

繰り返した有明粘性土の圧密特性における間隙水性質の影響

佐賀大学大学院 工学 相賀康介 同 正 柴 錦春
同 正 根上武仁

1.はじめに

軟弱な粘性土地盤に盛土を施工する際に、地盤中では水平方向と垂直方向に排水が生じる。これまでに、有明粘土地盤の水平方向と垂直方向の透水性には異方性があることが報告されている¹⁾。粘性土の圧密特性の異方性の程度における当初の堆積環境の影響を調べるため、本研究では、繰り返した有明粘性土を対象とし、凝集剤や分散剤を添加した試料について、定ひずみ速度圧密試験器(以降 CRS 試験と表記)による試験を実施した。また、CRS 試験前後の試料に対し電子顕微鏡観察²⁾(以降 SEM 観察と表記)、間隙径分布測定²⁾(以降 MIP 測定と表記)を行い、微視的土構造の観点からも検討を行った。

2.対象試料と試験方法

本研究で使用した試料は、佐賀県小城市芦刈町より採取した繰り返した有明粘性土である。圧密特性の異方性の程度における間隙水の性質の影響を調べるために、再圧密試料を作製する前に、粘性土に凝集剤と分散剤をそれぞれ混合した。用いた試料の地盤工学的性質、再圧密圧力および添加剤の種類と濃度は、表-1 にまとめている。CRS 試験については、鉛直排水と水平排水の 2 種類の試験を行った。供試体のサイズは、直径 60mm、高さ 20mm である。水平方向の排水については、試料の中心部に直径 8mm の焼結金属製の排水材を設置した。CRS 試験の詳細及び SEM、MIP 試験方法については、文献¹⁾⁻²⁾を参照。

3.試験結果と考察

3-1.圧密特性の異方性 圧密係数、透水係数、体積圧縮係数について、水平方向と鉛直方向の排水条件で測定したものの比をとり、それらを異方性係数 I_e , I_k , I_m とする。CRS 試験から得られた異方性係数とひずみの関係を図-1 に示す。いずれの供試体も、圧縮ひずみが増加するにつれて I_e , I_k の数値が 1 を超えて上昇しており、異方性が確認された。一方、 I_m は、圧縮ひずみの増加に関わらず、ほぼ 1 付近で推移している。これにより、圧密係数の異方性は主に透水係数の異方性によるものであると考えられる³⁾。凝集剤 (NaCl, CaCl₂) を加えた試料では、通常の試料 (添加剤なし)

表-1 試料の地盤工学的性質及び試料条件・試験方法

地盤工学的性質			
自然含水比 w_n (%)	146.2	液性限界 w_L (%)	103
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.551	塑性限界 w_P (%)	67.5
		塑性指数 I_P	35.4
粒度組成区分 (%)	シルト		38
	粘土		64
試料条件			
試料 (圧密圧力 20kPa)		凝集剤：塩化ナトリウム(NaCl) 3% 塩化カルシウム(CaCl ₂) 2%	
		分散剤：トリポリリン酸 Na 2% ヘキサメタリン酸 Na 2%	
試験方法・条件			
CRS 試験 ¹⁾	排水方向	鉛直排水	水平排水
SEM 観察 ²⁾	CRS 試験前	鉛直断面	水平断面
	CRS 試験後		
MIP 測定 ²⁾	CRS 試験前	V 試料 鉛直断面の面積が大きい試料	H 試料 水平断面の面積が大きい試料
	CRS 試験後		

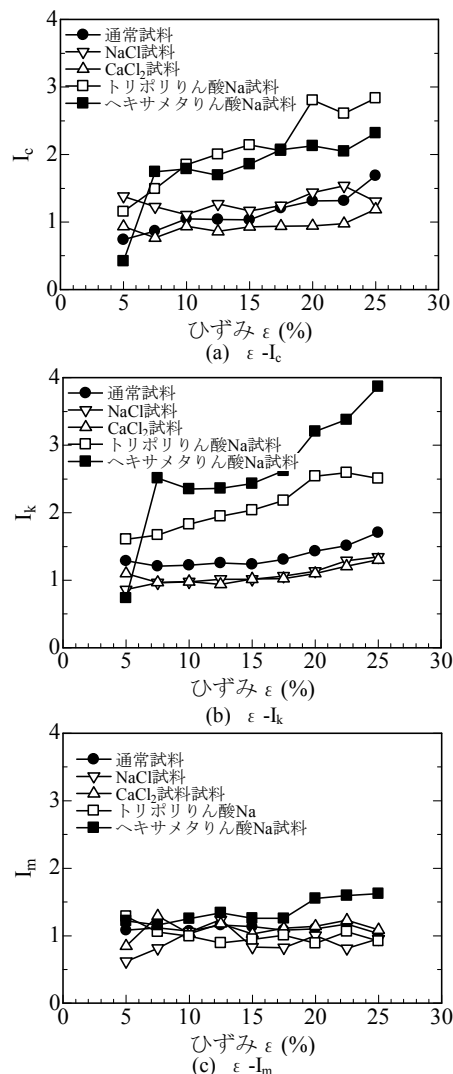
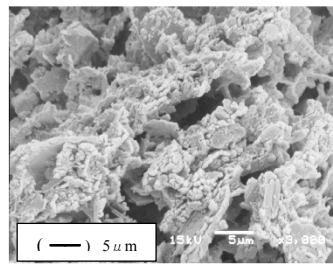


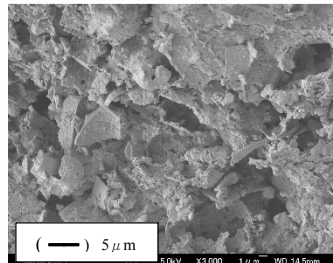
図-1 CRS 試験結果による異方性係とひずみの関係

と比較すると、 I_c があまり上昇していない。これは、凝集剤によって、粘性土粒子間の粒子間力が強まり、綿毛化構造を形成していることが考えられる。一方、トリポリりん酸 Na やヘキサメタりん酸 Na である分散剤においては、通常試料に比べて I_c , I_k の伸びが高いことが伺える。これは、分散剤によって土粒子表面の電気的な偏りが解消され、粒子の配向化が進んだものと考えられる。

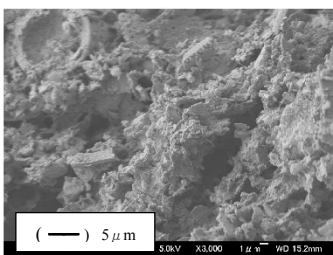
3-2.微視的土構造の異方性 圧密試験前の試料の鉛直断面の SEM 写真を図-2 に示す。この断面では、薄片状の土粒子が層状に堆積している様子がすべての試料で確認できる。紙面の都合上省略するが、水平断面では、土粒子が板を重ねたように堆積している様子が確認できた。凝集剤を添加した試料は、通常試料と比較すると、綿毛化構造の傾向があることが伺える(図-2(b))。一方、分散剤を添加した試料においては、土粒子の配向的な



(a) 通常試料 (添加剤なし)

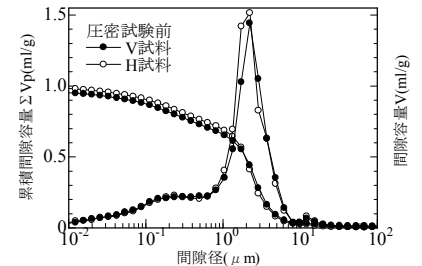


(b) CaCl₂を添加した試料

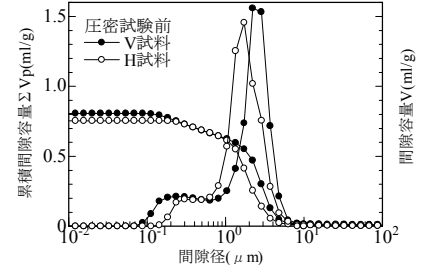


(c) ヘキサメタりん酸 Na を添加した試料

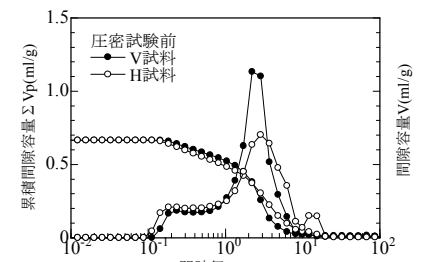
図-2 鉛直断面の圧密試験前の SEM 写真



(a) 通常試料 (添加剤なし)



(b) CaCl₂を添加した試料



(c) ヘキサメタりん酸 Na を添加した試料

図-3 MIP 測定の結果

異方性が伺える(図-2(c))。次に、圧密試験前の MIP 測定の結果を図-3 に示す。どのパターンにおいても、1 ~ 10 μm 付近にピークをもつ曲線となっている。通常試料においては、V 試料、H 試料ともに、ほとんど同じ間隙分布曲線を示した。凝集剤を添加した試料においては、曲線のピーク値が高く、試料の間隙が約 1 ~ 4 μm に集中していることを示している。つまり、相対的に均等な間隙径分布であり、凝集剤によって綿毛化構造が形成されたことが考えられる。また、分散剤を添加した試料においては、V 試料の間隙分布曲線のピーク値が H 試料よりも高い。これにより、微視的土構造の異方性である配向構造の傾向があると推測できる。紙面の都合上省略するが、圧密試験後においては、どのパターンの試料においても、V 試料と H 試料でほぼ同じ間隙分布曲線を示した。これは、圧密により間隙が小さくなり、V 試料と H 試料の土構造がほぼ同じになったものと考えられる。

4. まとめ

凝集剤、分散剤を添加して再構成した有明粘性土について CRS 試験、SEM 観察、MIP 測定を実施した。試験結果により得られた知見は以下のとおりである。

1) 圧密試験結果から、凝集剤と分散剤を添加させた試料で圧密特性の異方性の傾向が異なり、凝集剤より分散剤の方がより顕著な異方性を示している。2) SEM 観察結果と間隙分布測定結果から、分散剤を添加した試料では、土粒子の綿毛化構造が形成される傾向が、分散剤を添加した試料では、土粒子の配向構造が形成される傾向が確認できた。

参考文献： 1) Jia.R et al (2010): Strain rate effect on the consolidation behavior of Ariake clay. Geotechnical Eng., Proc. of Institute of Civil Engineers. UK, 163(GE5): 267-277 2) K.Aiga et al (2014): Anisotropic consolidation behavior and microstructure of Ariake clay. 9th International Symposium on Lowland technology, pp125-130 3) 轟ら (2013): 有明粘性土の圧密異方性と微視的土構造に関する実験的研究, 平成 24 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, III-47(CD-ROM)