

### III-A 3 酸性移行を呈する土の強度、変形特性に関する一考察

石川工業高等専門学校 正会員 ○佐野博昭 金沢工業大学 正会員 山田幹雄  
 金沢工業大学 正会員 太田実 石川工業高等専門学校 正会員 能澤真周

1. まえがき 近年、地盤環境の観点より『土の酸性化』が大きな問題となっている。土の酸性化は、酸性雨（水素イオン濃度指数  $pH \leq 5.6$  の雨）の長期浸透にともなう地盤の緩衝能力の低下や黄鉄鉱を含有する土と空気との接触によって進行する化学反応（酸化）などによって引き起こされる。著者らのひとり、土粒子間に作用する力の向きが  $pH$  の高低に密接に関係していることに着目し、土の強度、変形特性は  $pH$  によって異なることを報告した<sup>1)</sup>。また、安定処理を施した土の強度発現効果は、対象となる土の  $pH$  に依存していることも指摘されている。このように、地盤の強度、変形特性を検討する際には土の  $pH$  を考慮に入れることが必要になるものと考えられる。そこで、本研究では土の  $pH$  と強度、変形特性との関係を調べることに重点を置いて締固め試験や一軸圧縮試験を行ってみることにした。

2. 試料採取現場の概要 試験には、石川県河北郡津幡町地区の道路切土部（1990年12月切土）より採取した粘性土を用いた。現地踏査において切土斜面内部の土は暗灰色を呈しているのに対し、表層部分では赤褐色に変色していることが確認された。そこで、斜面内部の土性を調べるために、1992年7月と8月および1994年3月の計3回にわたって切土部分を水平方向に2mの深さまで掘削し、各深さごとに得られた試料に対して物理・化学試験を行った。図-1は、斜面切土部の各深さごとにおける試料の  $pH$  を示している。採取時期によらず、0.5～2.0mの深さより採取した試料の  $pH$  は6.5程度とほぼ中性であるが、表層に近づくにつれて  $pH$  は徐々に低下し、表層部分（採取深さ0mに相当）では  $pH$  が2～3の強酸性となっている。そこで、斜面表層部分の土が酸性化した原因を調べるために、土中に含まれている水溶性成分を調べたところ、 $pH$  の低い土からは硫酸イオンが検出され、とくに表層部分では約0.5%の硫酸イオンを含有していることがわかった。このことより、図-1に示した表層付近の土の酸性化の主たる原因は硫酸イオンの存在にあると判断された。

3. 試料の性質および試験方法 表-1は、上記の現場より採取した  $pH$  が約6.5の試料の物理的性質を示す。採取した試料は温度20℃、湿度90%の恒温恒湿室内で空気乾燥を行い、所定の期間ごとに  $pH$  を測定した。図-2は、日数の経過にともなう  $pH$  の推移を示す。当初6.5程度であった土の  $pH$  は日数の経過にともなって徐々に低下し、採取後56日が

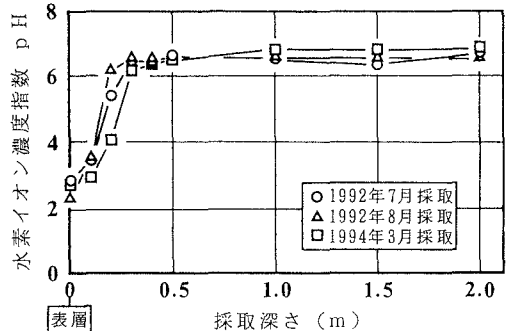


図-1 採取深さと水素イオン濃度指数との関係

表-1 採取直後の試料土の物理的性質

土粒子の密度 $\rho_s$ ( $g/cm^3$ )	2.68
液性限界 $w_L$ (%)	68.6
塑性限界 $w_p$ (%)	41.6
塑性指数 $I_p$	27.0
砂分 (%)	7.4
シルト分 (%)	75.6
粘土分 (%)	17.0

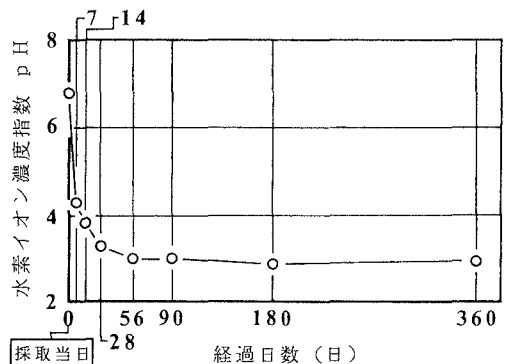


図-2 日数の経過にともなう水素イオン濃度指数の推移

経過した時点ではpHが約3の強酸性試料となっている。表-2は、各経過日数ごとに行った締固め試験の結果をまとめたものであり、日数が経過すると最適含水比は減少し、最大乾燥密度は増加する傾向にあることがわかる。これは、pHの低下が土粒子間に作用する力の向きやその大きさに影響を及ぼしていることによるものと考えられる。一軸圧縮試験に使用する供試体は、表-2に示した試料の最適含水比と最大乾燥密度とを目標にして50 mm/minの速度で静的に締固めることにより作製した。作製した供試体（直径約5 cm、高さ約10 cm）は温度20℃の恒温器内に最長14日間保存した後、ひずみ速度1%/minの条件下で一軸圧縮試験を行った。

4. 酸性土の強度、変形特性 図-3は、採取後0～360日が経過した試料の一軸圧縮強さ $q_u$ の推移を、横軸に保存日数をとって示したものである。図より、 $q_u$ は経過日数の長いときほど、また、保存日数が長くなるほど大きくなることわかる。なお、保存期間中に供試体の体積に変化が生じるかどうかを調べるために、供試体作製時と一軸圧縮試験時に直径と高さとを測定したが、双方の体積にはほとんど差が認められなかった。図-4、5は、pHと一軸圧縮強さ $q_u$ 、変形係数 $E_{50}$ との関係を示す。測定結果に多少のばらつきはあるものの、おおむね採取後の経過日数が長くなるとpHは酸性側へ移行し、それにとまって $q_u$ 、 $E_{50}$ は増加していることがわかる。以上のように、pHの低下（酸性化）は土の強度、変形特性に影響を与えているわけであるが、このような現象にはpHのみならずイオンの種類や濃度、粘土鉱物の種類なども関与している部分が多いと考えられる。

5. あとがき 以上の結果より、pHの低下にとまって一軸圧縮強さ、変形係数が大きくなることが示された。しかし、土の酸性化は隣接したコンクリート構造物の劣化や土中に埋設した鋼材の腐食などを引き起こす要因となることが予想され、今後は酸性化した土に石灰やセメントあるいはフライアッシュのようなアルカリ性材料を混合してpHを中性やアルカリ性に移行させたときの土の強度、変形特性を検討していくことも必要となろう。

【参考文献】  
1) 亀井健史・佐野博昭：粘性土の強度・変形特性に及ぼす酸性化の影響，土木学会論文集，第517号/Ⅲ-31，pp. 189～196，1995.6.

表-2 試料土の締固め特性

経過日数 (日)	最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ (g/cm <sup>3</sup> )	最適含水比 $w_{opt}$ (%)
0	1.54	24.2
7	1.58	22.7
14	1.58	22.3
28	1.60	21.4
56	1.60	20.9
90	1.62	20.3
180	1.62	19.2
360	1.62	19.2

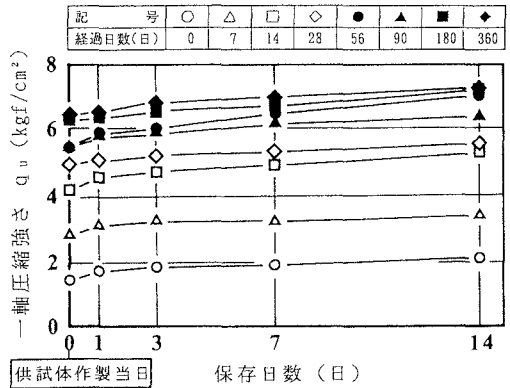


図-3 保存日数の経過にとまらぬ一軸圧縮強さの推移

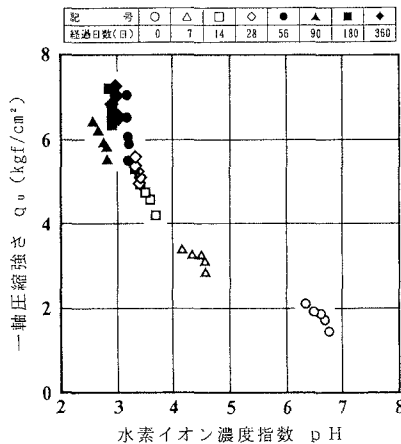


図-4 水素イオン濃度指数と一軸圧縮強さとの関係

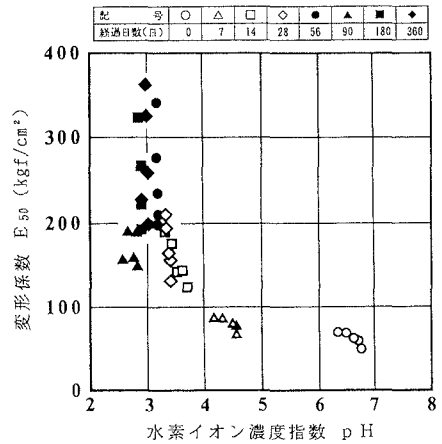


図-5 水素イオン濃度指数と変形係数との関係