

黄鉄鉱に起因する酸性化が粘性土の変形・強度特性に及ぼす影響

石川工業高等専門学校 学生会員 ○東 真吾・池村太伸・澤本洋平  
石川工業高等専門学校 正会員 重松宏明・能澤真周

1. 緒言

筆者らは、これまで黄鉄鉱に起因する粘性土の酸性化について研究してきた<sup>1),2)</sup>。本研究では、中性近くから強酸性までの広範囲の試料に対し、酸性化と変形・強度の関係を把握するため、一軸圧縮試験を行った。また、これらの結果とコンシステンシーや硫酸塩含有量との関連性についても詳細に検討した。

2. 実験試料及び供試体の作製条件

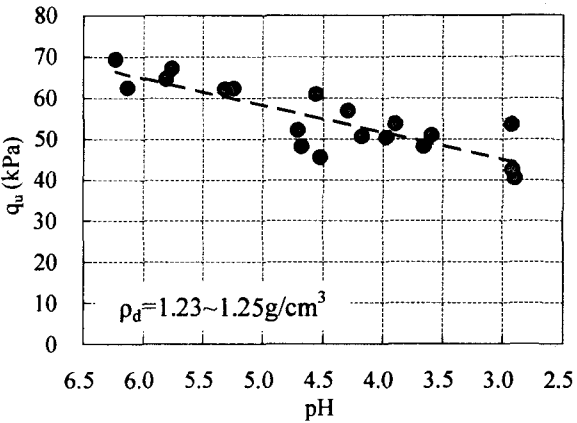
実験に用いた土は、石川県河北郡津幡町北中条(石川工業高等専門学校近傍)の土取り場より採取した粘性土である。以後、北中条粘性土と呼ぶ。表-1に採取直後の物理・化学特性を示す。pHは6.1~6.2と、還元状態にほぼ近いといえる。また、砂分8.6%、シルト分67.2%、粘土分24.2%であり、シルト質土であることがわかる。得られた試料を裏ごしした後、自然含水比を保ったまま実験室内で放置し、酸性化させた。その後、試料を所定の乾燥密度を目標に、静的に締固めて一軸圧縮試験に用いる供試体を作製した。この方法を採用することにより、各供試体内の酸性化の度合いを均一なものとし、実験結果に酸性化の影響のみを抽出することができると考えた。作製した供試体の含水比は、放置期間に関わらずほぼ一定で、乾燥密度も1.23~1.25g/cm<sup>3</sup>の範囲に入っている。

3. 結果および考察

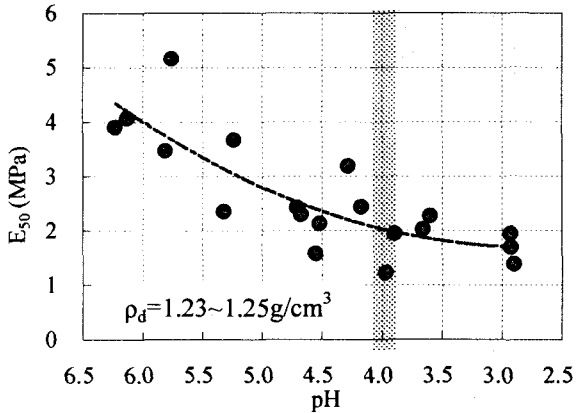
酸性化が粘性土の変形・強度に及ぼす影響を把握するため、先に述べた供試体を用いて一軸圧縮試験を行った。図-1に一軸圧縮試験の結果を示す。(a)にpHと一軸圧縮強度 $q_u$ の関係、(b)にpHと変形係数 $E_{50}$ の関係、(c)にpHと破壊ひずみ $\varepsilon_f$ の関係を示す。図より一軸圧縮強度は酸性化とともに、徐々に低下し、pH3以下ではpH6以上と比較して、2/3程度にまで低下していることがわかる。変形係数については、pH4付近を下回ると低下の度合いが幾分緩やかになっている。破壊ひずみについては、酸性化とともに上昇し、その後さらに酸性化が進行しpH4付近を下回ると低下に転じている。

表-1 採取直後の北中条粘性土の物理・化学特性

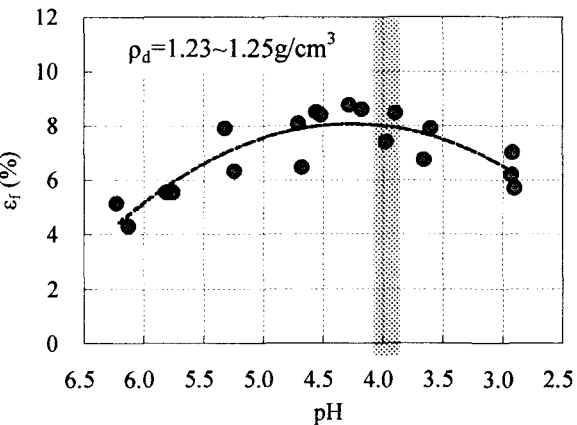
|                |             |                                      |      |
|----------------|-------------|--------------------------------------|------|
| pH             | 6.1~6.2     | 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.67 |
| 含水比 $w$ (%)    | 55.36~62.66 | 砂分 (%)                               | 8.6  |
| 液性限界 $w_L$ (%) | 68.18       | シルト分 (%)                             | 67.2 |
| 塑性限界 $w_P$ (%) | 30.29       | 粘土分 (%)                              | 24.2 |
| 塑性指数 $I_P$     | 37.89       | 強熱減量 $L_d$ (%)                       | 4.55 |



(a) pHと $q_u$ の関係



(b) pHと $E_{50}$ の関係



(c) pHと $\varepsilon_f$ の関係

図-1 北中条粘性土の一軸圧縮試験の結果

これらの一軸圧縮試験の結果について、コンシステンシー限界との関係を調べるため、一軸圧縮試験に用いた試料と同じ方法で酸性化させた試料を用いて液性・塑性限界試験を実施した。

図-2に液性限界  $w_L$ 、塑性限界  $w_P$ 、塑性指数  $I_P$  と pH の関係を示す。図より pH の低下に伴い  $w_L$ 、 $w_P$  は低下する。また、pH と  $w_L$ 、 $w_P$  の関係から得られた近似式を用いて、一軸圧縮試験に用いた各供試体のコンシステンシー指数  $I_c(=(w_L - w)/I_P)$  を計算し、まとめたものが図-3である。

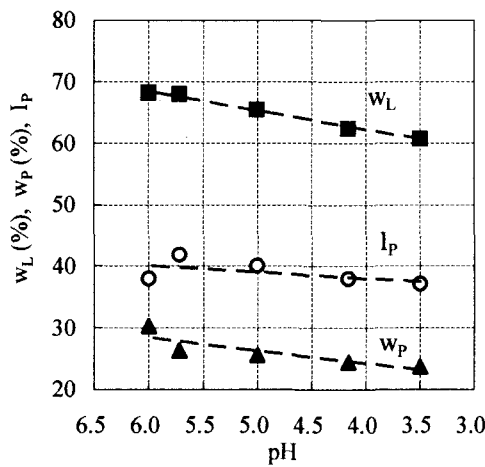


図-2 pHとコンシステンシー限界の関係

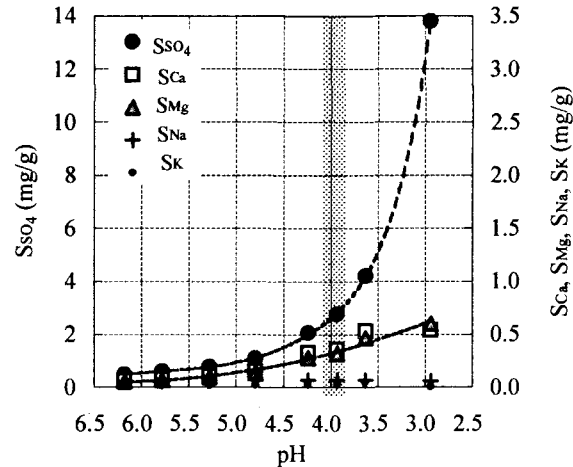


図-4 pHと各種水溶性塩類含有量の関係

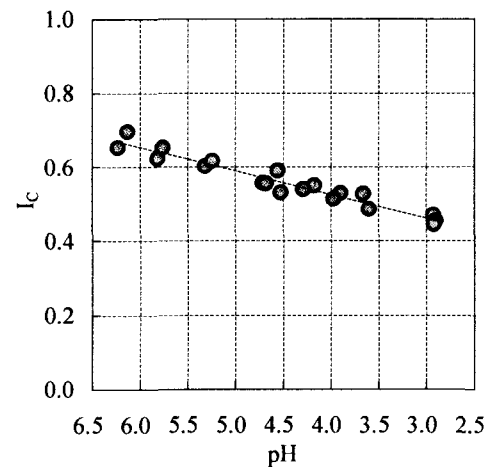


図-3 pHとコンシステンシー指数の関係

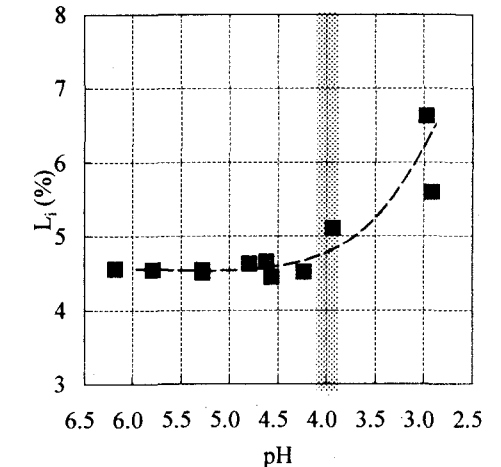


図-5 pHと強熱減量の関係

$I_c$ は細粒土の自然含水比状態における相対的な硬さを表す目安であり、0に近いほど液性限界に近く、土は軟らかい状態にあることを示している。図-3より、pHの低下とともに  $I_c$  は低下している。このように酸性化に伴って  $I_c$  は低下し、このことも一軸圧縮強度が低下する要因となっている。

供試体中の水溶性塩類含有量を調べるため、一軸圧縮試験後の供試体から試料を分取し、水溶性成分試験(JIS K 0102)を行った。図-4に、今回測定を行った硫酸塩含有量( $SSO_4$ 、左側の縦軸)および水溶性カルシウム・マグネシウム・ナトリウム・カリウム含有量( $SCa$ 、 $SMg$ 、 $SNa$ 、 $SK$ 、右側の縦軸)と pH との関係を示す。図より、pH4 以下での硫酸塩の増加が著しいことがわかる。この傾向は強熱減量試験の結果からも説明できる。図-5に pH と強熱減量  $L_i$  の関係を示す。図より、硫酸塩含有量と同じく pH4 以下で強熱減量が急増している。これは北中条粘性土には有機物がほとんど含まれていないこと、硫酸塩と強熱減量の増加傾向が一致することなどから、硫酸塩の増加によって引き起こされたものと思われる。また、一軸圧縮試験で得られた変形係数と破壊ひずみが、pH4 付近を境にして傾向が変わっていることを考えると、酸性化する過程において硫酸塩含有量と粘性土の変形特性との間には密接な関係があると思われる。

#### 4. 結言

本研究で行った試験の結果から、酸性化によって一軸圧縮強度は低下する。これはコンシステンシー指数と pH との関係からも理解できる。また、変形係数や破壊ひずみの変形特性と、硫酸塩含有量の間には密接な関係があると考えられる。

参考文献 1) 重松宏明・林宗平・東真吾：黄鉄鉱に起因する酸性化が土のコンシステンシーに及ぼす影響，平成15年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，pp.223-224，2004 2) 重松宏明・東真吾・小田憲一・二木美和・林宗平：黄鉄鉱に起因する酸性化が土の強度特性に及ぼす影響，第39回地盤工学研究発表会平成16年度発表講演集，pp.227-228，2004