

粘性土における非排水せん断特性と pH

山口大学大学院 学 松下英次

山口大学工学部 正 山本哲朗 鈴木素之

山口大学大学院 学 ○笹西孝行

1. はじめに

地盤環境工学において土や水に関する地下環境の汚染が問題となっている．地盤中の汚染物質の移動には水の移動が大きな影響を与えており^{1), 2)}，この水の移動によって地盤は広範囲にわたって汚染が進行していると考えられる．このことから間隙水の移動による地盤の化学的性質の変化は重要な問題であり，これに伴う地盤の工学的特性を明らかにすることは有益であると考えられる．本研究では化学的性質を示す指標としてよく用いられる pH に着目し，硫酸および水酸化ナトリウムにより土の pH を人工的に変化させた 5 種類の粘性土を対象にして土の非排水せん断特性に及ぼす pH の影響について実験的に検討した．

2. 実験概要

(1)試料の物理的および化学的性質 試料はカオリン粘土，山陽粘性土，本由良粘土，宇部岬粘土および宇部沖粘土の 5 種類である．表－1 にこれら試料の物理・化学的性質を示す．また，表中の (pH)_i は初期の pH である．不定方位試料を用いた粉末 X 線回折試験結果によると，カオリン粘土および山陽粘性土の主要粘土鉱物はカオリナイト，本由良粘土の主要粘土鉱物はスメクタイト，宇部岬粘土の主要粘土鉱物はイライト，宇部沖粘土の主要粘土鉱物は金雲母であり，すべての試料はその他の鉱物として石英を含んでいる．

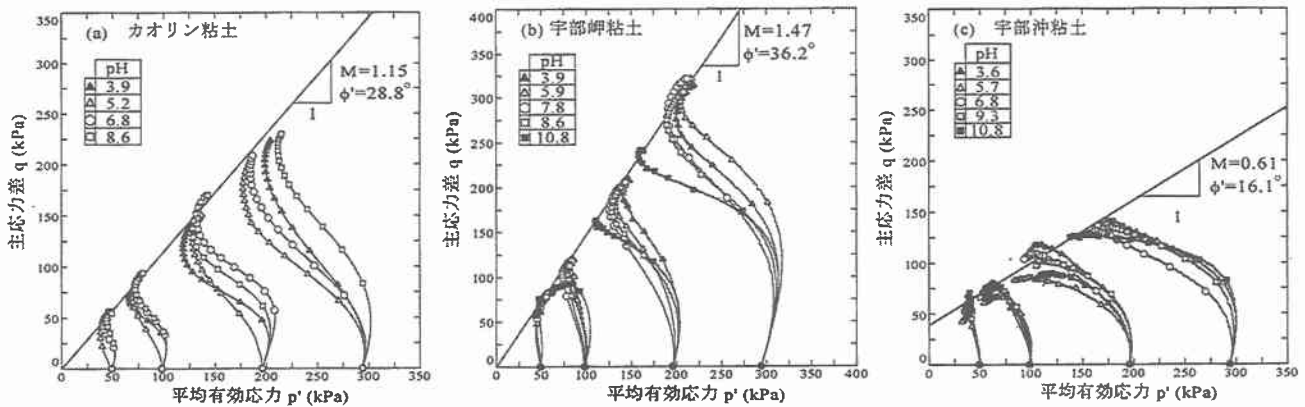
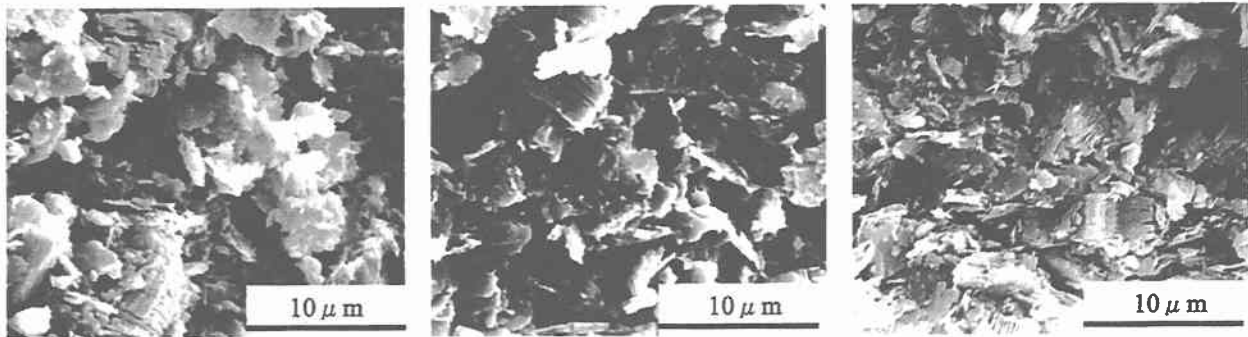
(2)実験概要 試料の含水比を (pH)_i 時の液性限界の約 1.5～2.0 倍となるように pH を調整しながらスラリー状にする．pH を調整する薬品として硫酸および水酸化ナトリウムを用いている．pH を調整したスラリー状試料³⁾を大型圧密装置につめて一次元的に圧密した．鉛直圧密応力 p は $p=9.8\rightarrow19.6\rightarrow49.0\rightarrow98.0\text{kPa}$ のように段階載荷し，圧密日数は第 1～3 段階では 1 日間，第 4 段階では 7 日間である．圧密の打ち切りの目安は 3t 法に基づいて決定した．このようにして作製した予圧密試料から三軸圧縮試験に用いる供試体を切り出した．供試体を等方応力によって正規圧密状態にした後，直ちに軸ひずみ速度 0.1%/min，非排水条件下で軸ひずみ 15%まで圧縮した．非排水せん断前の有効拘束圧は $\sigma'_{30}=49.0\text{kPa}$ ， 98.0kPa ， 196.0kPa および 294.0kPa の 4 通りに設定した．

3. pH が異なる土の非排水せん断特性

(1)有効応力経路 図－1(a)～(c)に代表としてカオリン粘土，宇部岬粘土および宇部沖粘土の $p'-q$ 面の有効応力経路を示す．有効応力経路はすべて pH の値により異なるが，最終的に同一の限界状態線に達するという興味深い結果が得られた．限界状態線の傾き M は有効応力表示の内部摩擦角 ϕ' を用いて $M=6\sin\phi'/(3-\sin$

表－1 試料の物理的性質および化学的性質

	カオリン粘土	山陽粘性土	本由良粘土	宇部岬粘土	宇部沖粘土
$\rho_s \text{ (g/cm}^3\text{)}$	2.618	2.671	2.568	2.598	2.580
$D_{50} \text{ (mm)}$	0.007	0.036	0.018	0.008	0.003
$D_{max} \text{ (mm)}$	0.2	2.0	0.9	0.9	1.0
$w_L \text{ (%)}$	62.0	49.7	35.0	59.5	110.6
$w_P \text{ (%)}$	40.2	27.9	21.8	30.5	42.8
I_P	21.8	21.9	13.2	29.0	67.9
$F_{clay} \text{ (%)}$	96.8	33.8	32.2	45.3	59.8
$F_c \text{ (%)}$	97.7	56.3	74.6	96.6	94.5
$(pH)_i$	6.8	4.8	8.6	7.8	7.4
土質工学分類	CH	ML	CL	CL	CH

図-1 p' - q 面の有効応力経路

(a) pH=3.9

(b) pH=6.8 (=pH)i

(c) pH=8.6

写真-1 pH の変化によるカオリン粘土の土粒子骨格構造の SEM 写真

ϕ')で表され、このことから pH の値によって試料の内部摩擦角が変化しないことを示している。一般的に正規圧密状態の粘性土の限界状態線は原点を通る直線³⁾となる。カオリン粘土、山陽粘性土、本由良粘土および宇部岬粘土ではこの関係が得られる。しかし、図-1(c)の宇部沖粘土は原点を通らずに切片をもち、正規圧密粘土であるにもかかわらず粘着成分をもつという特異な傾向を示した。以上の結果から pH の値によって粘性土の強度・変形特性は大きく変化し、その度合いは土の種類によって異なるものといえる。

(2)走査型電子顕微鏡 (SEM) 写真 写真-1(a)~(c)に代表的な例としてカオリン粘土の圧密応力を载荷した方向から撮影した土粒子の骨格構造を示す。写真は酸性側からアルカリ性側に移行するにしたがって板状の粘土粒子が水平に堆積している様子が顕著となり、土粒子の骨格構造が綿毛構造から配向構造へ移行していると示唆される。

以上の結果を総括すると、pH の値によって粘性土の強度・変形特性は大きく変化し、その度合いは土の種類によって異なるものといえる。これらの原因の一つとして物理化学現象が圧密過程で形成される土粒子の骨格構造に著しく影響を与えているものと推測できる。

4. まとめ

本研究から得られた知見は以下のとおりである。1) p' - q 面の有効応力経路は pH の値によって異なる。2) p' - q 面の有効応力経路は pH の値によらず最終的に同じ限界状態線に達する。すなわち有効応力に関する内部摩擦角は pH の値によって変化しない。3) 物理化学現象が圧密過程で形成される土粒子の骨格構造を変化させると示唆される。

参考文献 1)岩田進午, 喜田大三監修: 土の環境圏, (株)フジ・テクノシステム, 1997. 2)松下英次, 山本哲朗, 鈴木素之: 粘土の物理試験における pH 調整法とその問題点, 土と基礎, Vol 49, No.2, pp.25~28, 2001. 3)土質工学会編: 土質工学ハンドブック, 土質工学会, 1982.