粘性土の圧密に及ぼす pH の影響

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
山口大学大学院　学生会員　笹西孝行

１．はじめに

自然界において土粒子が形成する骨格構造はその堆積環境の化学的条件や含有する粘土鉱物の種類によって大きく異なる[1)]．粘土の強度と変形を考える際には，土粒子骨格の形成に及ぼす界面化学的作用の影響を無視することはできず，明らかにすることは重要であると考える．

本研究は，間隙水の化学的状態を表す一つの指標である 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 6 種類の粘性土を対象にして標準圧密試験を行ない，圧密特性に及ぼす pH の影響について実験的に検討したものである．

２．実験概要

(１) 試料の物理的および化学的性質　実験に用いた試料は 6 種類であり，**表－1** にこれら試料の物理的性質，化学的性質および主要粘土鉱物を示す．表中の $(pH)_i$ は pH 調整前の初期の pH である．用いた試料は物理的および化学的性質が広範に変化したものとなっている．

不定方位試料を用いた粉末 X 線回折試験結果によると，主要粘土鉱物としてカオリナイト，スメクタイト，イライトおよび金雲母が含まれ，その他の鉱物としてすべての試料で石英が含まれている．

(２) pH が異なる粘性土の圧密試験方法　pH 調整薬品として $(pH)_i$ より酸性側に変化させるときは硫酸，アルカリ性側に変化させるときは水酸化ナトリウムを用いる．以下に試料の pH 調整手順[2)]および圧密試験方法を簡単に述べる．純水に pH 調整薬品を加え，所定の濃度に調整した水溶液を作製する．試料の含水比が $(pH)_i$ における液性限界の約 1.5～2.0 倍となるように上記の水溶液を加え攪拌してスラリー状にする．なお，$(pH)_i$ の試料を作製する場合には pH 調整薬品を加えた水溶液の代わりに純水を用いる．

上記の方法で作製した pH が異なるスラリー状試料を 1 日放置した後，土質試験法[3)]に準じて標準圧密試験を行った．試料の pH は 5 通りに変化させて，実験中の pH の値を一定に保つように配慮した．

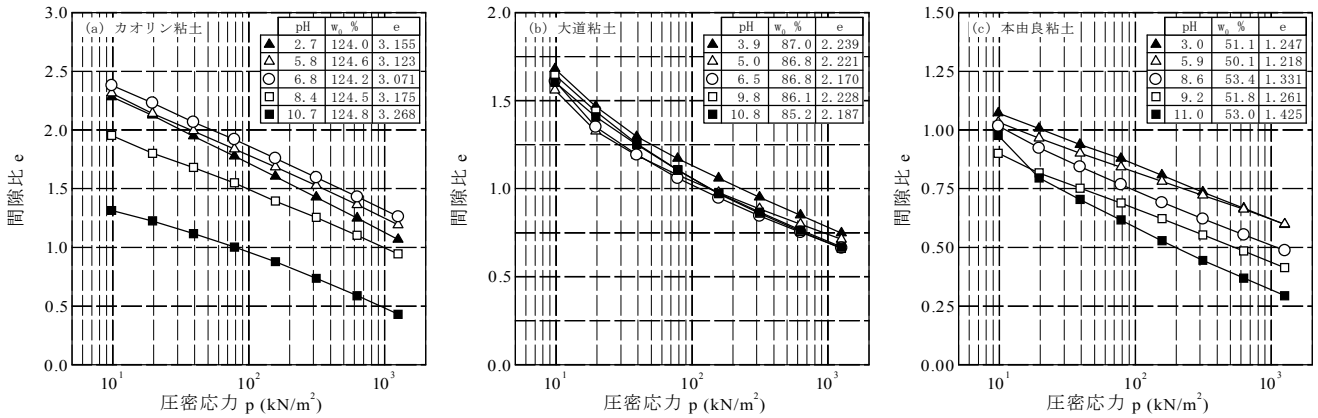
３．pH が異なる粘性土の圧密特性

(１) 間隙比と圧密応力の関係　**図－1(a)～(c)**に代表的な試料としてカオリン粘土，大道粘土および本由良粘土の間隙比と対数表示の圧密応力の関係を示す．間隙比と対数表示の圧密応力の関係は正規圧密状態では直線関係となることが経験的に知られている．すべての試料においていずれの e～logp 関係もほぼ直線関係となっている．各試料において各圧密段階の間隙比の大きさが pH の値によって異なっている．また，各試料

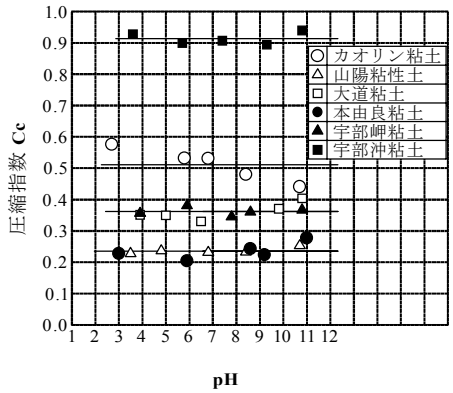
表－1　試料の物理的性質、化学的性質および粘土鉱物

	カオリン粘土	山陽粘性土	大道粘土	本由良粘土	宇部岬粘土	宇部沖粘土
ρ_s (g/cm^3)	2.618	2.671	2.602	2.568	2.598	2.598
D_{50} (mm)	0.007	0.036	0.011	0.018	0.008	0.0028
D_{max} (mm)	0.2	2.0	0.2	0.9	0.9	2.0
w_L (%)	62.0	49.7	57.2	35.0	59.5	110.6
w_P (%)	40.2	27.9	23.5	21.8	30.5	42.8
I_P	21.8	21.9	33.7	13.2	29.0	67.8
F_{clay} (%)	96.8	33.8	25.0	32.2	45.3	59.8
F_c (%)	97.7	56.3	94.0	74.6	96.6	94.5
$(pH)_i$	6.8	4.8	6.5	8.6	7.8	7.4
土質工学分類	CH	ML	CH	CL	CH	CH
主要粘土鉱物	カオリナイト	カオリナイト	カオリナイト	スメクタイト	イライト	金雲母

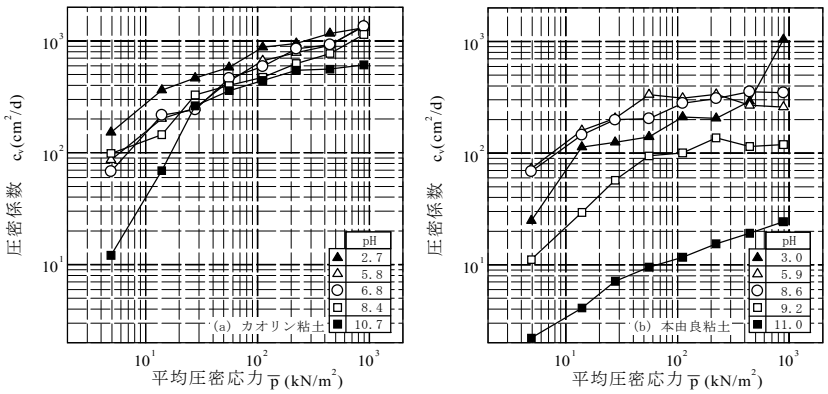
キーワード：粘性土，圧密，pH，圧縮指数，圧密係数
連絡先：〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2 丁目 16 番 1 号　Tel：0836-85-9302　Fax：0836-85-9301



図－1　pH が異なる粘性土の間隙比と対数表示の圧密応力の関係



図－2　圧縮指数と pH の関係



図－3　pH が異なる粘性土の圧密係数と平均圧密応力の関係

において圧密圧力 p=9.8kN/m^2 での載荷時の間隙比の変化量が大きい．このように pH の値によって間隙比の大きさは大きく異なり，その変化傾向も試料によって大きく相違する．

(２) 圧縮指数と pH の関係　**図－2** にカオリン粘土，山陽粘性土，本由良粘土，宇部岬粘土および宇部沖粘土の圧縮指数と pH の関係を示す．各試料の圧縮指数は pH の変化に対して若干の変化はあるが工学的に見てほとんど変化していないものといえる．

(３) 圧密係数と pH の関係　**図－3(a)**および**(b)**に代表的な試料としてカオリン粘土および本由良粘土の圧密係数と pH の関係を示す．圧密係数はすべての試料において平均圧密量の増加に対して増加している．また，pH の値によって圧密係数の値も異なり，その傾向は試料によって異なる．圧密係数は $T_v=C_v \cdot t/H^2$ の関係で与えられ，圧密時間を決定するパラメーターである．このことから，pH の値が変化することによって，圧密時間が変化することが分かる．

以上の結果より，土粒子が形成する骨格構造は土粒子の堆積環境における化学的条件によって決まり，その後の圧密応力の増加に伴う間隙比の変化量は化学的条件の影響を受けないことが示唆される．圧密係数が pH の値によって異なることから，圧密に要する時間が pH の値によって変化する．

４．まとめ

pH を変化させた 6 種類の粘性土についての標準圧密試験によって以下に示す知見を得た．

1）すべての試料において圧密応力 p=9.8kN/m^2 での載荷時の間隙比の変化量が大きい．2）各試料の各圧密段階における間隙比の大きさは pH の値によって異なり，その傾向は試料によって相違する．3）各試料の圧縮指数は pH の変化に対して若干の変化はあるが工学的に見てほとんど変化していない．4）各試料の圧密係数は pH の値によって異なり，その傾向は試料によって相違する．

参考文献　1)土壌物理研究会編：土の物理学－土質工学の基礎－，森北出版，1979.　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）地盤工学会偏：土質試験の方法と解説-第 1 回改訂版，2000.