

表面波探査を用いた「埋設廃棄物」調査事例

応用地質(株) 中部支社 下山 みを

要 旨

不法に投棄され「埋設」された廃棄物の分布範囲等の調査においては、一般的に、聞き取り調査、大量のボーリング調査、および掘削調査等を組み合わせておこなうことが多いが、ボーリング本数、トレンチ掘削土量共に非常に多くなることが多い。今回、表面波探査によって埋設廃棄物の推定分布範囲を効果的に絞り込み、その結果を基にトレンチ調査、ボーリングを実施した。

表面波探査の結果、既往調査で明らかとなっていた2箇所の廃棄物分布範囲以外に、新たに2箇所推定廃棄物範囲が検出され、トレンチ掘削およびボーリングによる確認調査実施箇所を、全体で4箇所に絞り込むことができた。新たに検出された2箇所においては投棄されたキラ土が確認された。産業廃棄物として指定されているキラ土のS波速度は埋設廃棄物と同様であったため、この手法はキラ土を含め廃棄物の埋設範囲の把握に適用可能と考えられる。

1. はじめに

近年、全国的に廃棄物の不法投棄が問題となる地域が多い。東海地域においても、岐阜県での廃棄物の不法投棄問題は記憶に新しい。不法投棄が明らかとなった場合、その種類と量、有害物質による汚染の有無等を明らかにする必要があるが、そのためにはまず廃棄物の分布状況の把握が必要である。廃棄物の調査手順としては、地権者・関係者などへの聞き取り調査を行い、その情報を基にボーリング調査を実施し、さらに機械掘削による確認調査をおこなう場合が多い。しかし、聞き取り調査では分布範囲の推定が困難な場合も多く、以下のような問題がある。

- ・ 大がかりなボーリング調査や機械掘削が必要になるなど、費用と時間がかかる。
- ・ 不正確な情報や誤った情報等もあり、調査着手時の「計画予算」や「工期」に狂いが生じやすい。

地盤を掘削してゴミや産業廃棄物等を投棄・埋設した場合、十分に転圧等がなされているとは考えにくいいため、埋設物は周囲の地山と比較して緩い状態にあると推定される。地盤のS波

速度は、一般に地盤が軟らかいほど遅いため、埋設された廃棄物と地山との間に速度差が生じていると考えられる。そこで表面波探査を適用することで、この速度差から埋設廃棄物の分布範囲の把握が可能と推定される。

今回、産業廃棄物の分布範囲の把握調査に表面波探査を提案し適用する機会を得、ボーリングやトレンチ調査によってその有効性を確認することができたので報告する。

2. 現場状況

調査地は図-1に示すように谷部を盛土し、宅地として造成された区画の一部であり、主に調査範囲の北東部分において、旧谷筋を盛土して造成したものと推定される。また、造成時に東海地方特有の廃棄物であるキラ土（珪砂等の採掘現場等から排出される粘土分を含む残土）が、盛土材として利用されていた。

地元への聞き取り調査によって、調査地近傍に「ゴミが捨ててある」との情報があり、また調査地近傍で推進工法による排水管掘削時に、深度10m付近でタイヤ片が確認されている。さ

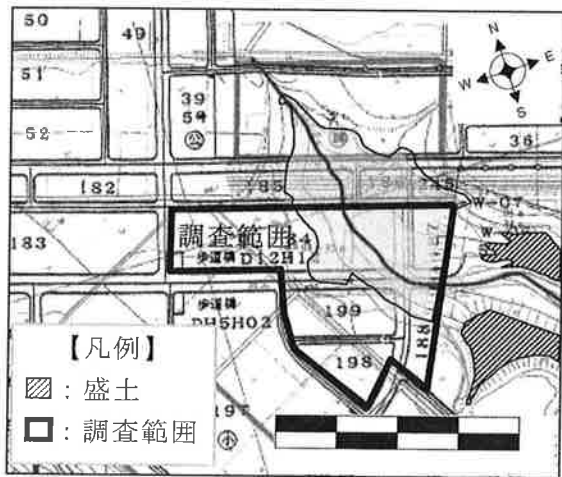


図-1 調査範囲図

盛土厚は昭和45年、昭和55年および平成15年都市計画基本図より推定したものである。

らに、既往調査によって調査範囲内の少なくとも2箇所、ゴム片・タイヤ片等の廃棄物が確認されているものの、現在は整地されており埋設範囲および埋設量は不明である。

3. 調査の流れ

埋設廃棄物調査の流れを図-2に示す。これまでボーリング中心に行われてきた分布範囲の調査に、今回表面波探査を導入し、埋設廃棄物の分布範囲を効率よく把握することができたため、ボーリング本数およびトレンチ掘削量の削減が可能となり、より効率的・経済的に調査を実施することができた。

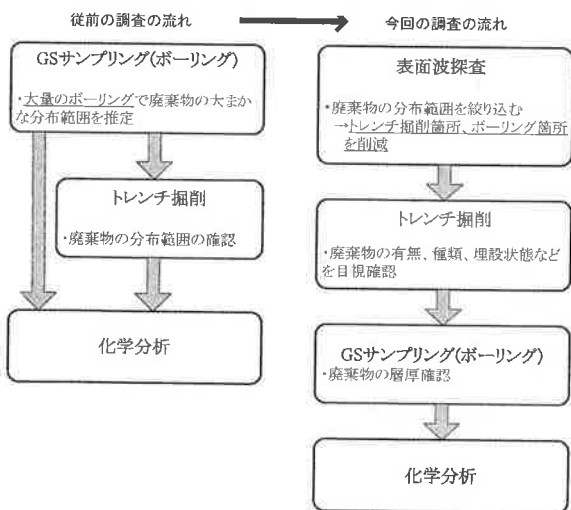


図-2 調査の流れ

4. 測線配置

図-3に表面波探査の測線配置図を示す。測線は30mメッシュを基本とし、現地の障害物等を避けて設定した。なお図-3中で「廃棄物」、「キラ土」と示した範囲は、既往調査において確認されている廃棄物、および盛土材として使用されたキラ土の分布範囲を示している。

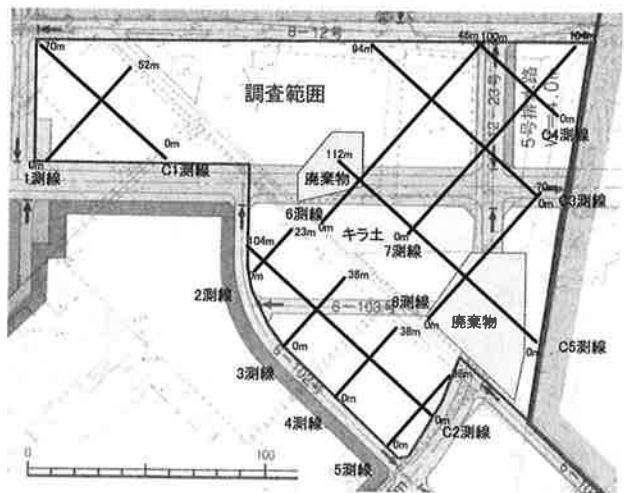


図-3 測線配置図

5. 表面波探査の概要

今回実施した高精度表面波探査は、地表付近を伝わる表面波を多チャンネルで測定・解析することにより、深度20m程度までの地盤のS波速度構造を求める調査である。高精度表面波探査により、今まで困難であったS波速度構造の把握が、簡単にかつ安価に可能となった。

図-4に表面波の伝播の概念図を示す。かけや等で地表面を加振すると弾性波が発生し、地中や地表を伝播していく。このうち、地表面に沿って伝播する波を表面波と呼ぶ。不均質な地盤を伝わる表面波は、その波長（周波数）によ

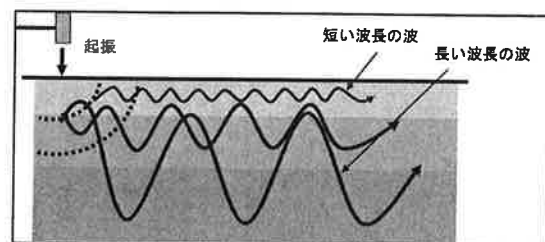


図-4 表面波の伝播

表面波は波長によって伝播速度が異なる。
長波長の表面波：深部の伝播速度を反映
短波長の表面波：浅部の伝播速度を反映

って伝播速度が変化する。図に示したように表面波は波長が長いほど深部までの速度を反映するため、深度が深いほど弾性波速度が速い地盤では、長い波長（低周波数）の表面波は速度が速く、短い波長（高周波数）では速度が遅くなる。波長（周波数）による伝播速度の違いを逆解析することにより、地盤の表面波速度構造を求めることができる。表面波の伝播速度はS波の伝播速度の90～95%であるため、表面波の速度構造から間接的にS波の速度構造を求めることができる。

6. 表面波探査結果

図-5に代表的な表面波探査結果図を示す。この図は、横軸が距離程(m)、縦軸が地表面からの深度(m)、濃淡が地盤のS波速度を示しており、黒色～白色になるに従いS波速度が遅いこ

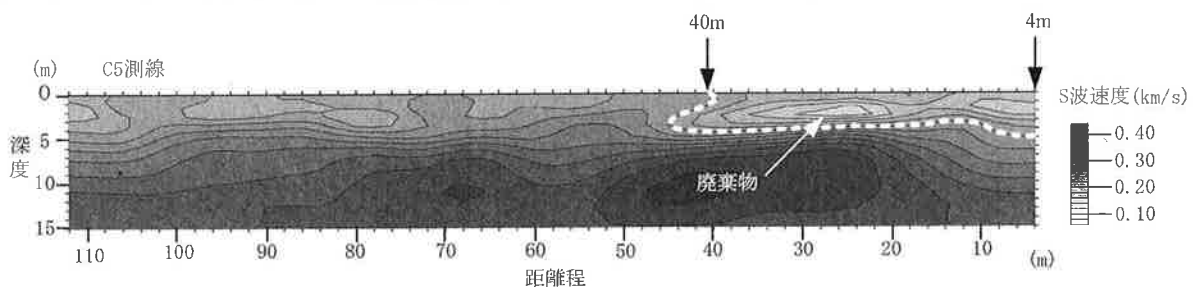


図-5 表面波探査結果図 (C5測線)

とを示している。図-5に示した距離程4～40 m付近は、既往調査によって廃棄物が埋設されていることが明らかとなっている部分である。この部分のS波速度は0.22km/s以下（白色点線で示した範囲）であり、S波速度分布から概ね廃棄物の分布範囲の推定が可能であることが分かる。

7. 掘削調査結果

廃棄物の詳細な実態の確認を目的として掘削調査を実施した。掘削調査は、表面波探査測線上のS波速度の低下範囲端部付近でトレンチ調査を、測線の交差部などでスポット掘削を

実施し、さらに廃棄物層の層厚確認のためにボーリング調査を実施した。図-6に表面波探査で得られたS波速度の低下範囲の平面分布と、掘削調査位置図を示す。

図-7にC5測線におけるトレンチ調査結果およびボーリング調査結果を示す。5箇所のトレンチのうち、T6以外の4箇所で廃棄物が確認された。廃棄物の分布範囲はほぼS波速度0.22 km/s以下であり、表面波探査結果から想定される分布範囲と概ね良い対応を示した。掘削調査で確認された廃棄物は、ベントナイトのような灰色のシルトを主体とし、コンクリートガラやプラスチック、ビニール、ゴム片等が混入したものであった。

トレンチ調査の結果によれば、図-6に示したS波速度の低下範囲のうち廃棄物が確認された地点は、既往調査で埋設廃棄物の分布範囲と

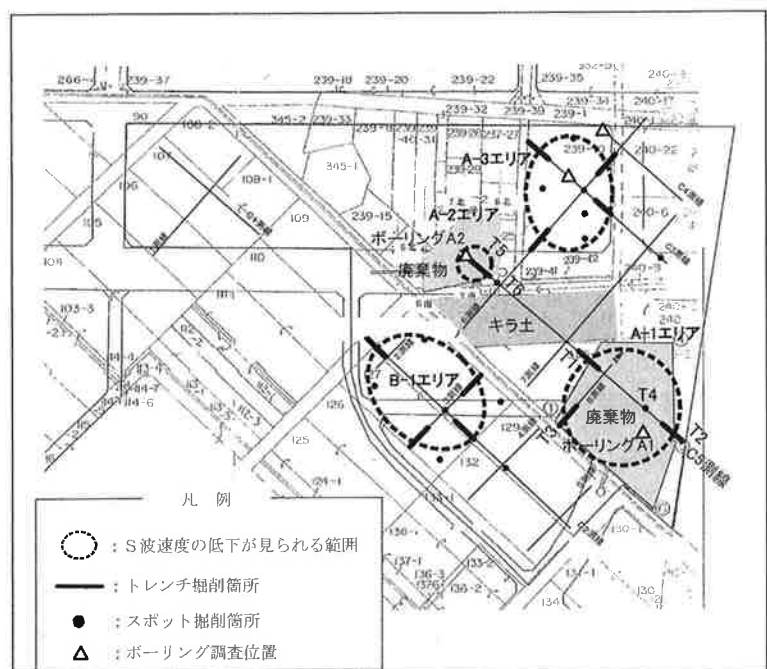


図-6 S波速度の低下範囲分布図および掘削調査位置図

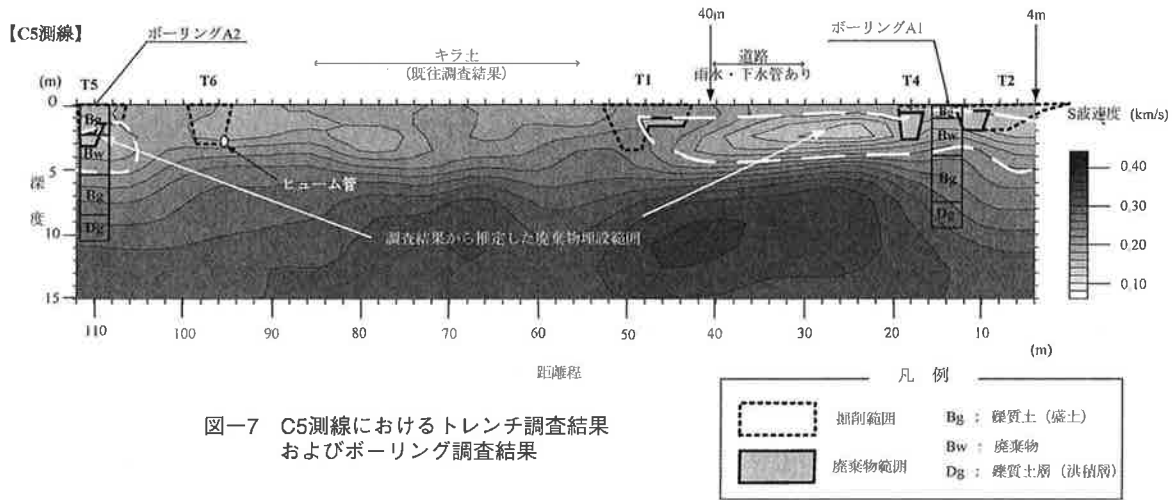


図-7 C5測線におけるトレンチ調査結果
およびボーリング調査結果

指摘されていたA-1エリアおよびA-2エリアのみであり、その他の低速度域（A-3エリア、B-1エリア）はキラ土の分布を反映したものであった。この結果から、埋設廃棄物の分布範囲はA-1エリアおよびA-2エリアのS波速度0.22 km/s以下の部分と推定し、調査範囲全体の埋設廃棄物の総量を約3900m³と推定した。

キラ土のS波速度は、埋設廃棄物（灰色のシルトを主体とし、コンクリートガラやゴム片等を混入したもの）のS波速度とほぼ同様の0.22 km/s以下という低速度を示すため、表面波探査の結果のみから埋設廃棄物とキラ土を判別することは困難であると考えられる。今回の調査ではキラ土は盛土材として使用されており、調査対象の廃棄物ではなかったが、一般的にはキラ土は産業廃棄物として扱われる。したがって、砂礫層や地山を掘削して埋められた廃棄物（キラ土を含む）の分布範囲の把握には、表面波探査の適用が可能と考えられる。

8. S波速度と密度試験結果の対比

ボーリング調査で得られたサンプルを用いて実施した密度試験結果を基に、表面波探査によるS波速度と密度値の相関について検討した。図-8にS波速度と

密度の関係を示す。このデータはボーリング地点における深度毎のS波速度を表面波探査結果から読み取り、各深度のサンプルの密度値との関係を示したものである。サンプル数が35データと少ないものの、廃棄物、盛土、地山それぞれについて以下のことがいえる。

- ① 廃棄物（灰色シルト主体）は、ほぼS波速度0.22km/s以下と試験サンプル相当部の速度としては最も遅い値を示し、密度についても1.6g/cm³~2.0g/cm³と最も小さな値を示した。
- ② 粘土混じり砂礫等を主体とする盛土は、S波速度0.23km/s~0.3km/s程度、密度値は1.7g/cm³~2.2g/cm³とやや広い分布を示した。
- ③ 粘土混じり砂礫等を主体とする地山のS波速度は、0.28km/s~0.35km/sであり、試験サンプル相当部の速度としては最も速い値を

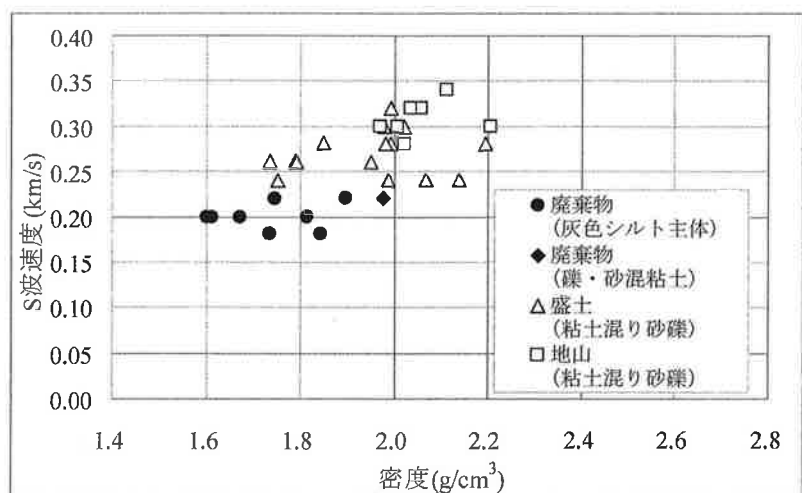


図-8 S波速度と密度値の相関

示した。密度はおよそ $2.0\text{g/cm}^3\sim 2.2\text{g/cm}^3$ であり分布範囲が比較的狭いことが判った。

- ④ 粘土混じり砂礫における盛土と地山との違いは、S波速度については盛土で 0.24km/s 以上（平均 0.27km/s ）、地山で 0.28km/s （平均 0.31km/s ）の差に、密度については盛土で 1.73g/cm^3 （平均 1.95g/cm^3 ）、地山で 2.0g/cm^3 （平均 2.05g/cm^3 ）の差として現れている。

9. まとめ

埋設廃棄物の分布および全体量把握のため、一次調査として表面波探査を適用し、廃棄物の分布範囲を絞り込み、トレンチ調査、ボーリング調査による確認調査を実施した。今回の調査で得られた知見について、以下にまとめる。

- ・ 地山を掘削して埋めた埋設廃棄物（生活ゴミ、コンクリートガラ、ゴム片等）の分布範囲を把握する調査には、表面波探査が有効であり、効果的に確認調査箇所や数量を絞り込むことで、調査費の低減を図ることが可能となる。
- ・ 盛土中に埋められた埋設廃棄物についても、地山を掘削して埋められた場合と比べると速度差や密度差は小さいものの、傾向的には低速度、低密度と認められ、本調査のような分析を行うことで検出が期待できる。
- ・ 埋設廃棄物だけでなく、東海地方特有の廃棄物である「キラ土」の分布範囲や、人為的に開削が行われた部分もS波速度の低下範囲として検出され、砂礫層や地山を掘削して埋められたキラ土の分布範囲の把握にも表面波探査の適用が可能と考えられる。
- ・ 今回はボーリング調査で得られたサンプルの密度試験結果とS波速度の間に、一定の相関が認められた。しかしデータ数が少ないことから、今後同様のデータを蓄積し活用できる形にまとめていきたい。