

ベンダーエレメント法を適用した固化・破碎を伴う泥炭安定処理土の変形特性

秋田大学 学 ○角田 隆行 正 田口 岳志 正 荻野 俊寛
学 鳥山 哲 学 今田 茄奈子

1. 研究背景および目的

泥炭は高有機質・高含水比の特性から建設現場において非常に扱いにくい材料であり、良質化するための方法としてセメント安定処理が有効な手段のひとつである

1). 実際の施工現場では、泥炭セメント安定処理土を利用する際に、種々の施工事情から、処理した後に破碎して用いる場合もあり、その複雑な利用方に適した強度予測が重要となる。本研究では固化・破碎という応力履歴を受けた泥炭セメント安定処理土を対象として、変形特性を一軸圧縮試験およびベンダーエレメント試験²⁾により強度・変形特性を検討した。

2. 実験概要

試料は北海道岩見沢市豊里から採取した北村泥炭を用いた。土の物理化学的性質を表-1に示す。まず、泥炭に固化材を添加してから試験するまでを初期固化土とし、試験後に破碎・転圧させた泥炭安定処理土を固化破碎土と定義する。なお、初期養生日数は t_s とし転圧後養生日数を t_{cc} とする。初期固化土は泥炭と高有機質特殊土用固化材を所定の添加量 C で混合し攪拌した。その後、プラモールド： $D/H=50/100$ (mm)に詰め、軽く打撃を与え気泡を除去した後、所定の期間で養生した。脱型時には端面を平坦に成形し、各種試験を行った。なお、固化材の配合は地盤工学会基準「安定処理土の締固めをしない供試体作製方法」³⁾に準じた。固化破碎土については、試験後の初期固化土を9.5mmふるいで裏ごし、サミットモールド： $D/H=100/200$ (mm)にランマーを用いて締固めエネルギーを $0.5E$ となるように突き固めた。

養生後、 $D/H=50/100$ (mm)になるよう成形し試験を行った。ベンダーエレメント試験については、図-1の模式図

に示したとおりに供試体をセットした後、1 kHz, 2 kHz, 5 kHzの波を与え、それらの送受信波を記録した(図-2)、このときの供試体高さ h と到達するまでの時間を用いてせん断波速度 V_s を求め、せん断弾性係数 G を求めた。一軸圧縮試験に用いたテストケースは $C=100, 200, 300 \text{ kg/m}^3$

表-1 土試料の物理化学的性質

土試料	北村泥炭
含水比 ω (%)	535.37
土粒子密度 ρ_s (Mg/m ³)	1.85
強熱減量 L (%)	54.78
分解度 H (%)	84.42

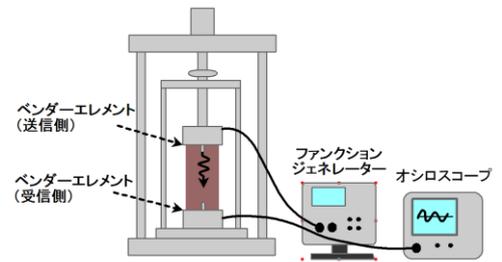


図-1 ベンダーエレメント試験の模式図

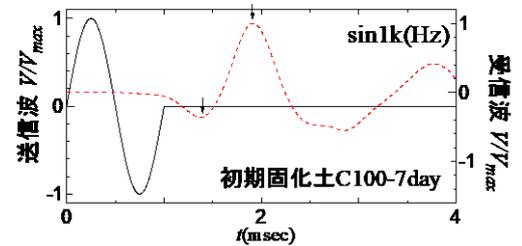


図-2 送受信波の波形図

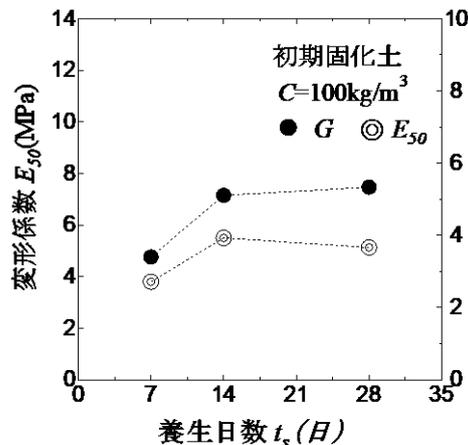


図-3 初期固化土の G, E_{50} と養生日数 t_s の関係

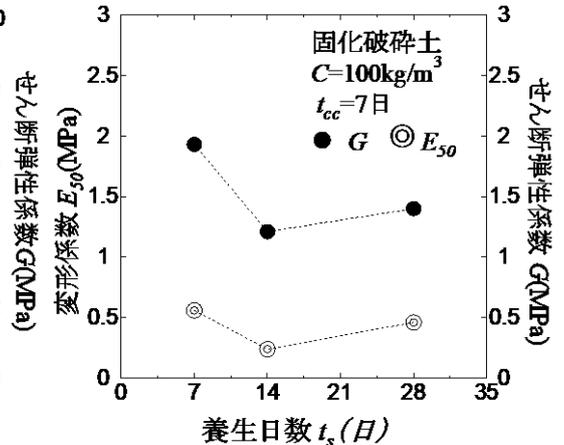


図-4 固化破碎土の G, E_{50} - t_s 関係

キーワード：泥炭 一軸圧縮試験 固化破碎 セメント安定処理 せん断弾性係数

連絡先：〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 TEL 018-889-2364

の $t_s=7, 14, 28$ 日, $t_{cc}=7$ 日である。 $C=100\text{kg/m}^3$ においては、ベンダーエレメント試験と一軸圧縮試験を行った。

3. 実験結果

図-3 に添加量 $C=100\text{kg/m}^3$ における初期固化土の変形係数 E_{50} , せん断弾性係数 G と t_s の関係を示す。 図-4 には $t_{cc}=7$ 日の固化破碎土の E_{50} , G と t_s の関係を示す。 図-3 より、初期固化土は $t_s=7$ 日から 14 日まででは G , E_{50} どちらも増加傾向を示した。 G は $t_s=14$ 日から 28 日にかけて 0.32MPa ほど増加したが、 E_{50} は 0.37MPa 減少した。 相対的に判断して $t_s=14$ 日から 28 日はほぼ一定の傾向と考えられる。 図-4 から、 $t_s=7$ 日から 14 日では E_{50} , G ともに減少し、 $t_s=14$ 日から $t_s=28$ 日ではやや増加する傾向がみられた。 さらに図-3 と図-4 から E_{50} と G は相似形状を示しておりベンダーエレメント法による計測の妥当性が確認できた。 図-5 は初期固化土と $t_{cc}=7$ 日の固化破碎土の G と t_s の関係を示した図である。 破碎・転圧する事で G が著しく減少していることが分かる。 初期固化土と固化破碎土を比べると、 G は $t_s=7$ 日では 2.83MPa , 14 日では 5.94MPa , 28 日では 6.67MPa の減少がみられた。 このことから t_s が長い程、固化破碎後の強度低下が著しいことが分かる。 図-6 は間隙比 e と t_s の関係を示す。 固化破碎することで間隙比 e が 0.5 程度増加している。 図-7 は初期固化土と固化破碎土の一軸圧縮強さ q_u と G の関係を示す。 原点を通る近似線にプロットが集中しており、 q_u と G に一定の相関性があることが分かる。 図-8 は $t_{cc}=7$ 日の固化破碎土の一軸圧縮試験結果から求めた変形係数 E_{50} と C の関係性を示した図である。 この図において、各プロットはそれぞれ初期養生日数 t_s が $7, 14, 28$ 日と異なっている。 この図から、添加量の増加に伴ってどの条件のものも E_{50} が増加しており、より脆性的な破壊形態に変化していることが分かる。 さらに、 t_s が 7 日のものと $t_s=14$ 日および 28 日のものを比べると、7 日のものの方が著しい増加傾向を示しており、 $C=300\text{kg/m}^3$ では E_{50} が 2.47MPa も開きがみられた。 また、 $t_s=14$ 日と 28 日では添加量の増加に伴う差異がみられなかった。

4. 結論

本研究で用いた泥炭安定処理土において、せん断弾性係数 G と一軸圧縮強さ q_u の関係には相関性がみられた。 このことから泥炭安定処理土の q_u の推定にベンダーエレメント法を用いることは十分可能である。 また、固化破碎土において初期養生日数 t_s が長いほど転圧後の強度低下が著しく、この傾向もベンダーエレメント法による簡易的手法で計測可能であることが分かった。

[参考文献] 1) 一般社団法人セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル第4版。 2) T. Ogino, T. Mitachi, K. H. Chan, H. Oikawa and M. Tsushima (2008): A Method for Received Waveform Reconstruction Based on Bender Element Test Using Frequency-swept Signal, Soils and Foundations, Vol.48, No.2, pp. 287-295. 3) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説, 地盤工学会。 [謝辞] 本研究は(財)土科学センター財団の2018年(第二期)研究助成を受けたものです。 また、固化材は宇部興産(株)より提供頂いたものです。ここに記して謝意を表します。

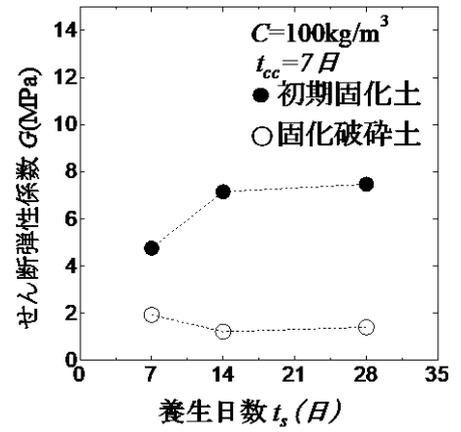


図-5 G と t_s の関係

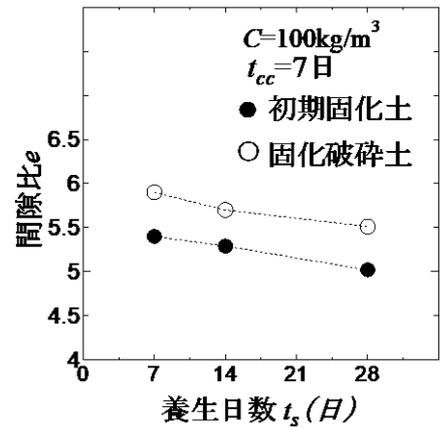


図-6 間隙比 e と t_s の関係

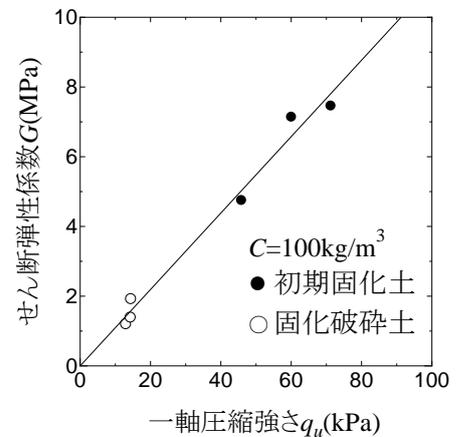


図-7 G - q_u 関係

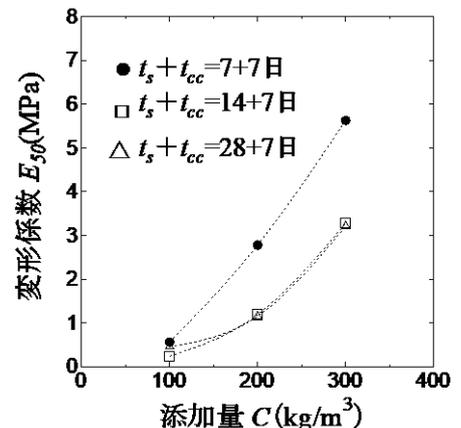


図-8 固化破碎土の E_{50} と C の関係