

表面波探査による河川堤防の堤体のせん断波速度の統計的性質

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
愛媛大学大学院理工学研究科 フェロー 森 伸一郎
パシフィックコンサルタンツ 正会員 佐伯 嘉隆

1. はじめに

盛土の耐震安全性評価には、堤体や基礎地盤の強度特性を適切に評価する必要がある。既存盛土の場合、表面波探査による現地測定にて、地盤のせん断波速度 (V_s) を測定することが合理的である。著者らは、現地測定で得られる物性に基づく合理的・効率的な盛土耐震性評価手法の研究開発に取り組んでいる¹⁾。本論文では、自然堤防の上に築造されていると考えられる河川堤防を対象として表面波探査を行い、堤体や盛土基礎地盤のせん断波速度を測定し、その統計的性質を評価する。

2. 表面波探査地点と探査方法

図-1 に表面波探査の実施地点を示す。測定地点は徳島県を流れる2つの河川であり、吉野川の下流右岸1地点、桑野川の下流左岸1地点の合計2地点である。両地点の堆積地盤は、砂質土を主体としている。

表面波探査は、地震探査装置 McSEIS-SXW (応用地質社製) を用いて、多チャンネル表面波探法 (MASW) によった、4.5 Hz の速度計 (ジオフォン) 24 個を直線上に 2.0m 間隔で設置し、両端の外側とジオフォン中間点を順にかけやで叩いて発生する表面波を測定・解析することにより、46 m 区間で 20 m 程度の深さまでの地盤のせん断波速度構造を探査できる。



図-1 表面波探査の測定地点

3. 表面波探査結果と盛土直下の堆積地盤地盤におけるせん断波速度の増加

図-2 に吉野川地点および桑野川地点の堤体法肩、堤体法尻、周辺地盤における深さ 20m までの深度区分別平均化 S 波速度分布構造図を示す。堤体部のせん断波速度は、吉野川地点では 190~220m/s で平均値に対するばらつきは 7%であった。また、桑野川地点においては 210m/s 程度でばらつきは 1%以下であった。いずれの地点においても、堤体のせん断波速度は比較的均質で $V_s=190\sim 220\text{m/s}$ である。得られたせん断波速度を N 値に換算すると、 $N=13\sim 21$ であり、よく管理されていると考えられる。

堆積地盤におけるせん断波速度は、いずれの測定箇所においても深度方向に増加する傾向が見られる。吉野川地点では、堤体法肩の堤体直下地盤では深さ方向に僅かに漸増している。法尻では、深さ 10m までは深さ方向に微増し $V_s=220\sim 240\text{m/s}$ であり、堤体下の地盤と同等のせん断波速度である。一方、周辺地盤では深さ 6m までは $V_s=150\sim 200\text{m/s}$ で極めて緩いが、それ以深になると、 $V_s=250\sim 300\text{m/s}$ となり締まった地盤となり、これは自然堤防であると推察される。桑野川地点においては、堤体下の地盤と周辺地盤とはせん断波速度構造がほぼ同じで、地盤構成が同じと考えられる 8m 以浅では堤体下のほうが僅かに大きく、上載圧による拘束圧増加に伴うせん断剛性の増加が認められる。

表-1 に各地点の平均化せん断波速度構造を基にした深度区分別平均 S 波速度を示す。堆積地盤については、深さ 0~5m, 5~10m, 10~15m,

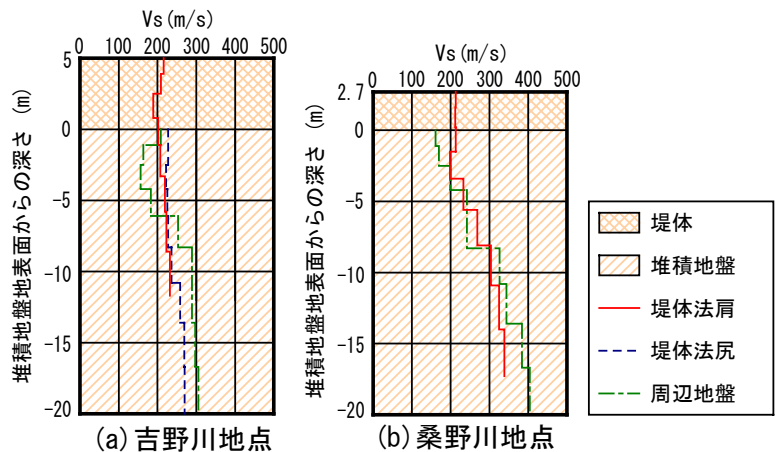


図-2 平均化 S 波速度分布構造

15～20mの4区間に分割した。いずれの測定箇所においても深度方向にS波速度が大きくなっている。吉野川地点のせん断波速度は、深度0～5mでは堤体法肩直下>周辺地盤であるが、深度5～15mでは堤体法肩直下<周辺地盤となっている。桑野川地点では、深度0～5mで吉野川地点と同じく堤体法肩直下>周辺地盤であるが、深度5～10mで堤体法肩直下=周辺地盤となり、10m以深では堤体法肩直下<周辺地盤の結果を得た。

表-1 平均化S波速度の河川・深度別一覧 (単位: m/s)

河川名	吉野川			桑野川	
	法肩	法尻	周辺地盤	法肩	周辺地盤
探査箇所					
盛土高(m)	5.0	-	-	2.7	-
盛土	203	-	-	213	-
自然 地盤	GL-0～5m平均	210	225	174	214
	GL-5～10m平均	225	230	250	278
	GL-10～15m平均	232	257	291	324
	GL-15～20m平均	-	270	302	339
	平均	222	246	254	289

4. 深さ方向に対するせん断波速度の統計的性質

吉野川地点と桑野川地点における、表面波探査によって得られたせん断波速度と深度の関係を図-3に示す。いずれの地点も堆積地盤は砂質土を主体としているが、上載圧による拘束圧増加に伴いせん断波速度が増加する傾向が現れており、吉野川地点で $V_s=5.5z+190$ 、桑野川地点で $V_s=11.5z+171$ の相関式が得られた。

次に、深さ方向のせん断波速度の傾向を把握するため、深さごとにせん断波速度を統計処理して変動係数を求めた。図-4に、測線単位で深度区間ごとに算定した、せん断波速度の変動係数と深度の関係を示す。せん断波速度の変動係数は、概ね8%以下であり変動幅は比較的小さい。また、深さが浅いほど変動係数が大きくなる傾向があり、吉野川地点と桑野川地点を合わせて統計したデータから、 $CV=-0.096z+3.33$ の相関式を得た。これは、表層付近の堆積地盤は盛土上載圧の影響を敏感に受けるため、地質の性状の相違や盛土材の不均一性などの要因によって、せん断剛性が変化し易いためであると推察される。

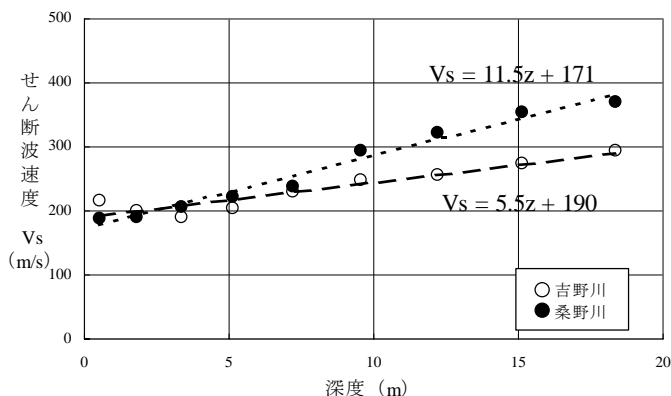


図-3 せん断波速度と深度の関係

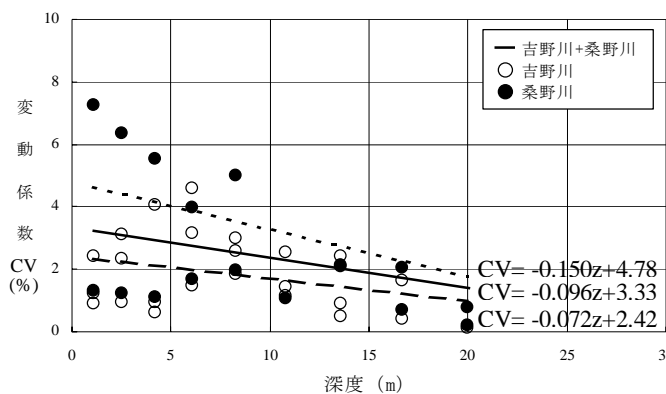


図-4 せん断波速度の変動係数と深度の関係

5. 結論

徳島県の桑野川および吉野川の河川堤防を対象に表面波探査を実施し、堤体および周辺地盤のせん断波速度構造を評価した。結論は以下の通りである。

- 1) 堤体のせん断波速度は比較的均質で $V_s=190\sim 220\text{m/s}$ であり、よく管理されていると考えられる。
- 2) 堤体直下地盤と周辺地盤の深度区分別平均化S波速度に明確な相違は見られなかったが、いずれにおいても拘束圧依存により深度方向にせん断波速度が大きくなるという砂質地盤の特性が認められた。
- 3) 深さごとのせん断波速度値の変動係数は、深さが浅くなるほど大きくなる傾向があり、表層付近は深部と比べせん断剛性の変化が大きいことを示唆している。

謝辞： 現地測定にあたり、国土交通省徳島河川国道事務所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「平成19年度 建設事業に関する技術開発・調査研究」の助成を得ました。記して謝意を表します。

参考文献 1) 森伸一郎, 神野邦彦, 田窪裕一: 盛土構造物の簡易迅速耐震性評価手法の開発, 第11回(平成19年度)「建設事業の技術開発に関する助成事業」成果報告集(概要版), pp.33-48, 2008