

多点表面波探査法による高速道路盛土のせん断波速度測定

(株)愛媛建設コンサルタント 田窪 裕一
 (株)愛媛建設コンサルタント 神野 邦彦
 愛媛大学大学院 佐伯 嘉隆
 愛媛大学大学院 森 伸一郎

1. はじめに

今世紀前半での発生が懸念されている南海地震に備えて、高速道路盛土の耐震性能評価手法を確立する必要がある。盛土の耐震安全性を評価する場合、盛土の地震時の応答特性を適切に評価する必要があるが、既存盛土の場合、堤体のせん断波（S波）速度を測定・評価することが望まれる。表面波探査は測定が容易なため、相対的に短時間・低コストで広範囲のS波速度構造を求めることができる。

著者らは、高知自動車道の伊野 IC～須崎東 IC までの約 10km 区間 11 地点における軟弱地盤上の盛土を対象に、多点表面波探査法(MASW)により盛土堤体の速度構造を評価した^{1),2)}ので、その一部を紹介する。

2. 測定地点と測定方法

(1) 測定地点

図-1 に高知自動車道における表面波探査の実施地点を示す。測定場所は、高知自動車道の伊野 IC～須崎東 IC 間の 130.650kp から 140.700kp の約 10km 区間の 11 地点 19 測線である。当該区間は丘陵間に軟弱層が 15～35m 程度堆積している。一部の盛土区間では軟弱地盤対策として、サンドドレーンや敷網、深層改良が施工されている。

(2) 測定方法

表面波探査は、表面波(レイリー波)の分散性(周波数によって異なる伝播速度となる性質)を利用して地下構造を探査する方法である。多点表面波探査法は、この表面波を直線上に多数配置したセンサー(ジオフォン)で測定・解

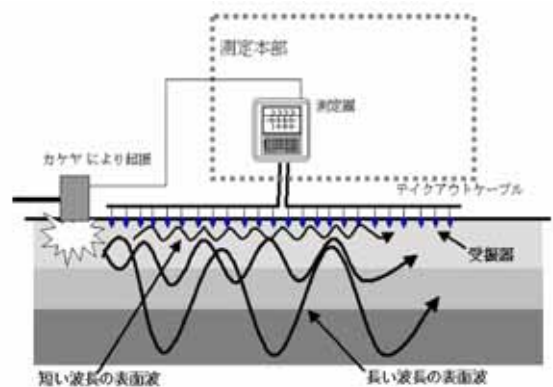


図-2 多点表面波探査法の測定概念図

析することにより深度 20m 程度までの地盤の S 波速度を二次元断面として画像化する手法である。図-2 に表面波探査法の測定概念図を示す。多チャンネルを利用することにより、1 回の起振で数箇所位相情報を取得することができ、効率よく高密度的な位相情報を得ることができる。本測定では探査深度や作業効率を考慮して、受振器には 4.5Hz の速度計ジオフォンを用い、基本的に 2.0m 間隔で設置し、24 チャンネルで測定した。また、表面波の起振は人工起振であり、カケヤにより地面を鉛直方向に打撃して表面波を発生させた。

図-3 に表面波探査の測線配置例を示す。測線は盛土法肩、小段、法尻および周辺地盤における盛土軸方向に設置した。

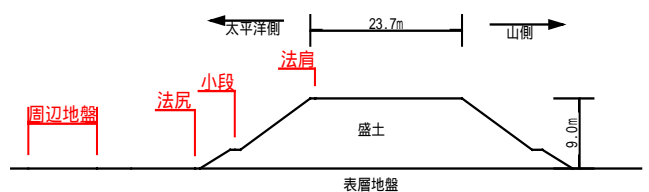


図-3 表面波探査の測線配置例(140.450kp 地点)

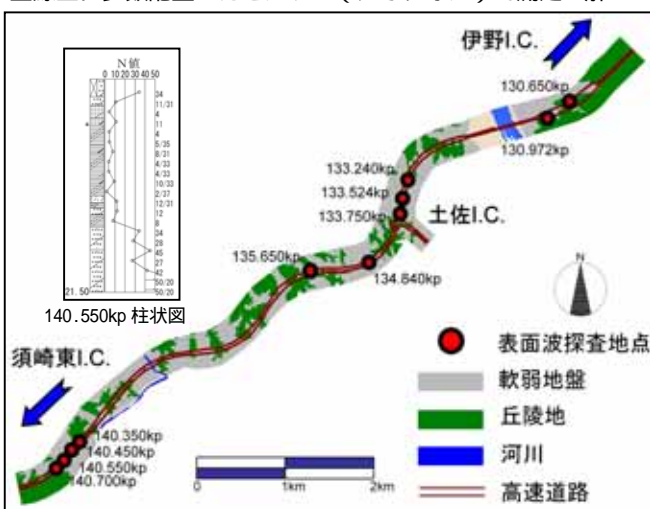


図-1 高知自動車道における表面波探査の実施地点

3. 解析方法と解析結果

(1) 解析方法

測定した観測波形記録群のスペクトル分析によりセンサー間での分散曲線(周波数 - 位相速度)群を得ると同時に表面波の分散理論に基づき対応する一次元速度構造を得る。その分散曲線の一次結果を吟味して連続性、高次モード、理論的不適切性の観点から削除すべき周波数データを選定して二次分析を行い、同様に逆解析により速度構造

を得る。得られた二次元速度構造を測線方向にならべて二次元せん断波速度コンターを描くことができる。

(2) 解析結果

例として、140.450 KP 地点の盛土法肩で実施した測定結果を例示する。測線方向は須崎東 IC 側が起点、伊野 IC 側が終点である。図-4 に最終的なレイリー波分散曲線を示す。図-5 に速度分布二次元コンター図の作成例を示す。盛土法肩で行っているので、深さ 9m までが盛土でその下は建設前の地盤である。堤体内の速度構造がよくわかる。測定区間の両端では逆転しているが、中央部分では S 波速度は 300~340m/s であり、わずかではあるが深くなるほど大きくなる傾向が読みとれる。

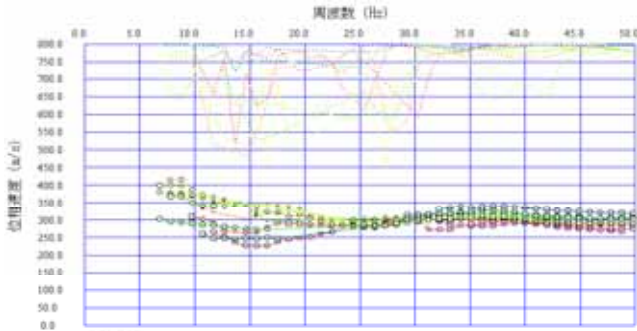


図-4 レイリー波分散曲線例(140.450kp 法肩)

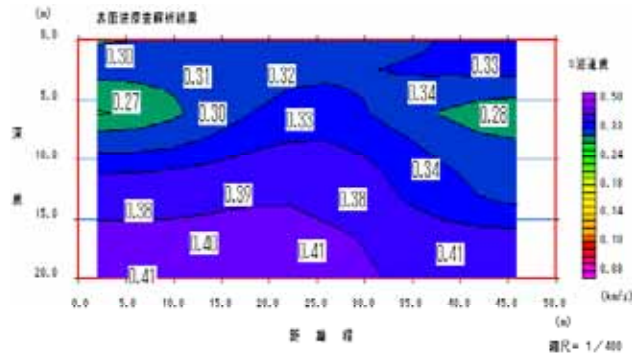


図-5 速度分布二次元コンター図例(140.450kp 法肩)

図-6 に同じ地点で行った法肩、小段、法尻、自由地盤において得られた各区間での、表面波探査による平均化 S 波速度構造断面図を示す。地盤においては深くなるほど S 波速度は大きくなる傾向が読みとれる。盛土堤体内ではその傾

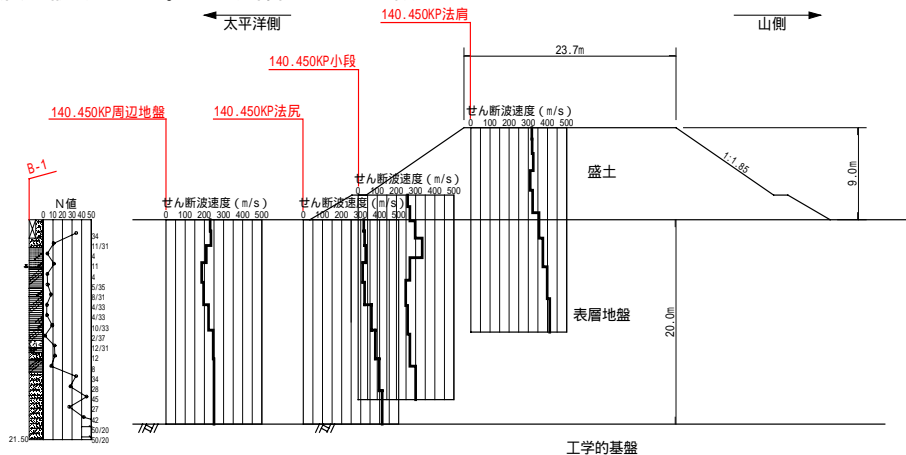


図-6 140.450kp 地点の表面波探査による平均化 S 波速度分布断面図

向は顕著ではないものの図-5 でも明瞭のように、わずかではあるが深くなるに連れ S 波速度が大きくなっている様子が検出され、土の拘束圧依存性を反映した速度構造が評価できている。

4. 結論

高知自動車道における軟弱地盤区間の盛土を対象に、多点表面波探査法による盛土の S 波速度を測定した。得られた結論は以下の通り。

- 1) 例示した区間での盛土のせん断波速度は V_s については、300~340m/s であり、わずかではあるが深くなるほど大きくなる傾向があった。
- 2) 盛土堤体の速度構造の違いが評価できた。

本測定を通じ、盛土堤体など広範囲を対象に効率的に耐震性能評価を行うためには、短時間に広範囲の計測が可能で、他の方法に比べて相対的にコストと品質の両面で総合的に優れた表面波探査の活用が有効であることがわかった。

謝辞

本研究は、地盤工学会四国支部内に設けられた「NEXCO 西日本四国支社 耐震性評価手法検討委員会」(委員長 愛媛大学 矢田部龍一教授)の研究の一環として実施したものです。実施に当っては、NEXCO 西日本四国支社の関係者の皆様には大変お世話になりました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 田窪裕一, 神野邦彦, 森伸一郎, 佐伯嘉隆, 河野幸一: 表面波探査による高速道路盛土堤体の S 波速度, 土木学会四国支部第 13 回技術研究発表会講演概要集, pp. 232-233, 2007.5.
- 2) 田窪裕一, 神野邦彦, 佐伯嘉隆, 森伸一郎, 河野幸一: 表面波探査による高速道路盛土堤体のせん断波速度, 第 42 回地盤工学研究発表会, 2007.7.