

ベンダーエレメントを用いたセメント改良地盤のせん断波速度測定

清水建設 技術研究所 正会員 西尾伸也
同 上 正会員 堀田洋之
同 上 正会員 内山 伸
同 上 浅香美冶

1. はじめに 従来、セメント改良地盤の性状は、コアサンプルやブロックサンプルから切り出した供試体の一軸圧縮試験から評価することが多い。すなわち、設計に用いる変形係数としては E_{50} が、強度定数としては一軸圧縮強さが用いられている。しかし、改良前地盤における粒度分布のばらつきやセメントの混合・攪拌方法の相異等に起因する供試体性状のばらつきや、供試体端面のベッディングエラー等の試験方法に関わる問題点も指摘されており、より合理的なセメント改良地盤の評価手法の確立が望まれている。

施工されたセメント改良地盤の性状を把握するため、原位置および室内においてベンダーエレメントを用いたせん断波速度測定を実施した。本論文では、ベンダーエレメントを用いたせん断波速度測定法およびその測定結果について述べると共に、測定したせん断波速度と一軸圧縮試験結果の関係について考察する。

2. 試料および実験概要

原位置土にセメントおよび水を添加し（セメント添加量：270kg/m³）、混合・攪拌した後、材齢 19 日まで施工現場で養生した。その後、ブロック試料を切出し、室内でコア抜きして一軸圧縮試験を実施した。せん断波速度の測定は、原位置に

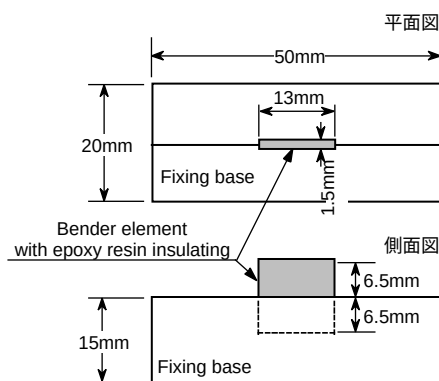


図-1 原位置測定用ベンダーエレメント

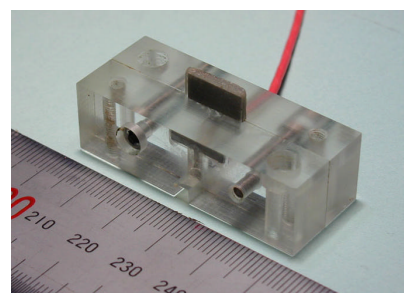


写真-1 ベンダーエレメントの概観

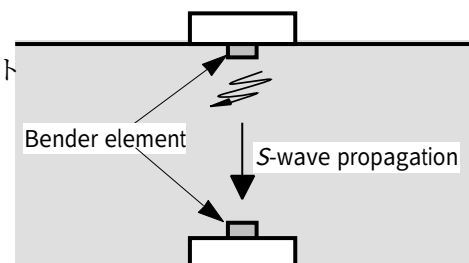
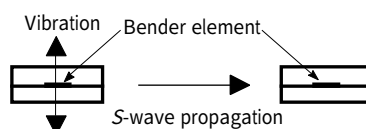


図-2 鉛直伝播速度測定時のベンダーエレメントのレイアウト

3. ベンダーエレメントを用いたせん断波速度測定 せん断波の発振子および受振子としてバイモルフ型圧電セラミックを用い、土試料中のせん断波伝播速度を測定するベンダーエレメント試験は、地盤材料の剛性を求める方法として最近注目され、三軸試験、圧密試験等の要素試験に適用されている。ここでは、原位置せん断波速度を測定するため、ベンダーエレメントをマウントする固定ベースを製作した。図 -1 にその概略を示す。用いたベンダーエレメントの大きさは 12mm×12mm×0.5mm であり、電気的絶縁を確保し、S/N 比の高い発振波形を得るため¹⁾、ベンダーエレメント全体を均一な厚さ：0.5mm のエポキシ樹脂で保護した。写真-1 は、固定ベースにマウントしたベンダーエレメントの概観を示したものである。

原位置でのせん断波速度測定におけるベンダーエレメントのレ

(a) S-wave



(b) P-wave

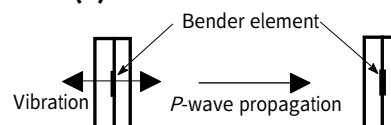


図-3 水平伝播速度測定時のベンダーエレメントのレイアウト

地盤改良、ソイルセメント、せん断波速度、変形係数、一軸圧縮強さ

東京都江東区越中島 3-4-17 Phone：03-3820-5563 FAX：03-3820-5959 郵便番号：135-8530

アウトを図-2 および図-3 に示す。鉛直伝播の場合（図-2）は、受振用ベンダーエレメントをセメント改良地盤底面に事前に設置し、改良地盤表面に設置するベンダーエレメントから発振したせん断波を受振して、改良地盤内の伝播速度を測定した。水平伝播の場合（図-3）は、改良地盤表面にベンダーエレメントを設置し、せん断波および圧縮波の伝播速度を測定した。なお、測定の際の伝播距離は、鉛直伝播、水平伝播共に 500mm 程度である。

室内におけるせん断波速度測定も、図-1 に示したベンダーエレメントを用いて行った。ブロック試料については、鉛直伝播および水平伝播のせん断波速度を測定し、一軸圧縮試験供試体については、鉛直伝播のせん断波速度のみを測定した。

4. 測定結果と考察 材齢による改良地盤のせん断波速度： V_s の変化を図-4 に示した。測定位置によるばらつきは大きいですが、材齢の増加に伴い V_s が増加する傾向は明らかである。しかし、伝播方向による V_s の異方性は認められない。なお、測定した圧縮波速度は 770～820m/sec の範囲であり、 V_s に比べ材齢の増加に伴う顕著な変化はなかった。

図-5 は、ブロック試料から供試体をコア抜きする際に生じる V_s の変化を調べたものである。 V_s の値は平均 30% 以上低下しており、原位置土に含まれる硬質の砂礫がコアリング時に供試体に乱れを与えた可能性が想定される。

一軸圧縮試験から得られた E_{50} および一軸圧縮強さ： q_u と、試験前の供試体で測定した V_s の関係を図-6 および図-7 に示す。供試体の高さ (H)/直径 (D) 比に依らず、 E_{50} と V_s の相関は良く、その関係は図中の実線で近似できる。 $q_u < 1\text{MPa}$ のセメント改良土の実験結果から提案されている $q_u \sim E_{50}$ 関係式²⁾を適用し、図-6 の近似式から得られる $q_u \sim V_s$ 関係の範囲を図-7 中に実線で示した。H/D 比が 1.8 以上の場合、 $q_u < 1\text{MPa}$ については、測定した $q_u \sim V_s$ の関係は実線の範囲にほぼ包含されていることがわかる。

5. まとめ より合理的なセメント改良地盤の評価手法の確立を目指し、セメント改良地盤のせん断波速度測定を実施した。コア抜きした供試体の性状はばらつきが大きいですが、 E_{50} とせん断波速度の相関は良いことを明らかにすると共に、一軸圧縮強さとせん断波速度の関係も統一的に整理できる可能性を示した。

(参考文献)

- 1) 西尾、馬場、安部、岩井：ベンダーエレメント試験におけるせん断波発振子の変位計測、物理探査学会第 100 回学術講演会論文集、pp.127-131、1999。
- 2) 本田、小澤、澁谷、三田地：セメント混合砂質土の室内試験、第 29 回土質工学研究発表会講演集、pp.2261-2262、1994。

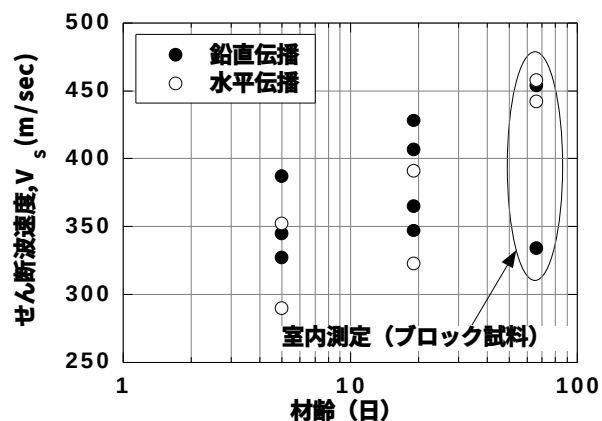


図-4 材齢によるせん断波速度の変化

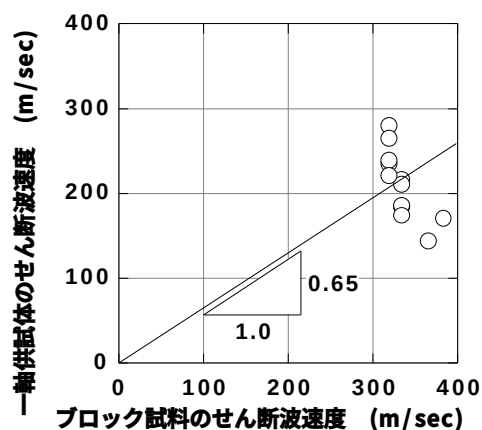


図-5 コア抜きによるせん断波速度の変化

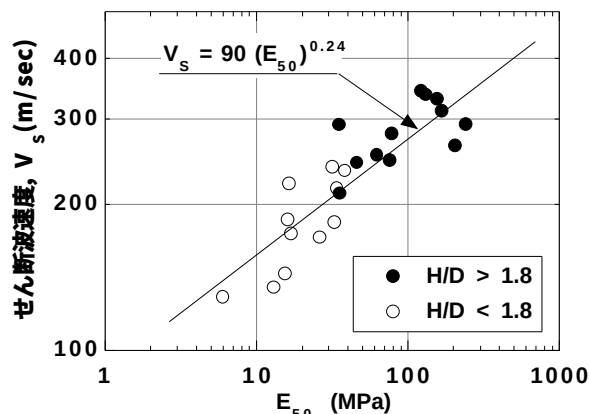


図-6 E_{50} とせん断波速度

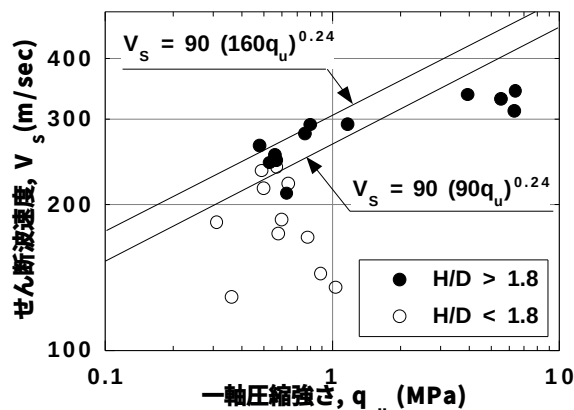


図-7 一軸圧縮強さとせん断波速度