

セメント混合処理土の圧縮・強度特性と弾性波速度の関係

福山大学工学部 正会員 西原 晃
福山大学大学院 学生会員 ○ 桂 勸
明生建設 正会員 大内 良平
徳永技研 正会員 野崎 直人

1. はじめに

軟弱地盤に対して、深層混合処理工法などのセメント安定処理工法が行われている。このような安定処理地盤の改良効果の判定はチェックボーリングによって行われることが多いが、多くの労力と費用を必要とすることから、弾性波速度検層による改良効果の判定も試みられている。

本研究は、弾性波速度検層による改良効果の判定のための基礎資料として、セメント混合土を用いて定ひずみ速度圧密試験、一軸圧縮試験を行うとともに、ピエゾセラミック・ベンダーエレメントを利用してセメント混合土内の弾性波の伝播特性を測定し、セメント混合土の圧縮・強度特性との関係を調べたものである。

2. 試料と実験概要

(1) 実験試料

実験に用いた粘土試料は表-1に示す大阪粘土、福山粘土、カオリンの3種類である。セメント混合土は、これらの粘土を液性限界の1.5倍以上で練り返したものに、セメントを土1m³に対して50～200kgの割合で混入して作製した。

(2) セメント混合土の圧縮・強度特性の測定

本研究では、セメント混合土の圧縮特性ならびに圧密降伏応力P_cを求めるため、大阪粘土に対して定ひずみ速度圧密試験を行った。定ひずみ速度圧密試験に用いた試料は養生日数7, 15, 28日である。

一軸圧縮試験は、表-1の3種類の粘土に対して、養生日数は1, 3, 7, 15, 28日の時点で実施した。

(3) 弾性波速度の測定

ベンダーエレメントは、電気、機械的な運動の変換機で、機械的なエネルギーを電氣的エネルギーに変換あるいはその逆の変換を行うことができる。このベンダーエレメントを図-1のようにセメント混合土の供試体の上下端に差込み、試料上部の発振エレメントに電気信号を与えて振動させ、この振動を下部の受振エレメントで感知することにより、弾性波速度を測定することができる。

図-2は、受振した弾性波を示したもので、初期微動の開始点を圧縮波（P波）の到達時点、それに続く大きな波の開始点をせん断波（S波）の到達時点とした。発振波と受振波の到達時点の時間差として伝播時間が求められ、伝播時間を波の伝播距離で割ることにより、P波、S波の速度が求められる。

3. 実験結果

図-3は、一軸強度quとS波速度（V_s）の関係を示した

表-1 実験試料の物理特性

	大阪海成粘土	福山粘土	カオリン
液性限界W _L (%)	73.500	46.900	81.300
塑性限界W _P (%)	29.227	22.071	35.900
塑性指数I _P (%)	44.053	24.829	45.400
土粒子比重G _s	2.646	2.656	2.603

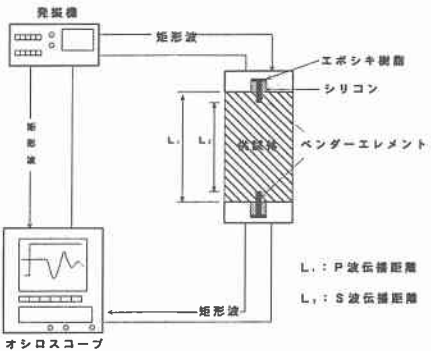


図-1 弾性波測定システム

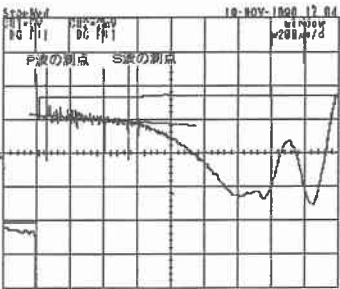


図-2 受振波

ものである。カオリンで多少ばらつきがあるが、一軸強度 q_u とS波速度の間には、両対数紙上で直線関係がほぼ成り立つ。また回帰分析により以下の関係式が得られた。

$$q_u = 9.976 \times 10^{-3} V_s^{1.624} \quad (\text{相関係数: } 0.751)$$

図-4は、一軸圧縮試験の応力～ひずみ曲線の初期勾配から求めた初期変形係数とS波速度の関係を示したものである。一軸強度との関係と同様に次のような相関関係が得られた。

$$E_{qu} = 1.034 \times 10^{-3} V_s^{1.633} \quad (\text{相関係数: } 0.648)$$

図-5は、圧密降伏応力とS波速度の関係を示したものである。実験に用いた粘土が大坂粘土の1種類であるため、明確なことは言えないが、圧密降伏応力が大きくなるにしたがって、S波速度も大きくなる傾向が見られる。また、圧密降伏応力とS波速度との間には、一軸強度の場合ほどの相関性は見られないが、以下の関係式が得られた。

$$P_c = 0.011 V_s^{1.813} \quad (\text{相関係数: } 0.618)$$

図-6は、圧縮指数 C_c とS波速度関係を示したものである。かなりばらついているが、S波速度が大きくなるにつれて C_c は小さくなる傾向が見られる。

なお、本研究では、P波速度と強度・圧縮特性との関係についても調べたが、P波速度と強度・圧縮特性との関係はばらつきが大きく、相関関係はほとんど見られなかった。

4. 結論

本研究では、セメント混合土における弾性波速度と強度・圧縮特性との関係について調べた。その結果、S波速度と一軸強度、初期変形係数、圧密降伏応力および圧縮指数の間に相関関係が見られた。これらの関係をもとに、弾性波速度検層により、セメント安定処理地盤の圧縮・強度特性の評価が可能であると考えられる。

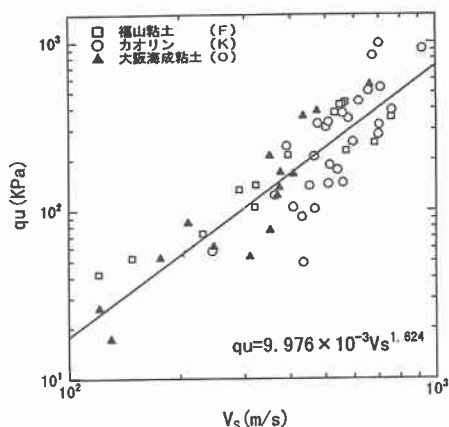


図-3 一軸強度とS波速度の関係

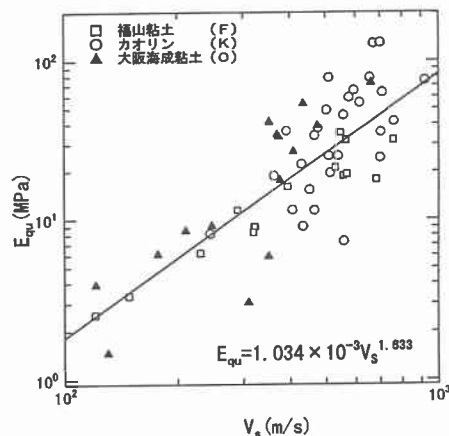


図-4 初期変形係数とS波速度の関係

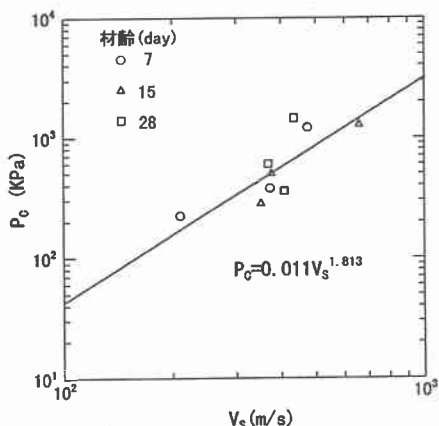


図-5 圧密降伏応力とS波速度の関係

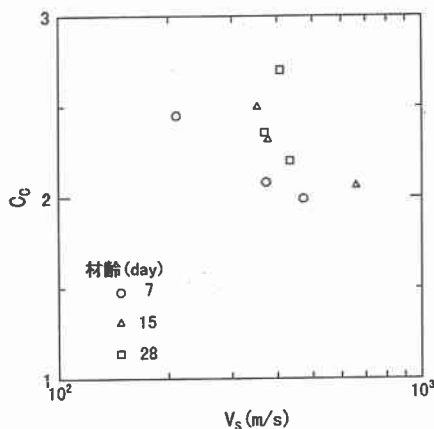


図-6 圧縮指数とS波速度の関係