

Ⅲ-A50

pH の異なるカオリン粘土の力学的性質

山口大学大学院 学生会員 ○松下英次

山口大学工学部 正会員 山本哲朗 鈴木素之

1. まえがき

地盤環境工学の立場から地盤の酸性化を対象とした研究^{1)~3)}がいくつかあり、そのなかで土の力学的性質と pH の関係を示したものがある。しかし、その関係については現在まで明確にされておらず、統一的理解は得られていない。そこで本研究は、土の力学的性質と pH の関係を明らかにする 1 つのアプローチとして pH を変化させたカオリン粘土を用いて標準圧密試験、圧密非排水三軸圧縮試験および繰返し三軸試験を行い、それらの結果と機構を検討した結果を述べる。

2. 試料および pH 調整方法

今回の実験には岡山県吉永産のカオリン粘土を用いた。その物理的性質を表-1に示す。表-1に示すように、液性限界 w_L は 62.0 %、粘土分含有率 F_{clay} は 35.3 %である。土質は CH に分類される。主要粘土鉱物はカオリナイトであり、その他の鉱物として石英を若干含む。

pH の調整薬品には硫酸および水酸化ナトリウムを用いた。この pH 調整薬品によって試料の pH を変化させた際、その物理的性質のほとんどは変化しないが、初期値 $(pH)_i=6.8$ より pH を増加および減少させた場合、液性限界、塑性限界および塑性指数はそれぞれ減少した。

3. 実験方法

試料に液性限界（初期状態 $w_L=62.0\%$ ）の約 2.0 倍（約 124.0%）となる脱気水あるいは pH 調整薬品を加えた水溶液を加えて攪拌しスラリー状にする。これを標準圧密試験に用いた。さらに、スラリー状の試料を大型圧密装置に詰め、圧密圧力 p を 9.8、19.6、49.0 および 98.0kPa の 4 段階で圧密を行い供試体を作製した。このようにして作製した供試体を用いて一軸圧縮試験、三軸圧縮試験および繰返し三軸試験を行った。三軸圧縮試験では有効拘束圧 $\sigma'_{30}=49.0$ 、98.0 および 196.0kPa の 3 種類、繰返し三軸試験では $\sigma'_{30}=98.0\text{kPa}$ で試験を行った。標準圧密試験、一軸圧縮試験および三軸圧縮試験は土質試験法に準じて行った⁴⁾。繰返し三軸試験は振幅一定の繰返し軸差応力 σ_d を供試体に作用させ、両振幅軸ひずみ $DA=10\%$ に達した時点を破壊とした。

4. 実験結果および考察

図-1に圧縮指数 C_c と pH の関係を示す。圧縮指数は pH の増加に伴い減少していることが分かる。

図-2、3に圧密非排水三軸圧縮試験で得られた各 pH 供試体の粘着力(c' 、 c_{cu})および内部摩擦角(ϕ' 、 ϕ_{cu})の関係をそれぞれ示す。図-2の有効応力および全応力に関する粘着力は pH の変化に対して全く変化していない。図-3の有効応力に関する内部摩擦角は若干ではあるが、pH の増加に対していったん増加した後減少しているようである。これは2節で述べたコンシステンシー特性と pH の関係によくにている。また、全応力に関する内部摩擦角は pH の増加に対して若干増加している。

図-4に各 pH 供試体における繰返しせん断応力比 $\sigma_d/2\sigma'_{30}$ と破壊時の繰返し回数 n_L の関係を示す。

キーワード：pH、カオリン、粘土、力学的性質

〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2557 山口大学工学部社会建設工学科 Tel 0836-35-9438 Fax 0836-35-9429

表-1 pH の異なるカオリン粘土の物理的性質

Gs	2.618
D_{50} (mm)	0.007
D_{max} (mm)	0.200
w_L (%)	62.0
w_P (%)	40.2
I_P	21.8
F_{clay} (%)	35.3
F_c (%)	56.4
土質分類	CH
$(pH)_i$	6.8

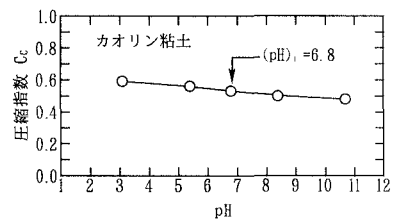


図-1 カオリン粘土の圧縮指数と pH の関係

繰返しせん断応力比は $pH=8.6$ で最も大きく、 $pH=6.8$ 、 3.9 の順で小さくなっている。この結果は図-3の全応力の内部摩擦角と同様の傾向を示している。

以上のようにカオリン粘土の pH を変化させることによって静的強度および繰返しせん断強度に影響を及ぼしている圧密過程で形成される土粒子の骨格構造に以下のような変化が生じたためと考えられる。

粘土粒子の表面には負に帯電した永久荷電、端面には pH の変化により電荷を変化させる pH 依存荷電が存在する。 pH 依存荷電は硫酸を加えて酸性にすると正に帯電し、水酸化ナトリウム水溶液を加えてアルカリ性になると負に帯電する⁵⁾。酸性側では負の永久荷電と正に帯電した pH 依存荷電が結合し、綿毛構造を形成すると考えられる。一方、アルカリ性側では負の永久荷電と負に帯電した pH 依存荷電が互いに反発し合い、配向構造を形成すると考えられる。綿毛構造は圧縮性が高く、透水性が良いのに対して、配向構造は圧縮性が低く、透水性が悪いと言われている⁵⁾。このような pH の違いによって圧密過程で形成される土粒子の骨格構造が変化し、静的強度および繰返しせん断強度が変化したものと考えられる。

5. まとめ

今回用いたカオリン粘土の圧密試験、圧密排水三軸圧縮試験および繰返し三軸試験の結果をまとめると以下になる。

- (1) 圧縮指数は pH の増加とともに減少している。
- (2) 有効応力および全応力に関する粘着力と pH の間にそれぞれ差異は見られないようである。
- (3) 有効応力に関する内部摩擦角と pH の関係は pH の増加に対して若干ではあるがいったん増加した後、減少しているようである。全応力に関する内部摩擦角は pH の増加に対して若干増加しているようである。
- (4) 繰返しせん断強度は $pH=8.6$ で最大となり、次に $pH=6.8$ 、 3.9 の順で小さくなっている。
- (5) 上記 (1) ~ (4) の理由として、圧密過程で形成される土粒子の骨格構造の変化による影響が静的および繰返しせん断強度を変化させたと考えられる。

参考文献

- 1) 松下英次, 山本哲朗, 岩井 勝: 安中ベントナイトの繰返しせん断強度に及ぼす pH の影響, 第33回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.791-792, 1998
- 2) 松下英次, 山本哲朗, 鈴木素之: 土のコンシステンシーに及ぼす pH の影響, 土木学会論文集, No.617/III-46, pp.283-297, 1999.
- 3) 亀井健史・佐野博昭: ベントナイトの工学的特性に及ぼす水素イオン濃度指数の影響, 地すべり, 第30巻, 第2号, pp.30~40, 1993.
- 4) 土質工学会編: 土質試験の方法と解説, 土質工学会, pp.289-315, 1990.
- 5) 土質工学会: 粘土ハンドブック第二版, 技報堂出版, 1987.

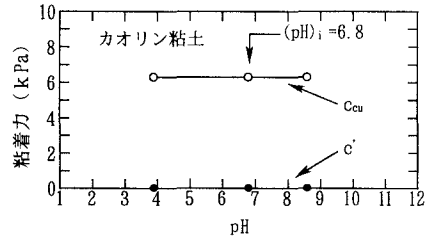


図-2 各 pH 供試体の粘着力と pH の関係

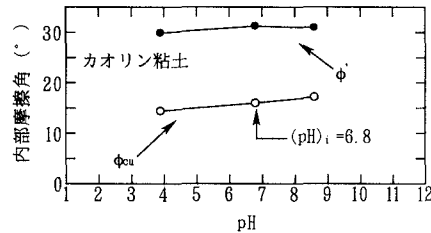


図-3 各 pH 供試体の内部摩擦角と pH の関係

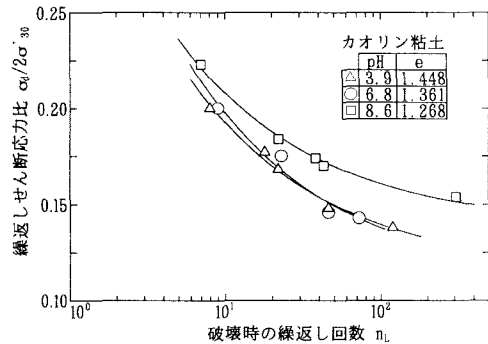


図-4 各 pH 供試体の $\sigma_d/2\sigma'_{30}$ と n_L の関係