

III-138 人工的に粒子間にセメンテーションを与えたカオリン粘土の物理化学的特性

京都大学工学部 正会員 嘉門雅史 ○佐野郁雄
 南京水利科学研究院 陶秀珍

1 はじめに

洪積粘土の力学挙動には、粒子間のシキソトロピーの性質を有する吸着水と粒子間に付着する鉱物によるセメンテーションが発達しているため特徴的な現象がおこる。しかし、セメンテーションの発達は、非常に遅い反応のもとで進行するため、人工的にセメンテーション効果を与えた粘土試料を用いて物理試験や力学試験を行い、その挙動の解明を行ってきた。¹⁾ここでは、人工的にセメンテーションを与えたカオリン粘土供試体を用いて土粒子の構造観察と物理的特性や二次圧縮挙動の関連性について考察する。

2. 試料作成法

用いた粘土試料は、粉末のカオリン粘土であり、セメンテーション作用をセメント系固化材料をカオリン粘土実質質量の1%、3%入れ、初期含水比を250%に調整した試料(それぞれ1%試料、3%試料と称す)、および、同様の初期含水比の粘土試料に対して全質量の0.5%に相当するメタケイ酸ナトリウム(水ガラス)を希硫酸によりpH9に調整した試料(pH9試料と称す)を用意することによって人工的に与える。ほかに無添加の試料(0%試料と称す)も用意して、それぞれ段階的に1kgf/cm²まで圧密させて4種類の供試体を作成した。

3. 走査型電子顕微鏡による観察

観察供試体は、これらの試料を自然乾燥させ水平方向に破断して水平面の観察を行った。写真1では、用いた粘土粒子が単一組成で2μm以下の粒子が多いことがわかる。また、ベッドが面一面、面一端構造よりなり、全体としてランダム構造であり、配向性は顕著でない。写真2では、針状のエトリンガイトとみられる析出物が土粒子を架橋している様子やカルシウムシリケート系化合物の存在がみられる。時間が経つにつれ反応性水和物が生じ、ベッド相互の結びつきを強くし構造単位がより大きくなっていることが観察される。写真3では、pH9試料が配向した分散構造をしていることがわかる。これは、Na⁺の1価のイオンにより拡散イオン層の相互作用によって、粒子間の反発力が増大し、面一面構造となり構造単位の中にある粒子の部分配向と構造単位自身の部分配向の卓越が生じているためである。しかし、粒子間に多量の水が拘束され、間隙比は大きいものの固い粘土の状態を保っている。圧密過程のような静的な応力状態のもとでこの拘束水は、静的に抽出されるため、粒子の硬化がさらに進むが、急激な振動やせん断などをうけると拘束された水は自由水となるため、クイッククレイと類似の性質を示し表-1の鋭敏比からわかるように液状化する。なお、1%試料では、粘土粒子の表面に関する特徴的な変化は見られなかった。

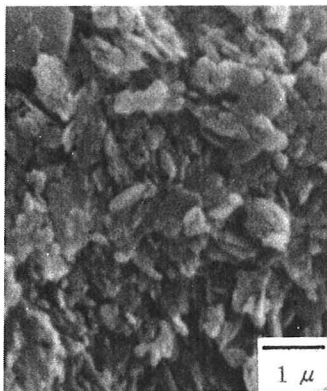


写真1 0%試料 ×10,000

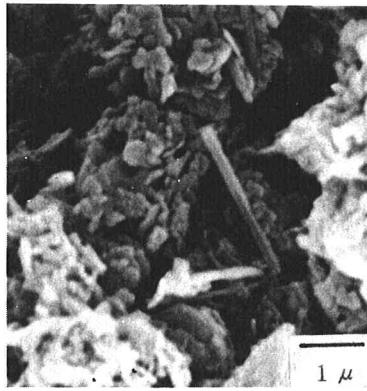


写真2 3%試料 ×10,000

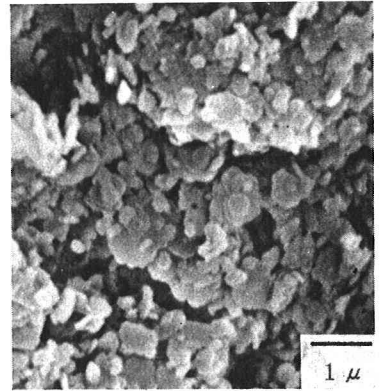


写真3 pH9試料 ×10,000

4. 物理的特性と力学的特性との関連

図-1は、ピロリン酸ナトリウムを分散材に用いて、光透過法により求めた粒径加積曲線である。0%試料、1%試料、pH9試料、3%試料の順番に粒径加積曲線が右によっており、粒子構造単位が大きくなっていることがわかる。表-1にそれぞれの試料に対する物理的特性及び力学的特性を示す。液性限界は、粒子の構造単位が大きくなると減少すると予想されるが、実際には、添加による交換性陽イオンや塩類濃度の変化など化学的な影響を受ける。3%試料は、間隙比が大きいにもかかわらず強度も大きく、セメンテーションの発達した粘土の鋭敏比が高い特徴がある。pH9試料も0%試料と間隙比はほぼ同じであるが強度は大きく、鋭敏比は非常に高い。

この様な特性の異なる種類の粘土について圧密試験の結果、pH9試料の正規状態の圧密係数は、 p_c をまたぐ時極端に小さくなる。各試料の p_c の飛び出し効果は、有効上載圧の1.1~1.3倍程度という特徴が与えられた。また、圧縮指数 C_c と二次圧縮指数 C_α の関係を図-2に示す。この関係は、正規圧密、過圧密にかかわらずほぼ一定の直線上に乗る場合が多いが、ここでは、過圧密状態のみで成立ち、粒子間に析出するセメンテーションが発達する3%試料や1%試料で正規圧密と過圧密の傾きが異なり、正規圧密時に二次圧縮速度が小さくなることがわかった。pH9試料では、拘束水の影響により圧密排水が遅れるが、二次圧縮係数はあまり大きくはならない。これらの関係に基づいて、粒子の架橋作用や拘束水の特性を併せて定性的に自然堆積地盤でその特性が推定できる。

最後に日頃よりご指導を賜わっている京都大学工学部教授赤井浩一先生に深謝する次第である。また、本研究は文部省科学研究費補助金を受けたことを付記する。

参考文献 1) 嘉門雅史、長尾毅：第21回

土質工学研究発表会講演集，pp.389~390, 1986。

表-1 代表的な物理定数と力学定数

試料名	0%	1%	3%	pH9
比重 G_s	2.62	2.62	2.62	2.64
液性限界 LL	89.3	75.8	96.0	40.6*
塑性限界 PL	31.7	32.0	40.2	29.7
塑性指数 Ip	57.6	43.8	55.8	10.9
一軸圧縮強度 qu (kgf/cm^2)	0.27	0.80	0.99	0.60
鋭敏比 St	3	5	24	大きい
間隙比 e_s	1.75	1.7	2.8	1.9
先行圧密応力 p_c (kgf/cm^2)	0.9	1.1	1.3	1.1
圧密係数 cv (cm^2/min)	10^{-1}	5×10^{-2}	10^{-1}	2×10^{-3}

* フォールコン試験より得られた値

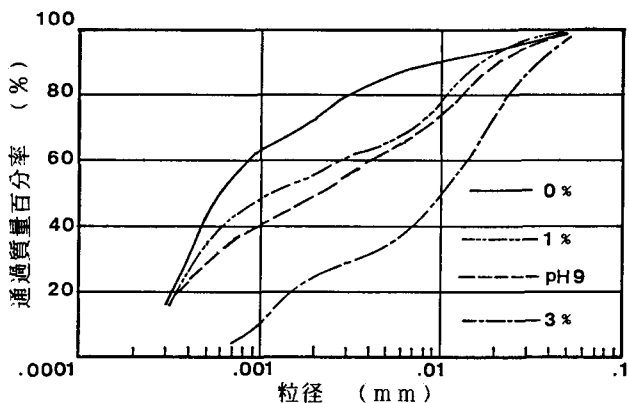


図-1 粒径加積曲線（光透過法による）

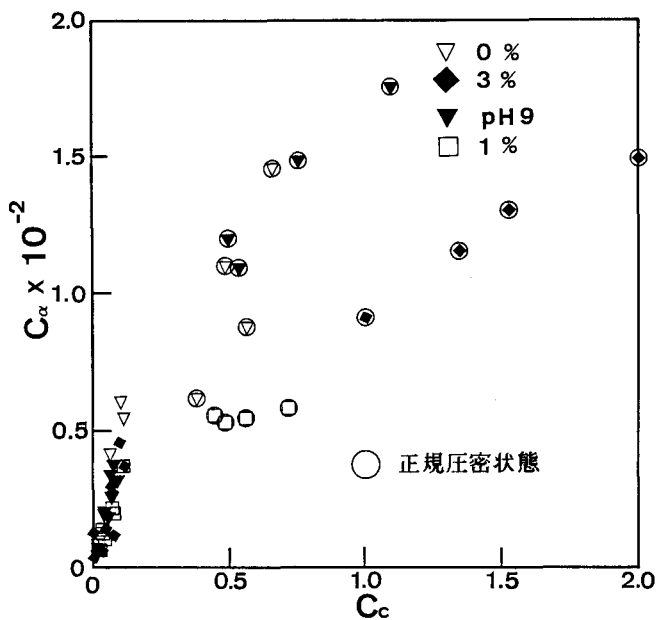


図-2 $C_c - C_\alpha$ 関係