

沖積粘土の間隙分布特性に及ぼす珪藻遺骸と塩分濃度の影響について

根上武仁
立石義孝
鬼塚克忠
日野剛徳

佐賀大学理工学部都市工学科

大分県立中津工業高校

佐賀大学理工学部都市工学科

佐賀大学低平地研究センター

1. はじめに

有明粘土のような沖積粘土には、多孔質の珪藻遺骸や有孔虫の微化石が多く含まれることが知られている¹⁾。また、粘性土の液・塑性限界には、間隙水中の塩分濃度が影響することが知られている。珪藻遺骸の含有量と塑性指数との関係について検討²⁾は一部なされているが、不明な点が多い。そこで本研究では珪藻遺骸と塩分濃度に着目する。珪藻遺骸が粘性土の液・塑性限界におよぼす影響を明らかにするために、珪藻土・ベントナイト・カオリンを混合した試料土を作製した。さらに、塩分濃度が液・塑性限界におよぼす影響を考慮するため、これらの試料土を作製する際に、塩分を加えた試料と加えない試料ものを準備した。これらの試料土の液・塑性限界時の微視的土構造を解明するために走査型電子顕微鏡(SEM)と水銀圧入法による間隙分布測定を実施した。

以上の試験より、珪藻遺骸の含有量と間隙水中の塩分濃度が液・塑性限界および微視的土構造に及ぼす影響について考察した。

2. 実験に使用した試料

本研究で用いたのは、珪藻土(珪藻遺骸)・カオリン(シルト分)・ベントナイト(粘土分)を混合した試料である。用いた珪藻土、カオリン、ベントナイトの物理的性質を表-1に示す³⁾。粒度分布については佐賀県小城郡芦刈町より採取した非海成粘土を参考にし、粒度分布が一定となるように珪藻土の混入量を調節した。表-2は、各試料の質量比率の配合パターンを示したものである。各試料土と配合パターンごとの粒径加積曲線を図-1に示す。

このようにして作製した試料に蒸留水を混ぜた

表-1 試料の物理化学的性質

	珪藻土	カオリン	ベントナイト
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.14	2.72	—
液性限界 w_L (%)	123.2	—	568.5
塑性限界 w_P (%)	59.9	—	36.0
塑性指数	63.3	—	532.0

表-2 配合パターン(質量比)

配合パターン	①	②	③
珪藻土 (%)	0	10	30
カオリン (%)	40	30	20
ベントナイト (%)	60	60	50

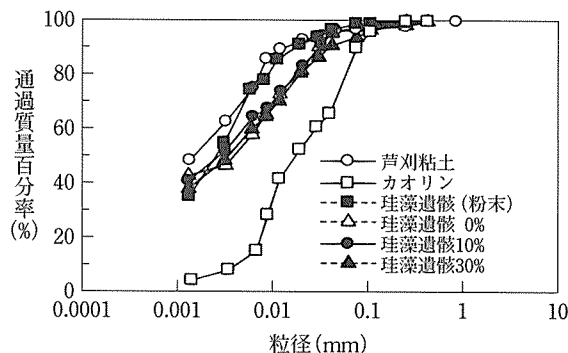


図-1 配合割合とその粒径加積曲線

ものと、塩分濃度を3%に調節した塩水を混ぜたものを実験に使用した。本研究で用いた珪藻土は大分県玖珠郡九重町より採取したものを粉状に破碎し、425 μ mフルイを通過したものである。なお、SEM観察に用いた供試体は液性限界と同含水比に調節して、2日経過した後に凍結乾燥法により作製した。

3. 液・塑性限界試験の結果

図-2は各試料の液・塑性限界試験結果を示したものである。いずれの場合も、ベントナイトが含まれているため塩分濃度3%の供試体の液性限

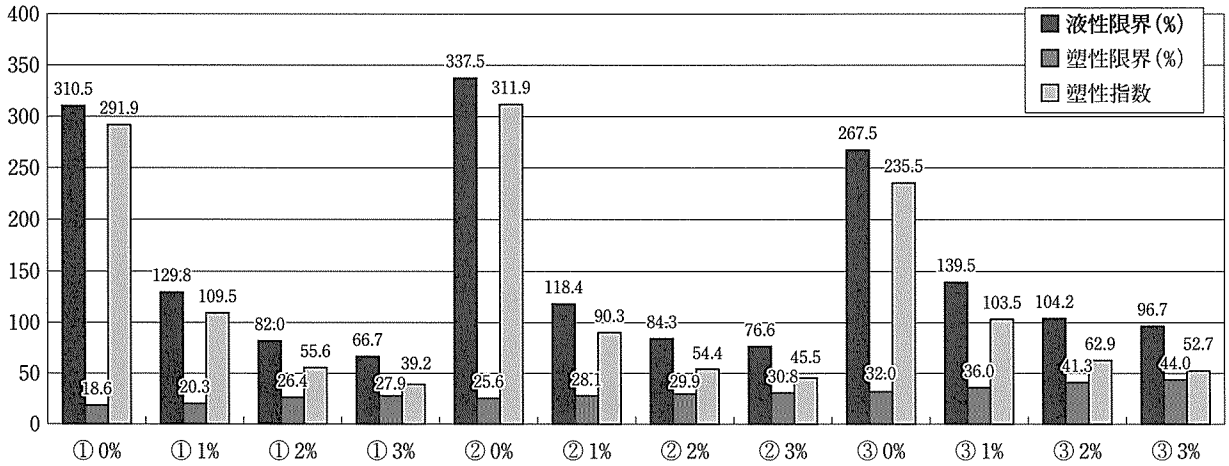


図-2 配合パターン毎の液・塑性限界試験結果

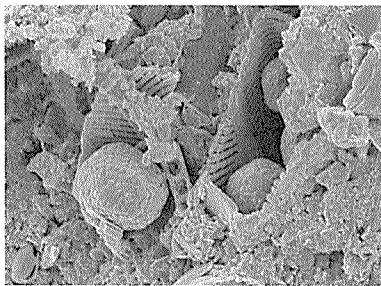
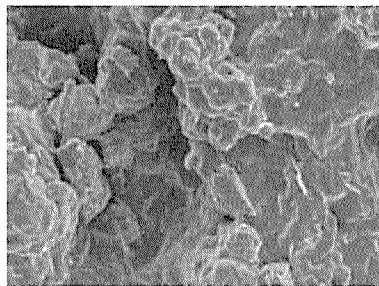
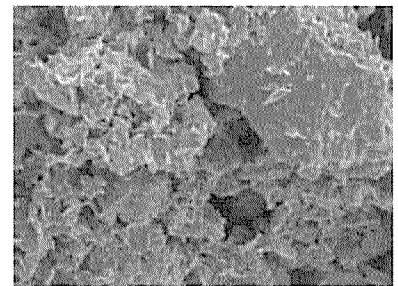


写真-1 有明粘土 w=155% (5μm)



(a) 塩分0%, w=310.5% (5μm)



(b) 塩分3%, w=66.7% (5μm)

写真-2(a), (b) 配合パターン①の試料のSEM写真

界は低い結果を示している。有明粘土の場合、塩分濃度が高くなると、液・塑性限界も高くなる^{4,5)}が、同じスメクタイト系のベントナイトは逆に低い傾向にある。また、珪藻遺骸については配合パターン③の塩分濃度0%の場合を除き、混合割合が増えると液・塑性限界はともに増大する傾向が見られる。この珪藻遺骸の混合量増加による液・塑性限界値の増大は、多孔質珪藻遺骸が水分を保持するためである⁵⁾。配合パターン③で液・塑性限界に増大を示さないのは、配合パターン①・②よりもベントナイト含有率が少ないためである。

4. 微視的土構造に関する考察

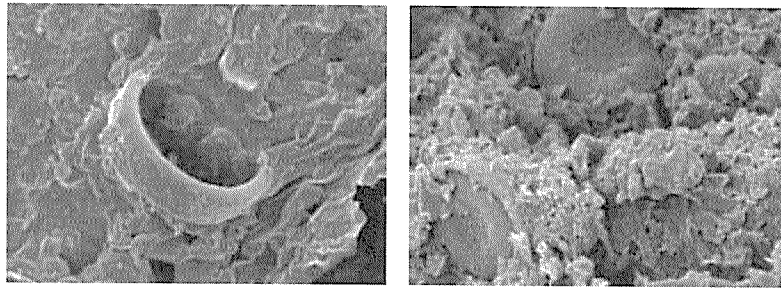
(1) SEM 観察の結果

写真-1は海成である有明粘土のSEM写真を示したものである。中心付近に珪藻遺骸があり、その中にパイライトがある。海成粘土であるため還元によりパイライトの保存環境が良いと考えられる⁵⁾。珪藻土を含まない配合パターン①の試料のSEM写真を写真-2に示す。塩分0%の試料は土粒子が相互に溶結した様相を示しているのに対して、塩分3%の試料は大小様々な土粒子が存在し凝集した状態である。写真-3は配合パター

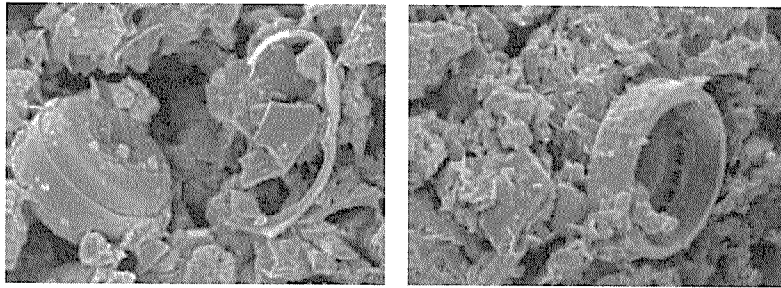
ン②の試料のSEM写真である。写真-2(a)と写真-3(a)を比較すると、土粒子が互いに溶結した中に珪藻遺骸が見受けられることを除けば同様である。

また、写真-2(b)と写真-3(b)の場合も同様に、珪藻遺骸が含まれることを除けば同じような様相を示す。写真-4は配合パターン③の試料のSEM写真でベントナイトの量が減り、シルト分に相当する珪藻遺骸が増え、写真-2および写真-3とは異なり塩分濃度0%の場合でも土粒子が相互に溶結した部分がない。写真-4(b)は個々の土粒子が凝集した状態であり、写真-2(b)および写真-3(b)と同様な様相である。珪藻遺骸を含み塩分濃度が3%である試料のSEM写真は、有明粘土のものと非常に類似している。

写真-2~4に示した試料の凍結乾燥を行う際に、塩分濃度の0%および3%の場合には違いが見られる。各試料は液性限界値で凍結乾燥を行ったが、凍結乾燥終了後の塩分濃度0%の試料は脆く薄片化し易いのに対し、塩分濃度3%の場合は団粒化して硬く供試体成形が困難であった。一連のSEM写真観察結果は、凍結乾燥終了後の状態をよく反映しており、塩分濃度の違いによる微視的土構造の差が認められる。



(a) 塩分 0%, w=337.5% (5 μm) (b) 塩分 3%, w=76.6% (5 μm)
写真-3(a), (b) 配合パターン②の試料のSEM写真



(a) 塩分 0%, w=267.5% (5 μm) (b) 塩分 3%, w=96.7% (5 μm)
写真-4(a), (b) 配合パターン③の試料のSEM写真

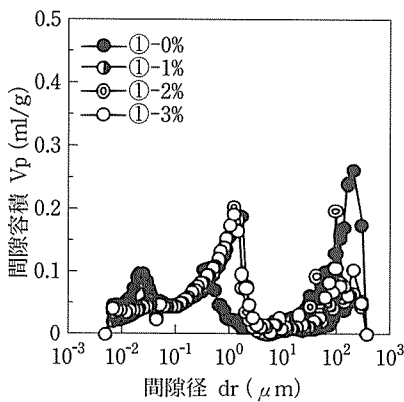


図-3 配合パターン①の間隙分布測定結果
(珪藻遺骸0%)

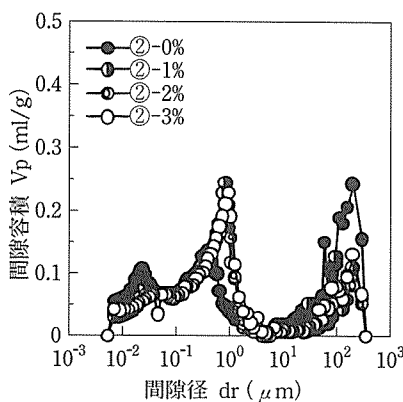


図-4 配合パターン②の間隙分布測定結果
(珪藻遺骸10%)

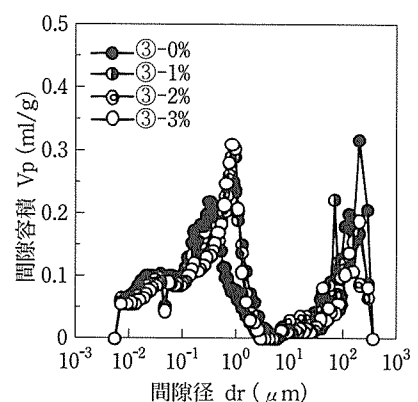


図-5 配合パターン③の間隙分布測定結果
(珪藻遺骸30%)

(2) 間隙分布測定の結果

図-3～5の中の①～③の番号は配合パターンの種類、0～3%は間隙水中の塩分濃度を示す。図-3は配合パターン①の間隙分布測定結果を示しているが、塩分が含まれていない場合は100μm、0.3μmおよび0.02μm付近の間隙径で間隙容積のピークが発生している。塩分を含む場合は100μmと1μm付近の間隙径でピークが生じている。また、塩分が含まれている場合は間隙容積のピーク値に差が見られるが、ピークの発生する間隙径は等しく、間隙分布状況は類似している。

配合パターン②の間隙分布測定結果を図-4に示すが、両試料とも配合パターン①の場合と同様に塩分の有無で間隙容積のピークの発生位置が異なり、塩分を含む場合は配合パターン①の塩分を含む場合と同様な間隙分布状況となる。0.3μm

付近に見られた間隙径のピークが0.5μm付近に移動し、間隙容積のピーク値も大きい。図-3の配合パターン①と比較すると、塩分を含む試料に見られる1μm付近の間隙容積のピーク値が大きい。

図-5は配合パターン③の間隙分布測定結果である。配合パターン①、②で見られた0.02μm付近に生じた間隙容積のピークは無くなり、0.5μm～1μm付近のピーク値が大きく、100μm付近のピーク値も大きい結果となった。

図-3～5より珪藻土の添加量により0.5μmおよび100μm付近の大きさの間隙が増えている。立石らは珪藻土の圧密の増加に伴う間隙分布特性の変化について報告し⁶⁾、乱さない状態の珪藻土試料の間隙分布は0.2μmと2μm付近にピークを持つことを示しているが、今回得られた結果はこ

れと良く対応する。

4. まとめ

以上、液・塑性限界試験と微視的土構造の結果を併せて考察すると、珪藻遺骸の混入による液性限界および塑性限界の増大は、珪藻遺骸の多孔質性に起因することが分かる。得られた結果を整理すると次のようである。

- (1) 液・塑性限界試験と間隙分布測定結果から、粒度組成が同じであっても混合する珪藻遺骸の量が増えると液・塑性限界値も増大する。これは珪藻遺骸の多孔質性のためである。
- (2) 塩分濃度が異なると微視的土構造に大きな違いが見られるが、これはベントナイトを用いていることが一因である。
- (3) 塩分濃度が0%の場合の配合パターン①と②では微視的土構造の差は見られない。また、塩分濃度が3%の時の各配合パターンにおける微視的土構造も同じような様相を示す。特に配合パターン③の塩分濃度3%の場合には有明粘土のSEM写真と酷似している。
- (4) 配合パターン①および②では塩分の有無で間隙容積のピーク発生位置が変化し、間隙水中に塩分が含まれる場合の間隙分布特性は類似している。配合パターン③の場合は塩分の有無による間隙分布の差は認められない。

参考文献

- 1) 山内豊聡・前田隆：本邦各種粘性土の土構造と工学的性質，多賀出版，253p，1985。
- 2) 田中洋行・Lcat, J.：塑性指数に関する再考察，土と基礎，Vol.46, No. 4, pp. 9-12, 1998。
- 3) 岸誠・鬼塚克忠・根上武仁：粘性土の液性限界時の微視的土構造について，平成13年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.A314-A315, 2002。
- 4) 大坪政美・高山昌照・江頭和彦：低膨潤性スメクタイト質海成粘土の練返し強さに及ぼす塩濃度，陽イオン種の影響，土質工学会論文報告集，Vol.27, No. 2, pp.85-92, 1987。
- 5) 根上武仁・鬼塚克忠・河野雅和・岡田康哲：珪藻遺骸と塩分が粘性土の物理化学的特性におよぼす影響，第38回地盤工学研究発表会講演概要集，CD-ROM, 2003。
- 6) 立石義孝・鬼塚克忠・廣澤茂・根上武仁：珪藻土の微視的構造と力学特性，土木学会論文集，No. 610/Ⅲ-45, pp. 19-29, 1998。



著者略歴

根上 武仁
(ねがみ たけひと)

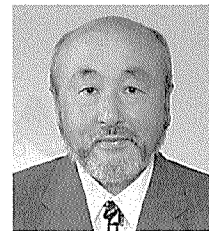
2000年 佐賀大学大学院工学系研究科博士後期課程修了
2000年 佐賀大学理工学部助手
博士（工学）



著者略歴

立石 義孝
(たていし よしたか)

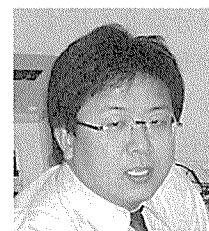
1976年 日本大学理工学部土木工学科卒業
1976年 日本大学理工学部土木工学科副手
1979年 大分県立日田林工高等学校教諭
1997年 佐賀大学大学院工学系研究科後期課程修了
1997年 大分県立中津工業高等学校教諭
博士（工学）



著者略歴

鬼塚 克忠
(おにつか かつただ)

1970年 九州大学大学院博士課程
1970年 佐賀大学理工学部講師
1971年 佐賀大学理工学部助教授
1987年 佐賀大学理工学部教授



著者略歴

日野 剛徳
(ひの たけのり)

1997年 佐賀大学大学院工学系研究科博士後期課程修了
1997年 佐賀大学低平地防災研究センター助手
2001年 佐賀大学低平地研究センター講師
博士（工学）