

## 原位置簡易型ベンダーエレメント試験の堤体盛土への適用性検証

秋田大学 学 ○石川侑吾 正 田口岳志 正 荻野俊寛 学 高橋拓弘

### 1. 研究背景及び目的

令和 2 年 7 月に熊本県で発生した集中豪雨により球磨川の 12 箇所において氾濫、決壊が発生した。その内、一部の箇所においては蛇行していた川の形状を整備した箇所だった。つまり直線的な形状の箇所でも想定を上回る豪雨に遭遇した際、決壊の可能性が十分にある。著者らはこの喫緊の課題を解決するために、ベンダーエレメント法を原位置で簡易的に実施でき、最終的には数キロ毎に設置された当該計測装置から、アドホック通信の併用によって、堤防全域の漏水・劣化を遠隔地で迅速に検知することできるシステム(図-2)の構築を目指している。本報告ではベンダーエレメント試験に関する既往の研究<sup>1)~6)</sup>を応用し、それらをセメント改良土に適用した場合の結果を述べる。

### 2. 実験条件および手順

土層の寸法を図-3 に、テストケースを表-1 に示す。土層は真砂土(兵庫県産)と豊浦砂(山口県産)を用い、真砂土にはセメント系固化材として普通ポルトランドセメント(OPC, 宇部興産社製)を添加したものにおいても実験を行った。加水及び固化材添加時にはミキサーを用いた。土層の水槽部(図面左側)に水位が 180mm になるよう水を入れ、その後は水位が一定になるようホースで注水した。水槽からは 1.5mm 格子の通水孔を開けた仕切り板を通して土層内に浸水させた。

### 3. 試験結果及び考察

図-4 は、真砂土原土(固化材添加量  $0 \text{ kg/m}^3$ ) の浸透の様子とベンダーエレメント試験結果である。浸透に伴い波形にノイズがみられたが、せん断波速度  $V_s$  は、時間の経過に伴い一定を保った。図-5 は固化材添加量  $30 \text{ kg/m}^3$  のときの浸透の様子とベンダーエレメント試験結果である。浸透後(60s)の波形が、原土のものと比べてノイズが小さくなっていることが分かる。図-6 の固化材添加量  $100 \text{ kg/m}^3$  のときのものである、添加量が多

いと、土の骨格構造が高位なものとなり、浸透に伴う土粒子の移動が起こり難いと考えられ、波形のノイズも小さくなるはずであるが、このときは逆にノイズが大きくなる結果となった。また、既往の研究において、間隙中の空気や水は  $V_s$  に影響を及ぼさないとされているが、本研究において得られた  $V_s$  を整理した結果(図-



図-1 球磨川の堤防決壊（西日本新聞）

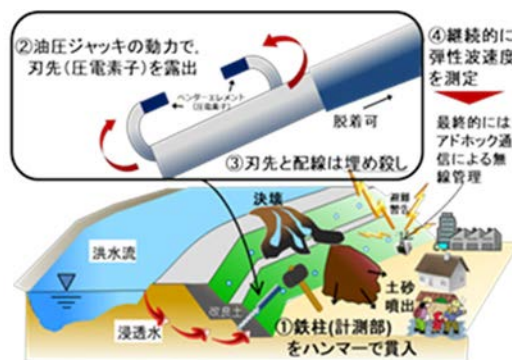


図-2 原位置簡易型ベンダーエレメントシステムの概要

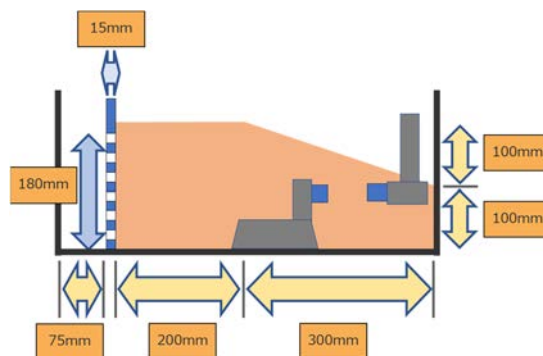


図-3 真砂土層 寸法

表-1 テストケース

| 固化剤添加量<br>( $\text{kg/m}^3$ ) | BE間距離<br>(mm) | 養生時間<br>(day) | 含水比<br>(%) | 計測時間<br>(second) |
|-------------------------------|---------------|---------------|------------|------------------|
| 0                             | 100           | 2             | 10         | 30,60,以降         |
| 30                            |               |               |            | 60 s ごとに         |
| 100                           |               |               |            | 計測               |

キーワード ベンダーエレメント, セメント安定処理土, 測定手法

連絡先 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 TEL 018-889-2360

7) において，せん断波速度  $V_s$  は浸透によって変化していない。

図-8 は土層の材料を豊浦砂(固化材添加量  $0 \text{ kg/m}^3$ ) にして同様に実験したときの浸透とベンダーエレメント試験の様子である。図-4 の真砂土原土の場合と同様に，浸透が進むにつれて波形のノイズが顕著となる。このことは，真砂土や弱改良した真砂土と同様に，土中の土粒子が移動し，土構造に変化があったためと考えられる。しかしながら，その場合，土の構造が変化したとすれば， $V_s$  にも何らかの変化がみられるはずであり，本研究ではそのことが確認できていない。

**4. まとめ** 本報告では，浸透によるベンダーエレメント試験結果の変化を調べるために固化材添加量を変えた土層実験を行った。その結果，S 波が固体間しか伝播しないという特徴の通り，土層に水を浸透させただけではせん断波速度に影響を及ぼさないことが確認できた。しかし，浸透による粒子の移動を波形の乱れで確認できた。このことは堤防劣化などの検知システム開発の手掛かりになる可能性がある。

【参考文献】1) 桑野ら，ベンダーエレメント法を用いた弾性波測定による模型地盤内応力の推定，生産研究，64 巻 4 号 p.623-627，2012. 2) 荻野ら，ベンダーエレメント試験および繰返し載荷試験による泥炭のせん断弾性係数，地盤工学ジャーナル，4 巻 1 号 p. 125-133，2009. 3) Marcos Arroyo, et al, Geotechnical Testing Journal, 33(6):1-10・November 2010. 4) 張ら，安定処理土の弾性波速度測定システムの開発-弾性波速度の測定方法の検討，日本大学術講演会，B-49, 2015. 5) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，地盤工学会. 6) 崔ら，高透水性基礎地盤を有する河川堤防の浸透破壊メカニズムの検討，第 28 回中部地盤工学シンポジウム，p.81-82，2016. [謝辞] 本研究は JSPS 科研費 JP21K04248（代表：田口岳志）の助成を受けたものです。関係各位に謝意を表します。また，固化材は宇部興産株式会社よりご提供頂いたものです。ここに記して謝意を表します。

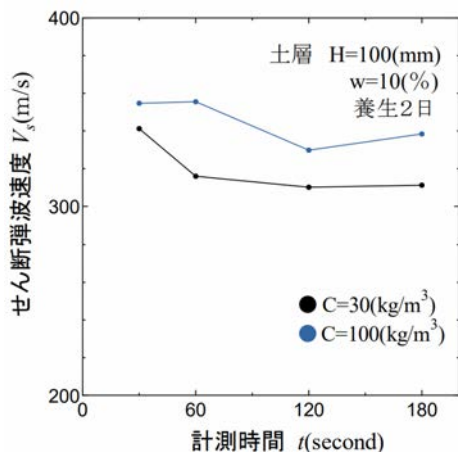


図-7 真砂土の  $V_s$  と  $t$  の関係

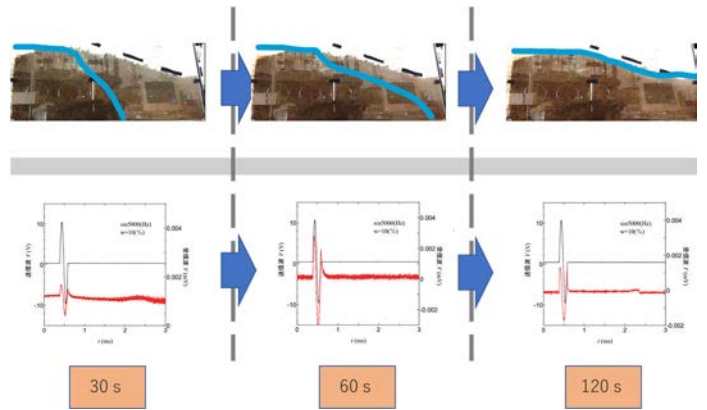


図-4 真砂土層 (C=0) の浸透と波形の変化

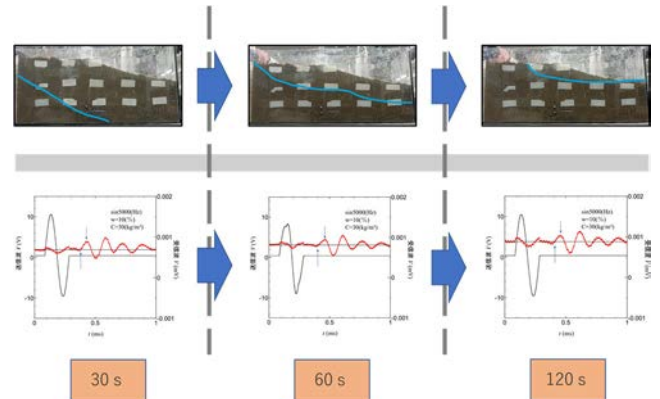


図-5 真砂土層 (C=30) の浸透と波形の変化

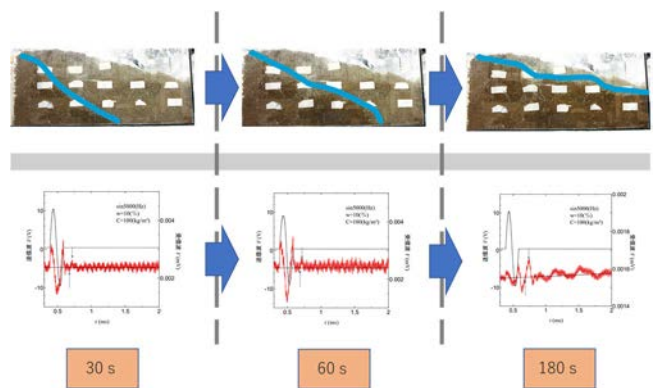


図-6 真砂土層 (C=100) の浸透と波形の変化

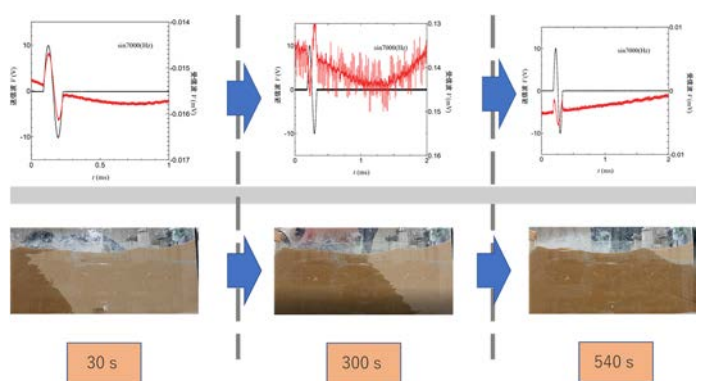


図-8 豊浦砂の浸透と波形の変化