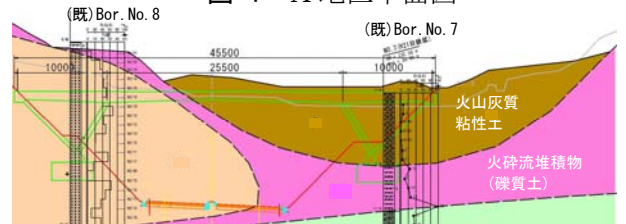


図-2 調査ボーリングのみの地層想定断面図

キーワード：地盤調査法、地震探査、表層崩壊

連絡先 〒812-0894 福岡県福岡市博多区諸岡 5-25-25 日本地研(株) TEL092-571-2764・FAX092-571-2768

が高く、道路橋示方書では N 値からの V_s の推定式がある。

今回、 N 値からの推定 ($V_s=(80, 100N^{1/3})$) と実測 V_s で比較検証を試行してみた。 N 値 5 以上の砂質土では実測 V_s は 200m/sec と N 値換算の $V_s=135$ m/sec より速度が速い結果であった。また、 N 値 0 の火山灰質粘性土での実測 V_s は 120~130m/sec である。よって、A 地区の地盤は N 値からの推定式よりも剛性の高い地盤の評価となった。

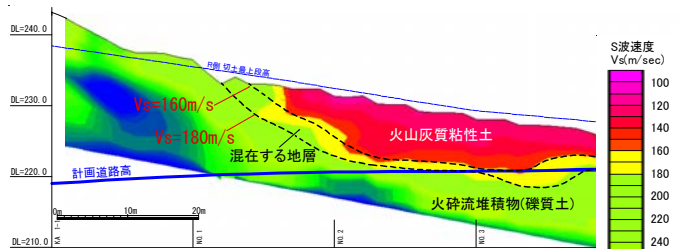


図-3 A 地区道路縦断方向の表面波探査結果

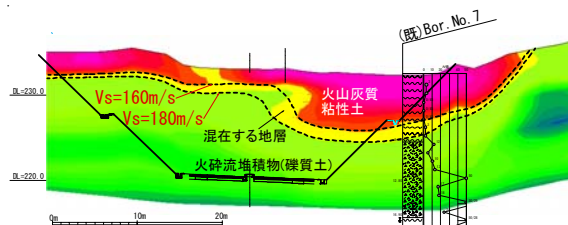


図-4 A 地区道路横断方向の表面波探査結果

2) B 地区

A 地区のような平坦地では、精度のよい探査結果が得られたが、図-5 に示すような地表面が起伏に富む砂岩泥岩互層斜面においても表面波探査を実施した。なお、この地区では表面波探査の他に精度を比較する目的で屈折波探査と調査ボーリングを行っている。表面波探査結果を図-6 に示すが、崩積土が 3m 程度堆積している斜面中腹付近はボーリング結果と一致しているが、斜面末端の急崖より下方斜面は地層区分が不明瞭である。一方、図-7 に示す屈折波探査結果は下方斜面の地層構成は把握できているが、斜面中腹でのボーリング結果と P 波速度での地層区分が一致していない。

表面波探査で下方斜面の地層が不明瞭な理由は、写真-1 に示すように地表面に転石が広く分布し不均質であるため、S 波構造が地層構造を反映していないことによると考えられる。また、探査目的の対象土層の地層構成が均一の場合は、表面波探査から得られる S 波速度が地盤強度との関係が高いため、屈折波探査より精度の高い結果が得られている。

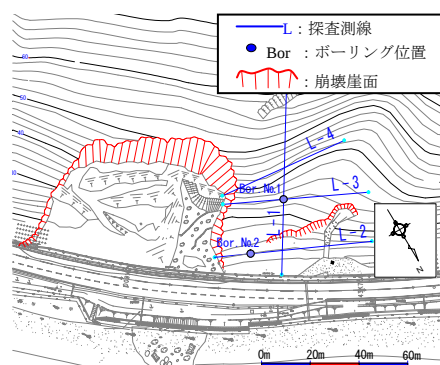


図-5 B 地区平面図



写真-1 下部斜面の転石状況

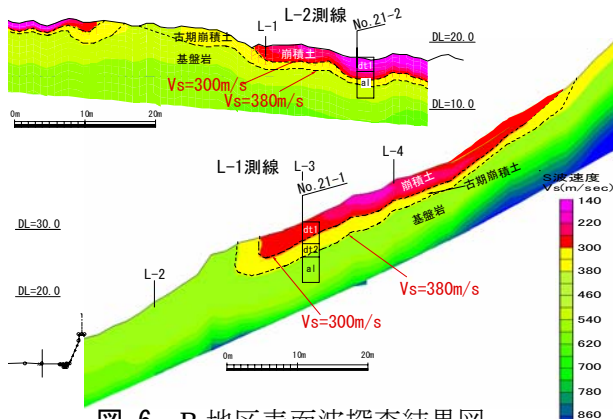


図-6 B 地区表面波探査結果図

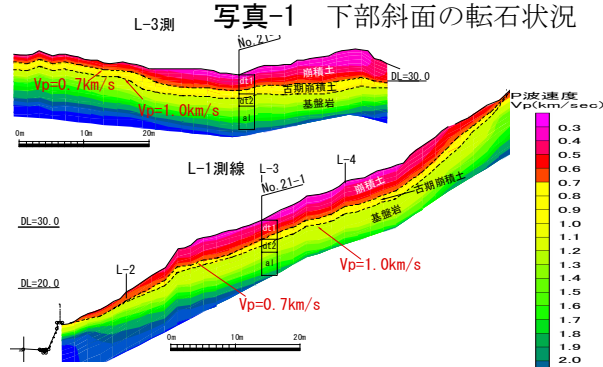


図-7 B 地区屈折波探査結果図

4. まとめ

表面波探査技術は、今回の事例で示すように斜面の表層崩壊などの土層区分調査に適用可能と考えられる。ただ、土質の種類や地形の凹凸などによっては適用限界があることも判った。今後は、探査事例を増やし適用可能な地形地質条件を把握するとともに、データを分析することにより対象地域の地盤定数の把握に努めていきたい。