

粘性土の繰返しせん断特性に及ぼす pH の影響

岡山県 正会員 ○ 白瀬 薫
大成建設（株） 正会員 笹西孝行
山口大学工学部 正会員 山本哲朗 鈴木素之

1. はじめに

近年、酸性雨や廃棄物などを起因とする地下環境の汚染が問題となっている。全国 44 地点における降水の地点別平均 pH は 4.5~5.7 と酸性雨の傾向を示しており¹⁾、酸性雨や廃棄物に含まれている化学物質の水への溶解・土粒子への沈着は、地盤の化学的性質に影響を及ぼすと示唆されている。その中で、土の pH と工学的特性に関する研究は、pH が粘性土のコンシステンシー特性や強度・変形特性に影響を及ぼすことが報告されている^{2),3)}。本研究では、pH を人工的に変化させた 3 種類の粘性土を対象にして、土の繰返しせん断強度特性に及ぼす pH の影響について実験的に検討した。

2. 試料および実験概要

(1)試料の物理・化学的性質 表-1 に今回用いた試料の物理・化学的性質を示す。表中の $(pH)_i$ は初期の pH である。主要粘土鉱物はカオリン粘土および大道粘土がカオリナイト、宇部岬粘土がイライトである。

(2)実験概要 純水に硫酸または水酸化ナトリウムを加え、所定の濃度に調整した水溶液を作製する。 $(pH)_i$ における液性限界の約 1.5~2.0 倍の含水比となるように上述の水溶液を加え攪拌してスラリー状にし、1 日間放置する。なお、 $(pH)_i$ の試料を作製する場合には純水を用いる。このスラリー状試料の pH を確認した後、大型圧密装置に詰めて鉛直圧密応力 $p=9.8 \rightarrow 19.6 \rightarrow 49.0 \rightarrow 98.0$ kPa のように段階載荷し、第 1~3 段階では 1 日間、第 4 段階では 7 日間圧密し、打ち切り時間は 3t 法に基づいて決定する。この予圧密試料を直径約 5 cm、高さ約 10 cm に成形し供試体とする。初期有効拘束圧 $\sigma'_{30}=98$ kPa を負荷、1 日間圧密した後、周期 10 秒の振幅一定の下で繰返し軸差応力 σ_d を作用させ、両振幅軸ひずみ $DA=10\%$ に達した時を破壊の定義とする。なお、試験の前後で pH がほとんど変化しないことを確認している。

3. pH が異なる粘性土の繰返しせん断特性

繰返し三軸試験より得られた記録波形から、すべての試料で伸張破壊の様相を呈しており、pH の違いによって破壊時直前の軸ひずみに差が生じた。これは、骨格構造や土粒子の表面電荷の違いによるものであると考えられる。また、破壊時の間隙水圧はすべての試料で pH の変化に対してそれぞれ異なる傾向を示した。

(1)間隙水圧比上昇曲線 図-1 に代表例として宇部岬粘土の $(pH)_i$ における間隙水圧比上昇曲線を示す。なお、この曲線は繰返し載荷回数 $n_L=1$ 回目の間隙水圧比をゼロとして正規化

表-1 試料の物理・化学的性質

指標	カオリン粘土	大道粘土	宇部岬粘土
$\rho_s(g/cm^3)$	2.618	2.602	2.598
$D_{50}(mm)$	0.007	0.011	0.008
$D_{max}(mm)$	0.2	0.2	0.9
$w_L(\%)$	62.0	57.2	59.5
$w_P(\%)$	40.2	23.5	30.5
I_p	21.8	33.7	29.0
$F_{chv}(\%)$	96.8	25.0	45.3
$F_c(\%)$	97.7	94.0	96.6
$(pH)_i$	6.8	6.5	7.8

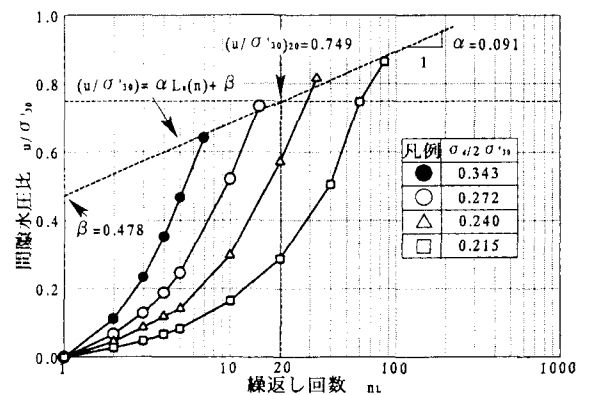


図-1 間隙水圧比上昇曲線

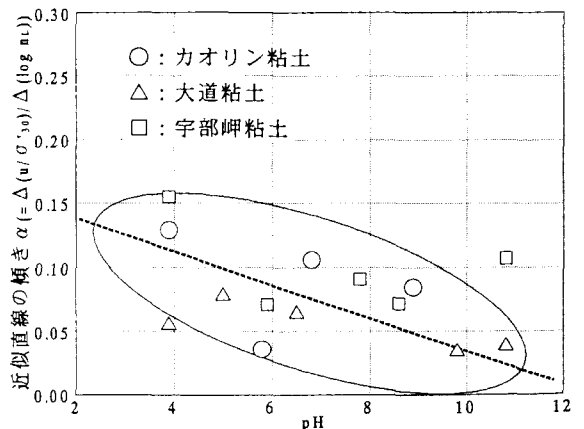


図-2 pH と α の関係

したものである。この図から明らかなように破壊時の間隙水圧比に良い相関性が得られた。すべての試料において同様の結果が得られ、その関係から得られた近似直線を用いて $n_L=20$ 回の時の間隙水圧比 $(u/\sigma'_{30})_{20}$ を求めると、試料によって異なる傾向を示した。また、近似直線の傾きを $\alpha(=\Delta(u/\sigma'_{30})/\Delta(\log n_L))$ として、pH と α の関係を図-2 に示す。その結果、pH の増加に伴って α は小さくなる傾向を示した。つまり、 α は間隙水圧の発生しやすいを示していることから、酸性側試料よりもアルカリ性側試料のほうが間隙水圧は上昇しにくいといえる。これは、酸性からアルカリ性に移行するに従い、土粒子の骨格構造が綿毛構造から配向構造に変化することによって透水性が低くなったためであると考えられる。

(2)繰返しせん断強度曲線 図-3(a)~(c)に各試料の繰返しせん断強度曲線を示す。繰返しせん断強度曲線の形状は pH によって異なる。特に図-3(b)の大道粘土、(c)の宇部岬粘土では pH によって繰返しせん断強度曲線は大きく異なる。一方、図-3(a)のカオリン粘土では pH の影響はほとんど現れていない。また、より注意深く見ると、pH の影響は n_L の小さな領域で顕著に現れているといえる。図-4 に破壊時の $n_L=20$ 回の時の繰返しせん断応力比 R_{20} と pH との関係を示す。カオリン粘土では pH によらず R_{20} はほぼ一定であるのに対して、他の2試料では pH の増加に伴って R_{20} が減少する傾向を示す。これは、カオリン粘土の主要粘土鉱物であるカオリナイトが不活性粘土であるため、pH の影響が土粒子の凝集力に現れにくかったためであると推測される。以上より、繰返しせん断強度曲線の形状は pH と試料によって異なり、pH の影響は n_L の小さな領域で現れやすい。

4. 結論

本文では、粘性土の繰返し強度特性に及ぼす pH の影響について議論した。結果に基づく考察の結果、以下の知見が得られた。

- ①すべての試料で伸張破壊であり、破壊時直前の軸ひずみや過剰間隙水圧が試料・pH によって異なる。
- ②酸性側試料よりもアルカリ性側試料のほうが、間隙水圧は上昇しにくい。
- ③繰返しせん断強度への pH の影響は、繰返し回数によって異なる。

【参考文献】

- 1) 環境省編:平成 14 年版環境白書, 2002. 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.

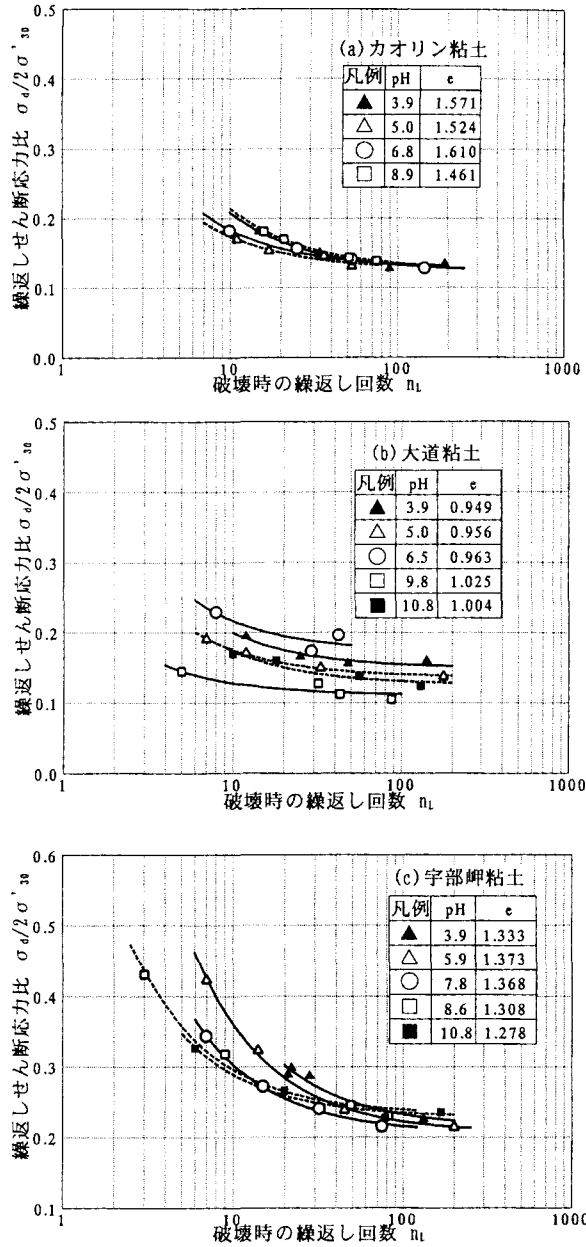


図-3 各試料の繰返しせん断強度曲線

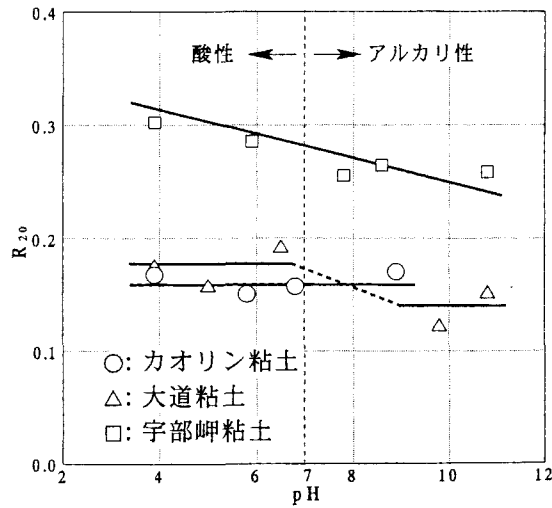


図-4 pH と R_{20} の関係