

2次元表面波探査を用いた盛土の健全性評価

岐阜大学 非会員 西垣 直毅

正会員 檜尾 正也 八嶋 厚 沢田 和秀

NPO 法人 地盤防災ネットワーク 正会員 村田 芳信

中日本高速道路株式会社 正会員 川井田 実

1. はじめに

盛土は安価で施工性に優れているため、道路や河川堤防等に多く用いられている。従来盛土は年数を経る程、安定性が増すと考えられてきたが、2009年8月11日の駿河湾の地震において東名高速道路の盛土のり面が崩壊したように、雨水等の流入や地震動によって盛土のり面が崩壊する事例が報告されている。盛土の安定性を評価するためには、盛土内の密度を把握することが重要である。降雨（浸透水、水位の変化）や盛土本体および周辺地盤の変形等で盛土の安定性が変化する。そこで本研究では盛土の健全性を評価するために、地盤の密度を間接的に把握できる、2次元表面波探査を適用した。軟弱地盤上に構築された試験盛土において計測を実施し、対策工の有無が盛土の健全性に及ぼす影響を検討した。

2. 2次元表面波探査

2次元表面波探査は、測定時間が短く測定が容易であり、広範囲の調査を迅速に行うことができる。図1に表面波探査の原理を示す。表面波は波長の長さによって伝播する深さが異なり、短い波長の波は地盤の浅い地点を伝わり、長い波長の波は深い地点を伝わる。この性質を利用して、地盤の深さごとのS波速度を求められる¹⁾。得られた地盤のS波速度構造から、盛土内部の地盤の硬さや緩みの範囲を捉えることができる。

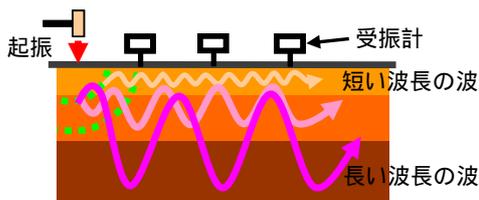


図1 表面波探査の原理

3. 計測条件

3.1 計測方法

固有周期4.5Hzの速度型地震計を1~2mの等間隔で側線上に設置し、ケーブルを通して測定器につなげる。質量100Nのかけやで地表面を起振し、発生した表面波を測定器に収録する。計測によって得られた表面波速度より地盤のS波速度構造解析を行い、S波速度分布を算出する。

3.2 計測対象

2次元表面波探査を実施した計測場所は、建設中の舞鶴若狭自動車道の盛土区間である。福井県若狭町向笠工区に施工された試験盛土を対象とした。図2

に対象地域の地質断面図を示す。この地区の地盤は粘性土層と腐植土層、砂層が互層状に堆積している。砂層および腐植土層ではN値は概ね1未満を示し、きわめて軟弱な地盤である。この試験盛土は、軟弱地盤の対策工として2種類のドレーン工法が施工された区間と、無対策区間の3通りの区間で構成されている。ドレーン材によって圧密を促進させている対策部分の沈下が10mを超え、盛土の構築完了から3年弱経過した現在でも沈下が継続している。対策工の有無によって表面波探査の結果にどのような違いが現れるかを考察した。

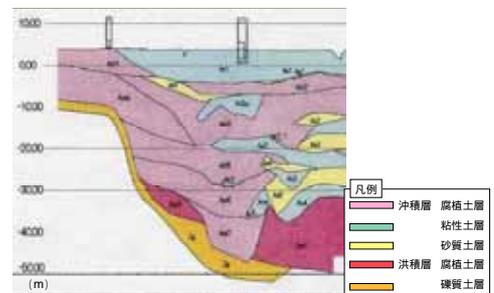


図2 地質断面図

3.3 計測箇所

図3に、計測を行った試験盛土の平面図を示す。ここには計測を行った測線と対策工の場所を記載する。計測は盛土縦断方向と横断方向について実施した。縦断方向は天端、上小段、下小段の3側線で、測線距離はいずれも113m、横断方向は横断1、横断2の2測線で測線距離はいずれも47mである。図4に縦断方向の表面波探査より求めたS波速度構造を、図5に横断方向のS波速度構造を示す。

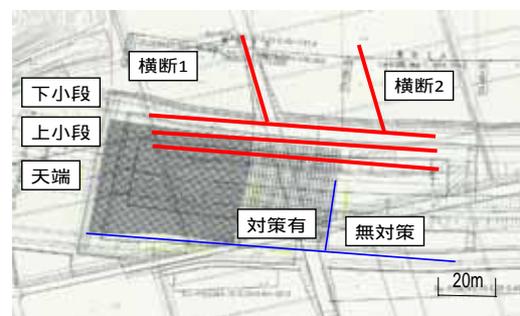


図3 試験盛土の平面図

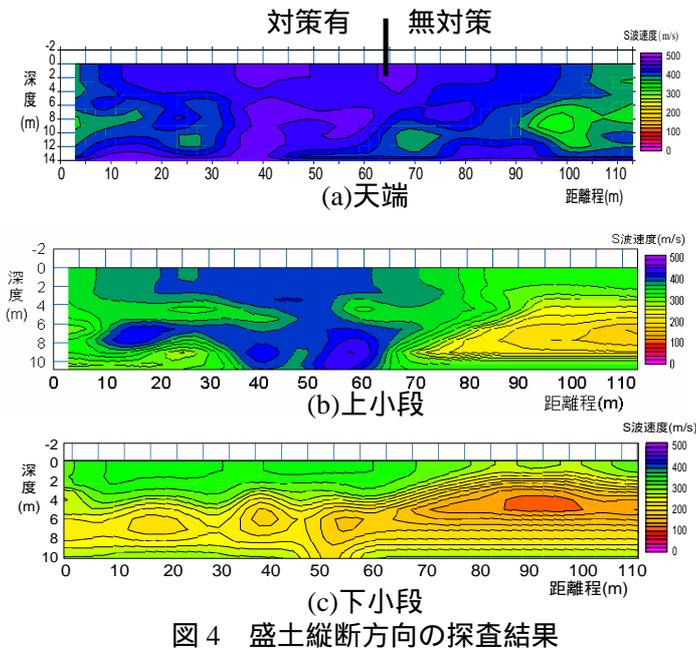


図4 盛土縦断方向の探查結果

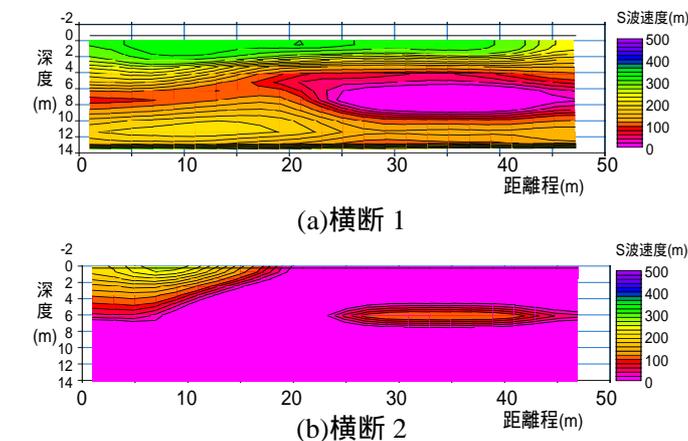


図5 盛土横断方向の探查結果

4. 計測結果

盛土縦断方向の表面波探查結果の考察を行う。図4 (b)では、盛土の天端では対策工の有無にかかわらず様に早い速度分布となっている。図4 (b)の上小段(押さえ盛土の上段)では対策区間に比べて、無対策区間はS波速度が遅くなっていることが分かる。また、上小段の盛土高はおよそ5mであるが、対策区間では沈下が大きく生じているため深い部分まで盛土が入り込んでおり、その結果が(b)図中央の青い部分に表れている。一方、無体策区間では盛土部分であっても、対策区間と比べS波速度が遅い。

次に、盛土の横断方向の探查結果の考察を行う。図5(a)横断1では、道路上での計測のため表層のS波速度は速くなっているが、深度3m以深は遅くなっていることがわかる。さらに横断2では、全体的にS波速度が遅くなっている。このことから、盛土以外の場所では、非常に軟らかい地盤ということが分かる。また、図5(b)横断2より、距離程0~20m付近に比較的硬い層がある。これは盛土が沈下し盛土部分が水平方向に押し出されるため、図5(b)横断2に硬い部分があると考えられる。盛土の沈下によって、縦断方向だけでなく、水平方向にも変位していることが分かった。

次に、対策区間と無対策区間の横断図と表面波探查を組み合わせたもので、盛土の沈下の様子を確認する。図6に各小段の表面波探查結果の組み合わせた対策区間と無対策区間の結果を示す。この盛土地点では軟弱地盤であるため盛土を施工すると、地盤が沈下している。(a)図は対策区間のもの、(b)図は無対策区間のものである。またそれぞれの図中にひいたプロット付きの線は定期的に行っている動態観測で得られた地盤の地表面沈下形状を示す。盛土の沈下は対策区間では最大10.7m、無対策区間では最大6.7m沈下している。図6より盛土の沈下形状と表面波探查結果の対応は良く、盛土がどこまで沈下しているか、その沈下によって周辺地盤がどれだけの範囲で剛性がどれだけ変化しているかを調査することができる。

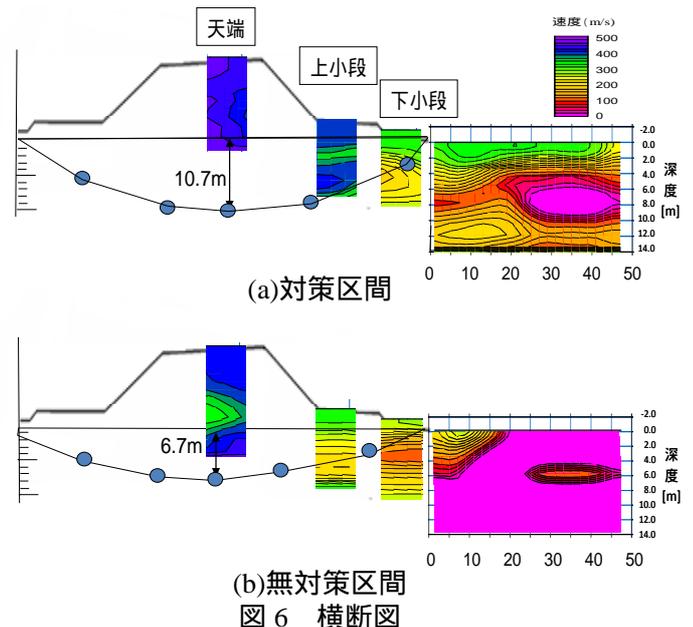


図6 横断図

5. まとめ

今回の計測結果と動態観測結果とはよい対応関係が得られている。したがって、表面波探查を用いて地盤内部のS波速度構造を捉えることで、以下の事項が言える。

- ・ 盛土内部のS波速度構造から盛土の締め固め状況が分かり、施工のチェックを行うことができる。
- ・ 盛土による周辺地盤への影響を検証できる。
- ・ 地盤の沈下や変形に合わせて変化する盛土内部状態の把握が行える。
- ・ 定期的な調査を行うことで、盛土の内部や周辺地盤の状態を把握することで、より詳細な安定性の評価ができる。

謝辞

本研究は、道路保全技術センターの道路防災研究開発により遂行しました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) (社)物理探查学会：物理探查適用の手引き - 土木探查マニュアル 2008 - , pp.91-109, 2008.