

## 表面波探査による砂質地盤上の道路盛土のせん断波速度構造の評価

盛土, 増幅, S波速度

愛媛建設コンサルタント 正会員 ○田窪 裕一  
 愛媛建設コンサルタント 正会員 神野 邦彦  
 愛媛大学大学院 学生会員 佐伯 嘉隆  
 愛媛大学工学部 国際会員 森 伸一郎

## 1. はじめに

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. 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. 森らは, 高知自動車道の粘性土地盤上の盛土において, 自由地盤より盛土堤体直下の地盤の S波速度が速くなることから盛土による拘束圧の影響を明らかにした<sup>1)</sup>. 田窪らは, 多点表面波探査法 (MASW) を用いて盛土堤体や周辺地盤の S波速度構造を評価した<sup>2),3)</sup>. 本論文では, 徳島自動車道の砂質地盤上の道路盛土を対象として, 盛土地盤の S波速度を測定・評価する.

## 2. 測定地点と測定方法

図-1 に徳島自動車道における表面波探査の測定地点を示す. 測定地点は徳島自動車道の KP0.46~KP11.69 の約 11km 区間の 5 地点 15 測線であり, 吉野川の下流域左岸側に位置する. 当該区間は吉野川の氾濫原堆積物が広く堆積しており, 既往のボーリング調査結果によれば, N 値 2~12 程度の沖積砂質土層 (一部, 粘性土を挟んでいる) が層厚 25~40m 程度堆積している.

表面波探査は, 表面波の分散性 (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索する方法である. この方法は, 直線上に振動計を多数配置して測定・解析することにより深度 20m 程度までの地盤の S波速度を効率よく探査することができる. 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 24 個を 2.0m 間隔で設置し, 24 チャンネルで測定した. 起震はかけや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-2 に表面波探査の測線配置模式図を示す. 測線は盛土法肩, 盛土法尻, 自由地盤 (盛土法尻より盛土幅分離れた地点) に設置した.

## 3. 測定結果と考察

例として, KP1.60 地点の盛土法肩で実施した測定結果を例示する. 図-3 に S波速度分布二次元コンター図の作成例を示す. 盛土法肩で実施しているため, 深さ 6.4m までが盛土で, その下は建設前の自然地盤である. 測定区間の S波速度構造がよくわかる. 両端ではやや S波速度が低いものの, 中央部分では S波速度は 300~360m/s であり, おおむね一様な速度構造となっている. 図-4 に KP1.60 地点の盛土法肩, 盛土法尻, 自由地盤において得られた平均化 S波速度構造断面図を示す. 盛土堤体内の S波速度は 320~350m/s であった. また, 盛土直下地盤と自由地盤の S波速度を比較すると, 盛土法肩における盛土直下地盤の S波速度は 310~360m/s, 盛土法尻における盛土直下地盤の S波速度は 170~230m/s, 自由地盤では S波速度は 140~170m/s であり, 盛土法肩における盛土直下地盤の S波速度が自由地盤や盛土法尻直下の地盤よりかなり大きいことがわかった. これは盛土の上載効果により下部地盤が圧縮され, 剛性の増加が

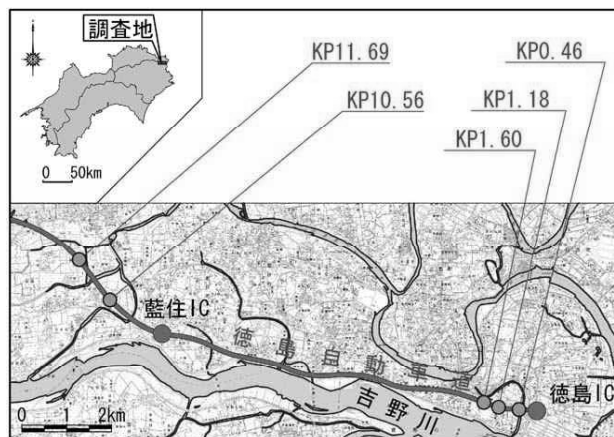


図-1 徳島自動車道における表面波探査の実施地点

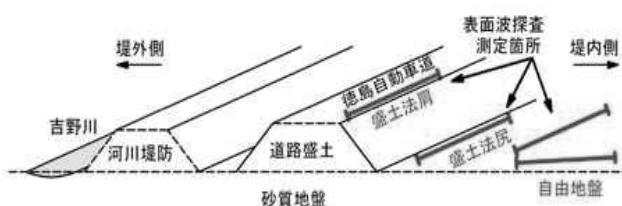


図-2 表面波探査の測線配置模式図

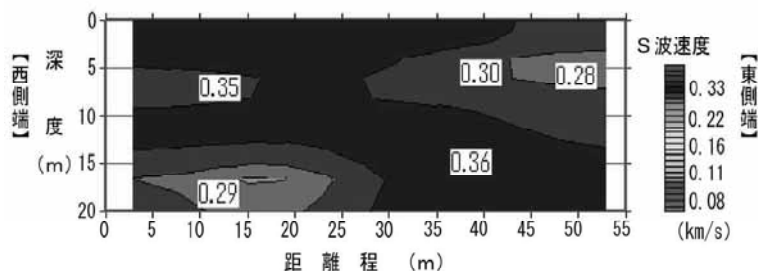


図-3 S波速度分布二次元コンター図例 (KP1.60 法肩)

## Evaluation of shear wave velocity structure of highway embankment on sandy soils by surface wave survey

Y.Takubo (1, Ehime Kensetsu Consultant), K.Kohno (1), Y.Saeki (2, Ehime University), S.Mori (2)

表-1 表面波探査による平均化 S 波速度の測点・深度別一覧表 (単位: m/s)

測点		KP0.46			KP1.18			KP1.60			KP10.56			KP11.69			平均
探査箇所		法肩	法尻	自由地盤	法肩	法尻	自由地盤	法肩	法尻	自由地盤	法肩	法尻	自由地盤	法肩	法尻	自由地盤	
盛土		304	-	-	294	-	-	338	-	-	362	-	-	337	-	-	327
自然 地盤	GL-0~5m平均	253	266	274	231	199	193	330	188	153	352	246	173	263	185	163	231
	GL-5~10m平均	283	191	157	214	180	235	335	174	142	385	314	210	270	193	170	230
	平均	268	229	216	223	190	214	333	181	148	369	280	192	267	189	167	231

見込まれたことが考えられる。

表-1 に測定地点毎の平均化 S 波速度を示す。盛土と自然地盤に大別して示し、自然地盤については GL-0~5m, GL-5~10m に深度を区分した。盛土の S 波速度は 290~360m/s の範囲にあり、平均値は約 327m/s となった。各地点毎の自然地盤の S 波速度の平均値は、盛土法肩で 210~390m/s, 盛土法尻で 170~280m/s, 自由地盤で 140~270m/s の範囲にあり、盛土の上載効果の影響が大きい測定箇所ほど S 波速度も大きくなる傾向にある。自然地盤における深度と S 波速度の関係は、全測定地点における GL-0~5m の平均が 231 m/s, GL-5~10 m の平均が 230m/s であり、明確な相関性は見られなかった。

図-5 に各測点における自由地盤の平均化 S 波速度に対して正規化した盛土法肩および盛土法尻の深さ方向の分布を示す。盛土法尻における盛土直下地盤の S 波速度の比率は深さ方向に対して 1 前後に分布しており、その最大値は 1.2~1.5 倍である。盛土法肩における盛土直下地盤の深さ方向の分布は大きくばらついており、その最大値は 2.0~2.5 倍である。盛土法肩における盛土直下地盤の S 波速度の比率が盛土法尻における盛土直下地盤の比率より大きくなっていることから、砂質地盤においても盛土の拘束圧に依存していることがわかる。

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。

#### 4. 結論

徳島自動車道における砂質地盤上の盛土を対象に、多点表面波探査法による盛土の S 波速度構造を評価した。得られた結論は以下の通りである。

- 1) 盛土堤体内の S 波速度は 290~360m/s であり、盛土堤体の速度構造の違いを評価することができた。
- 2) 自由地盤の S 波速度に対する、盛土法肩および盛土法尻の S 波速度の深さ方向の最大比率分布は、それぞれおおよそ 2.0~2.5 倍, 1.2~1.5 倍であった。砂質地盤においても盛土拘束圧の影響が大きい箇所が S 波速度も大きい傾向にあり、盛土の拘束圧依存性を確認することができた。

**謝辞** 現地測定の実施に当っては、NEXCO 西日本四国支社および徳島管理事務所の関係者の皆様には大変お世話になりました。本研究は、四国建設弘済会の「建設事業に関する技術開発・調査研究」の助成を得て実施したものである。記して謝意を表します。

**参考文献** 1) 森 伸一郎, 佐伯 嘉隆: 異なる拘束圧下にある土層のせん断波速度, 第 42 回地盤工学研究発表会発表講演集 CD-ROM, pp. 337-338, 2007.7

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発表講演集 CD-ROM, pp. 37-38, 2007.7

3) 田窪 裕一, 神野 邦彦, 森 伸一郎, 佐伯 嘉隆: 高知道の軟弱地盤区間における地盤のせん断波速度と N 値の関係, 地盤工学会四国支部平成 19 年度技術研究発表会講演概要集, pp. 71-72, 2007.10

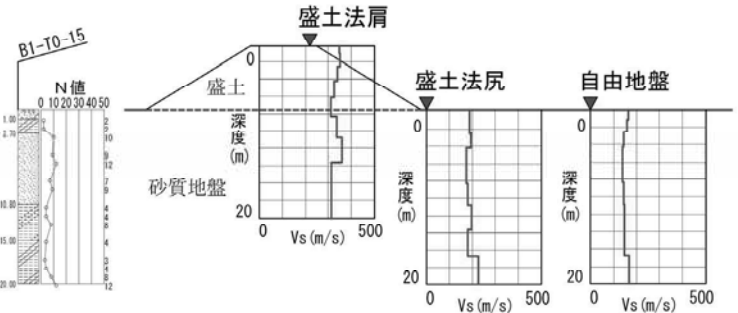


図-4 平均化 S 波速度分布断面図 (KP1.60)

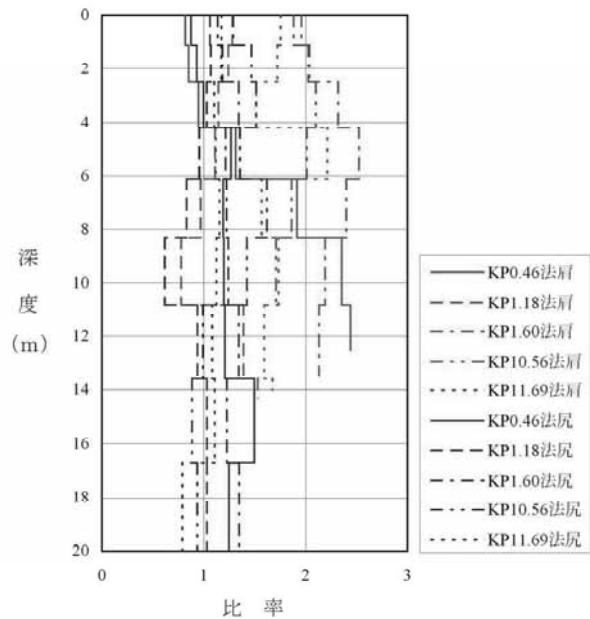


図-5 各測点における自由地盤の平均化 S 波速度に対して正規化した盛土法肩および盛土法尻の深さ方向の分布