

# 酸性移行を呈する土の コンシステンシー限界に関する研究

佐野博昭<sup>1</sup>・山田幹雄<sup>2</sup>・太田 実<sup>3</sup>・能澤真周<sup>4</sup>・渡邊康二<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 博(工) 石川工業高等専門学校助教授 環境都市工学科 (〒929-0392 石川県河北郡津幡町字北中条)

<sup>2</sup>正会員 工博 福井工業高等専門学校教授 環境都市工学科 (〒916-8507 福井県鯖江市下司町)

<sup>3</sup>正会員 工博 金沢工業大学教授 工学部土木工学科 (〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘7-1)

<sup>4</sup>正会員 石川工業高等専門学校技官 環境都市工学科 (〒929-0392 石川県河北郡津幡町字北中条)

<sup>5</sup>正会員 博(工) 福井工業高等専門学校教授 環境都市工学科 (〒916-8507 福井県鯖江市下司町)

本研究では、空気との接触によって徐々にpHが低下する土、いわゆる「酸性移行を呈する土」のコンシステンシー限界を検討するために、切り取り斜面より採取した土に対して液性限界・塑性限界試験を行った。現地調査において、斜面内部の土のpHが6.5とほぼ中性であったのとは対照的に表層部ではpH2.5の強酸性を示し、加えて、この土のコンシステンシー限界は表層部に近づくにつれて小さくなることが示された。次に、斜面内部の中性土(pH6.5)を室内に持ち帰って空気乾燥したところ、日数の経過とともに土のpHは徐々に低下して強酸性(3)へと達し、その推移には温度の高低が深く関与していることが示された。さらに、pHが低下すると土のコンシステンシー限界が小さくなること、土の酸性化にともなって塑性図を用いた工学的分類体系上、C' H群からML群へと遷移することなどの新たな知見が得られた。

**Key Words:** acidified soil, air drying, site investigation, laboratory test, hydrogen-ion concentration exponent, consistency limit, plasticity chart

## 1. まえがき

液性限界や塑性限界および両者の差として求められる塑性指数は、細粒土の圧縮性や強度などの物理量と密接に関係しており、加えて、比較的少ない試料でかつ簡便な方法で求めることができることから、土の性質を評価する上において参考にされることの多い物理的性質のひとつである。土の工学的性質(例えば、圧縮指数 $C_c$ 、二次圧密係数 $C_{\alpha}$ 、強度増加率 $c_u/p$ )と液性限界 $w_L$ 、塑性指数 $I_p$ との関係を調べたこれまでの研究によれば、土の種類や地域によって多少の違いはあるものの、いくつかの代表的な実験式が報告されている。

また、最近では塑性限界 $w_p$ を導入した膨潤性粘土の締め固め特性の評価式も提案されている<sup>1)</sup>。

著者らのひとりには、これまで土の強度、変形特性に影響を及ぼす要因のひとつとしてpHに着目し、人工的に酸性化させた土のpHと強度、変形特性との関係について検討を加えてきた<sup>2)~4)</sup>。また、土中に含まれている黄鉄鉱(パイライト、 $FeS_2$ )が空気と接触することによって徐々にpHが低下する土<sup>5)</sup>、いわゆる「酸性移行を

呈する土」の強度、変形特性とpHとの関係についても同様に検討を加え、両者の間に密接な関係があることを明らかにしてきた<sup>6)</sup>。

コンシステンシー限界と土の工学的性質(例えば、強度、変形特性)との関係を検討してきた既往の研究成果とpHと強度、変形特性との関係を検討してきた著者らの研究成果とを合わせると、コンシステンシー限界が土のpHと密接に関連しているということは容易に推察される。さらに、「酸性移行を呈する土」の工学的性質のうち、とくにコンシステンシー限界については不明な点が多く残されている。

以上のことから、本研究では、「酸性移行を呈する土」のコンシステンシー限界に及ぼすpHの影響を調べることを目的に、①所定の深さより採取した現場土のコンシステンシー限界および②現場で採取した未だ酸性化していない土を室内で所定の期間保存し、徐々に酸性化した土のコンシステンシー限界について検討を行った。また、土の工学的分類を行う際に用いられることの多い塑性図についても検討を加えた。

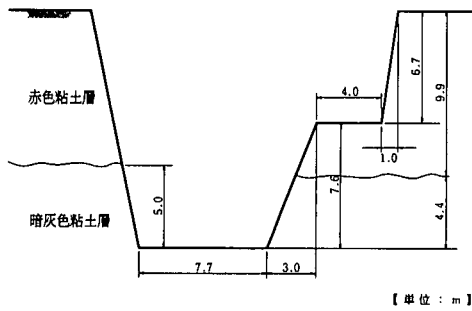


図-1 調査地点の断面図

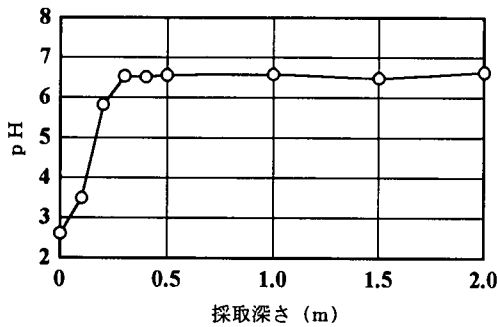


図-2 採取深さと pH との関係

## 2. 現場土のコンシステンシー限界

現地調査は、石川県河北郡津幡町地区の廃材運搬用道路の切土斜面（1990年12月に切取り）において行った。

図-1は、調査地点の断面図を示す。調査地点の詳細については文献6)に詳述している。この付近の地層は主として暗灰色の硬質な高窪泥岩層（新第三紀中新世）から構成されている。この切土斜面（暗灰色粘土層）を水平方向に2mの距離まで掘削し、各距離ごとに採取した土に対して地盤工学会基準<sup>7)</sup>に準拠してpH試験を行った。なお、本論文においては便宜上、水平方向の距離を深さと表現することにする。

図-2は、1992年7月から8月にかけて計3回にわたって採取した土の採取深さとpH（3回の平均値）との関係を示す。図より、0.3m以深ではpH6.5程度の中性を示しているが、0.3mより表層付近に近づくにつれてpHは徐々に低下し、表層部（採取深さ0m）ではpH2.5の強酸性となっていることがわかる。pHの低い土に対して硫酸イオン含有量試験<sup>7)</sup>を行ったところ、約0.6%の硫酸イオンが検出され、このことより、土の酸性化の主な原因は硫酸イオンの存在にあることが示された。このように、同じ地層構造を有する切土斜面において斜面内部と表層部とでpHに違いが生じた原因、言い換えれば、硫酸イオンが存在した原因として以下のことが考え

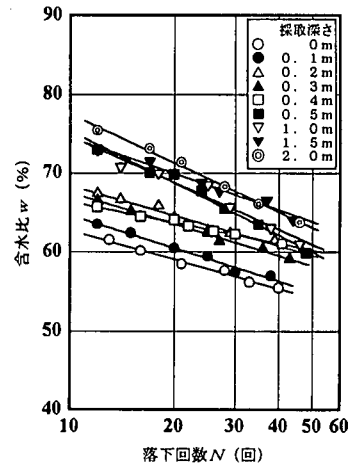
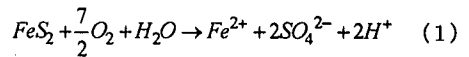


図-3 現場土の流動曲線

られる。すなわち、斜面表層部の土は切取りを行う以前は土中であって空気から隔離されていたが、1990年12月の切取りによって土が取り除かれた時点で空気と接触し、次式<sup>8)</sup>に示す化学反応が進行して硫酸イオンが生成され、結果として土の酸性化が進行したものと考えられる。



また、このような空気との接触による土の酸性化の影響範囲は表層部に留まることなく、深さ0.3mの斜面内部まで広がったものと推察される。

次に、pHが土のコンシステンシー限界にどの程度影響を及ぼすのかを調べるために、所定の深さより採取した土に対して液性限界・塑性限界試験を実施してみたことにした。なお、採取した土は空気との接触による酸性化の影響を極力避けるために採取当日に試験を行った。

図-3は、切土斜面内の所定の深さから採取した土の流動曲線を深さごとに示したものである。図より、斜面表層部に近づくにつれて流動曲線は徐々に下方へ移行し、その傾きもやや緩やかになっていることがわかる。流動曲線より液性限界 $w_L$ を求め、これと別途求めた塑性限界 $w_p$ および両者の差として求められる塑性指数 $I_p$ を採取深さごとに示すと図-4が得られる。測定結果に多少のばらつきがあるものの、表層部に近づくにつれて含水比は小さくなっており、図-4と図-2とを合わせるとpHの推移と液性限界、塑性限界、塑性指数の推移とが対応していることがわかる。このことより、「酸性移行を呈する土」のコンシステンシー限界は土のpHに対応して変化しているものと判断した。また、土の酸性化現象は式(1)に示した空気との接触による化学反応に依存しているため、空気と接触してからの経過日数や気象条件（例えば、降水、気温、湿度など）、さらには浸透水や地下水位などの周辺環境の影響を受けているものと

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 <sup>3</sup> )	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

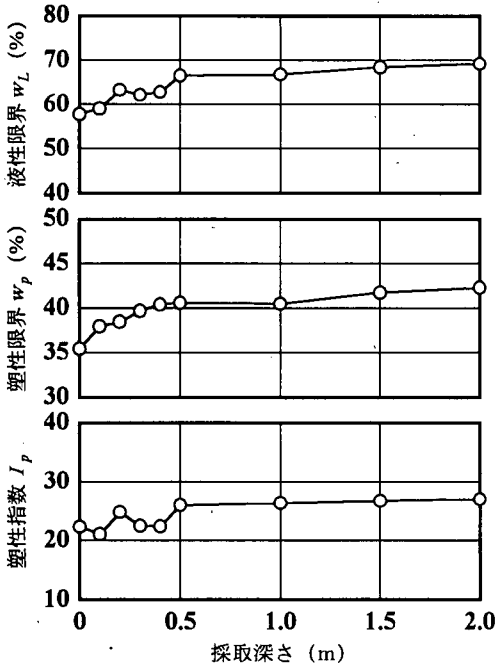


図-4 採取深さと液性限界、塑性限界、塑性指数との関係

推察される。

そこで、空気と接触した後、徐々に酸性化していく過程で土のコンシステンシー限界がどのように推移していくのかを詳細に調べるために、現場で採取した未だ酸性化していない土を室内において異なる温度状態で所定の期間保存し、酸性化した土に対して液性限界・塑性限界試験を行ってみることにした。

### 3. 試料の性質および試験方法

試験には、図-1に示した切土斜面内部(暗灰色粘土層の表層より1.2~1.5m)より採取した土を用いた。表-1は、採取直後の土、すなわち、未だ酸性化していないpH約6.5の土の物理的性質を示す。採取した土は直ちに2mmふるいで裏ごしして貝殻などの夾雑物を除去した後、0、20、40℃の温度に設定した恒温器内に薄く引き延ばした状態で最長360日間保存し、所定の日数が経過した時点で地盤工学会基準<sup>7)</sup>に準拠して液性限界試験(Casagrande法)と塑性限界試験を実施した。これらの試験と併せてpHの測定も行った。ここで、恒温器内の設定温度は、現場の温度条件を再現するために周辺の役所で観測された3年間の気象データ(最低気温-3.8℃、最高気温34.3℃)を基に決定したものである。なお、湿度の調整はとくに行わなかった。

液性限界試験や塑性限界試験は、試験方法の簡便さゆえに①試料の準備・調整方法<sup>9)~11)</sup>、②測定器の性

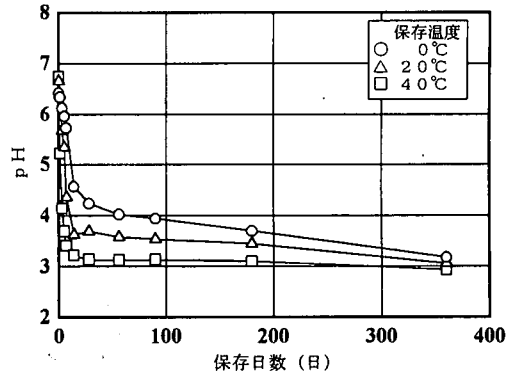


図-5 日数の経過にもなるpHの推移

能<sup>12)</sup>、<sup>13)</sup>および③試験方法<sup>14)</sup>などの違いによって異なった結果が得られるという問題点が指摘されている。とくに、塑性限界試験は試験方法が単純であるがゆえに個人誤差の入る余地が多いとされている。ここで、①の試料の準備・調整方法については文献11)に報告されており、空気乾燥によって土のコンシステンシー限界が異なることが指摘されている。②の測定器の性能が試験結果に及ぼす影響については文献13)で詳細に検討されており、その中でもとくにゴム台のゴム硬度の大小が液性限界に大きな影響を及ぼすとされている。さらに、③の試験方法のうち、とくに土と水を混ぜ合わせる繰り返し時間について文献14)で詳細に検討されており、繰り返し時間が長くなると液性限界や塑性限界は減少するが、さらに繰り返しを継続すると、逆に増加する傾向を示すことを報告している。

1990年の試験方法の改訂<sup>7)</sup>によって液性限界測定器の寸法およびゴム台の硬度についての基準値が示されたことを受けて、今回の試験に用いる測定器の各諸元を調べたところ、試験結果に大きな影響を及ぼすとされているゴム台の硬度は、JIS K 6301「加硫ゴム物理試験法」<sup>15)</sup>に規定されたスプリング式硬さ試験機A形を用いて1ヶ月ごとにゴム台上の計30点について測定を行った結果、平均で88.9となり、基準値として示された硬度(85±5)を十分に満足していることが示された。また、この他の

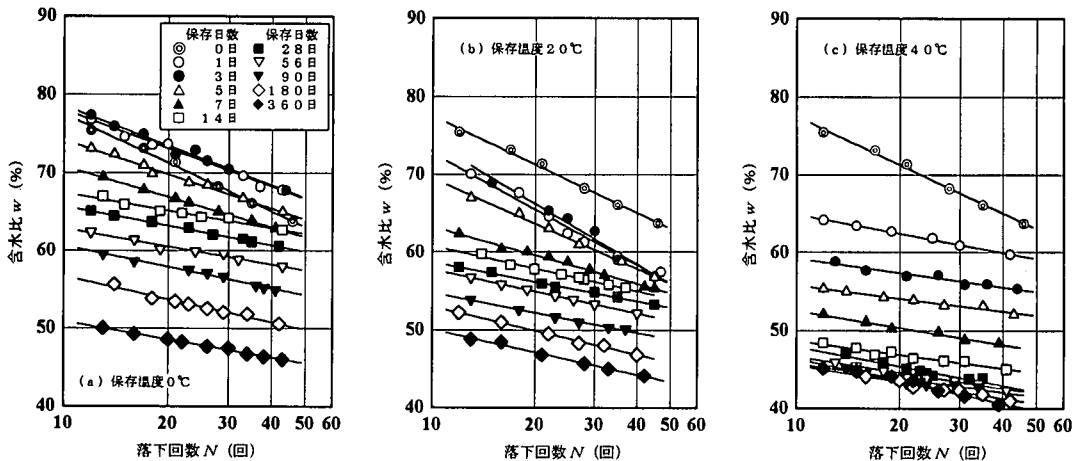


図-6 流動曲線 (保存温度0, 20, 40°Cの場合)

測定器の寸法や液性限界試験に用いる溝切りおよびゲージについてもすべて許容範囲内にあることが確認された。

試験結果の信頼性を高めるために、その他の要因については以下の点に留意して試験を行うこととした。

①試験実施時の温度：文献(16)によれば、試験実施時の温度が液性限界や塑性限界に影響を及ぼすことが報告されている。このため、温度の影響を極力除去するために、所定の温度条件下(0, 20, 40°C)で保存を行った試料を取り出し、一旦温度20°Cに設定している恒温室内に約2時間静置して試料全体の温度をほぼ20°Cに調整した後、それぞれの試験を行うこととした。

②試験実施者および場所：人為的な誤差を取り除くため、すべての試験は約10年のキャリアを有する熟練者一人が毎回同一の場所(実験台)にて試験を行った。なお、試験は同一含水比条件下で2回行った。

③試験水：試験にはイオン交換水(pH約5.5)を用いた。

④練返し時間：加水後、約10分間連続してへらで練返しを行った。

先にも述べたように、空気がパイライトに触れることによって土中で硫酸イオンが生成され、結果として土の酸性化が進行する。この酸性化の進行度合いを表す指標としてpHや硫酸イオン含有量を挙げることができる<sup>6)</sup>。これまでの研究では、測定容易さから土の酸性化を表す指標としてpHを用いてきたわけであるが、式

(1)によれば、空気との接触によって硫酸イオンが生成される過程で鉄イオンも併せて生成されており、このイオンの存在も無視することはできないものと考えられる。このことは、切土斜面表層部の土の色調が全体的に赤褐色に変色していたという現地調査の結果<sup>6)</sup>からも裏付けられている。しかしながら、鉄イオンの含有量を定量化するためには、例えば、イオンクロマトグラフのよ

うな比較的高価な機器を必要とし、また、その操作においても特殊な技術が要求されるものと考えられる。

式(1)より、空気との接触によって生成される鉄イオン量は硫酸イオンの生成量と比例しているものと予想され、土の酸性化、すなわち、pHの低下にともなって土中に溶出する鉄イオン量も増加するものと推察される。そこで、本研究においては文献(6)と同様に土の酸性化の進行度合いを表す指標として、測定器の操作法が簡単であり、迅速にかつ信頼性の高い結果を得ることができるとpHを用いることにした。

#### 4. 酸性土のコンシステンシー限界

図-5は、保存日数の経過にともなうpHの推移を示す。当初、pH約6.5と中性を示した試料は、日数の経過とともにpHが徐々に低下し、360日が経過した時点でpH3の強酸性試料となっている。また、pHの推移には保存時の温度が深く関与しており、40°Cで保存した場合、比較的短い期間(14日)で土のpHが3にまで低下している。このように最長360日間保存した試料のpHは、気温や湿度などの気象条件や地下水の存在など必ずしも現地の状態を再現しているとはいえないが、図-2に示した切り後約1年半が経過した時点で測定された現地での斜面表層部のpH2.5に概ね対応しているといえる。

図-6(a)～(c)は、保存温度が0, 20, 40°Cの場合の落下回数Nと含水比wとの関係を示す。横軸落下回数Nは対数目盛で表している。なお、図中の直線は最小二乗法により求めた。図より、日数の経過にともなって流動曲線は徐々に下方へ移動し、併せてその傾きが緩やかになっていることがわかる。また、保存温度が高くなると、保存を開始してから比較的早い時点で流動曲線が下方へ移行していることがわかる。

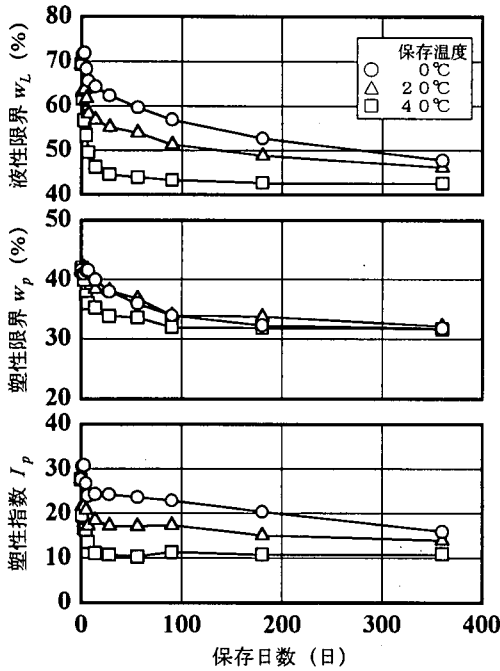


図-7 日数の経過にもなる液性限界, 塑性限界, 塑性指数の推移

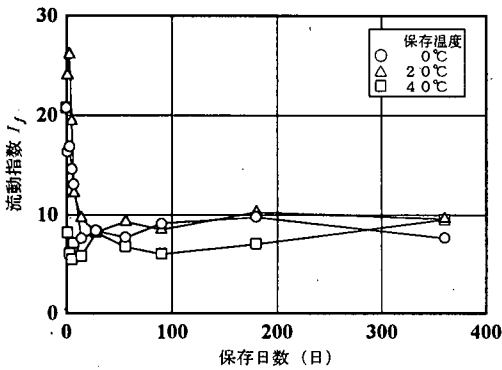


図-8 日数の経過にもなる流動指数の推移

図-7は、保存日数と液性限界  $w_L$ 、塑性限界  $w_p$  および塑性指数  $I_p$  との関係を示す。日数の経過にもなって液性限界、塑性限界、塑性指数は低下し、その推移には保存温度が深く関わっていることがわかる。とくに、 $w_L$  は当初約70%であったものが360日が経過した時点で45%に、また、 $w_p$  は当初40%であったものが約30%に低下している。

図-8は、日数の経過にもなる流動指数  $I_f$  すなわち、図-6に示した流動曲線の傾きの推移を示す。日数の経過にもなって流動指数は徐々に減少し、保存日数が28日を越えると保存温度によらず  $I_f = 8 \sim 10$  とほぼ一定値となっている。

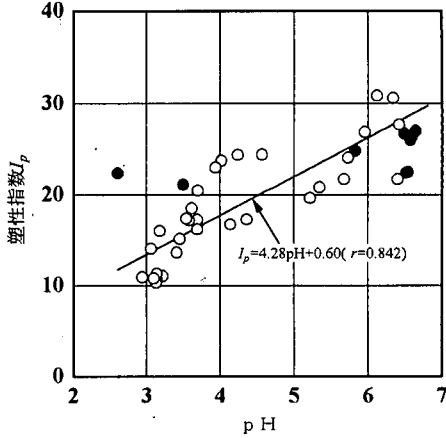
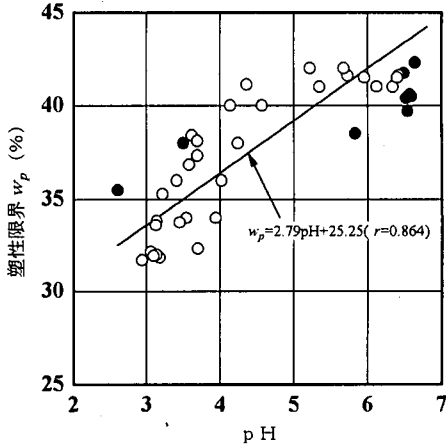
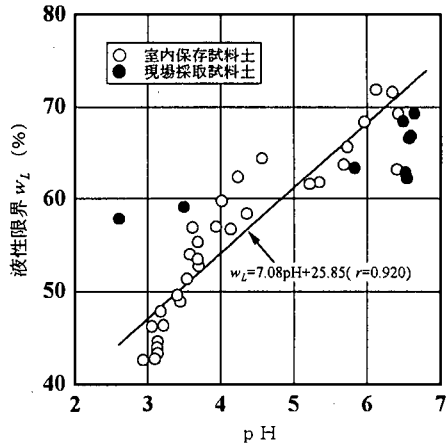


図-9 pHと液性限界, 塑性限界, 塑性指数との関係

図-7と先に示したpHの推移(図-5)とを合わせてみると、日数の経過にもなってpHは低下し、液性限界、塑性限界、塑性指数も減少していることになり、このことより、第2章で示した図-4と図-2との関係

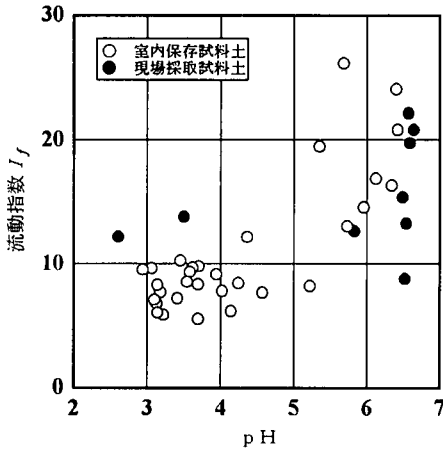


図-10 pHと流動指数との関係

と同様コンシステンシー限界の低下の主たる原因はpHの低下にあると判断された。そこで、次はpHとコンシステンシー限界との関係を調べてみることにした。

図-9は、pHと液性限界 $w_L$ 、塑性限界 $w_p$ 、塑性指数 $I_p$ との関係を示す。図中には参考までに第2章(図-4)で述べた現場土のコンシステンシー限界の結果(記号●)も併せて示している。液性限界、塑性限界、塑性指数はpHの低下ともなって減少しており、両者の間に次式に示すような比較的高い直線関係が成立している。なお、回帰直線を求めるにあたっては現場土の結果(●)は計算に用いなかった。

$$w_L = 7.08 \text{ pH} + 25.85 \quad (r=0.920) \quad (2)$$

$$w_p = 2.79 \text{ pH} + 25.25 \quad (r=0.864) \quad (3)$$

$$I_p = 4.28 \text{ pH} + 0.60 \quad (r=0.842) \quad (4)$$

図-10は、pHと流動指数 $I_f$ との関係を示す。pHの低下ともなって流動指数は減少しているようであるが、両者の間に明確な関係は認められない。

一般に、コンシステンシー限界は交換性陽イオンの種類によって異なることが報告されており、鉄イオン(例えば、 $\text{Fe}^{3+}$ )などが存在すると可塑性が減少するといわれている<sup>17)</sup>。先にも述べたように、空気との接触によるpHの低下ともなって土中に鉄イオンが生成され、コンシステンシー限界が低下したものと推察される。

これまでの現場採取試料土と室内保存試料土とに対する液性限界および塑性限界試験の結果より、「酸性移行を呈する土」のコンシステンシー限界はpHと密接に関連していることが明らかとなった。

式(1)によれば、土の酸性化は空気と接触することによって引き起こされるため、酸性化の進行には空気の存在が必要不可欠であると考えられる。そこで、試料を保存する過程で空気の存否が「酸性移行を呈する土」のpHやコンシステンシー限界にどの程度影響を及ぼすか

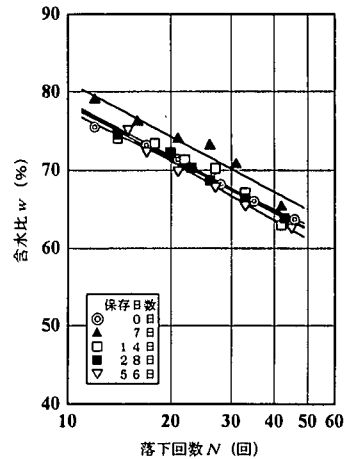


図-11 流動曲線(真空乾燥保存試料土の場合)

を調べるために以下に示す実験を行ってみることにした。

具体的には、切土斜面内部(深さ1.2~1.5m)より採取したpH6.5の中性試料を温度20°Cの恒温室内に静置したデシケーター内に入れ、真空ポンプにより760mmHgの圧力下で真空乾燥保存を行った。

まず、真空乾燥保存日数の経過ともなうpHの推移を調べたところ、当初pH6.5であったものが56日が経過した時点でpH6.0とわずかに低下する傾向を示し、90日ではpH5.6となった。この原因として、所定の日数が経過した時点でpH測定用の試料を取り出す度にデシケーター内を大気圧に戻す操作が必要となり、この際、デシケーター内に空気が進入し、結果として試料が空気と接触して酸性化がわずかに進行したものと考えられる。そこで、酸性化の影響が比較的少ないと考えられる条件として真空乾燥保存日数を56日とし、この間のコンシステンシー限界の推移を調べてみることにした。

図-11は、真空乾燥保存試料の流動曲線を示す。真空乾燥開始後56日が経過した時点でも流動曲線にほとんど変化はみられない。次に、日数の経過ともなう液性限界 $w_L$ 、塑性限界 $w_p$ 、塑性指数 $I_p$ の推移を調べたところ、 $w_L=69\sim72\%$ 、 $w_p=40\sim42\%$ 、 $I_p=28\sim30$ という結果が得られ、真空乾燥保存期間中に変化はほとんど認められなかった。このことより、「酸性移行を呈する土」のpHはもちろんのこと、コンシステンシー限界の推移にも空気の存在が深く関与していることが改めて示されたことになる。このことは、「酸性移行を呈する土」の酸性化の進行をある程度抑制するためには、空気を極力除去し、加えてできるだけ低い温度で保存することが肝要であることを示唆している。

以上の結果より、pHの低下ともなって液性限界や塑性限界および塑性指数は減少することが示され、「酸性移行を呈する土」のコンシステンシー限界を評価する

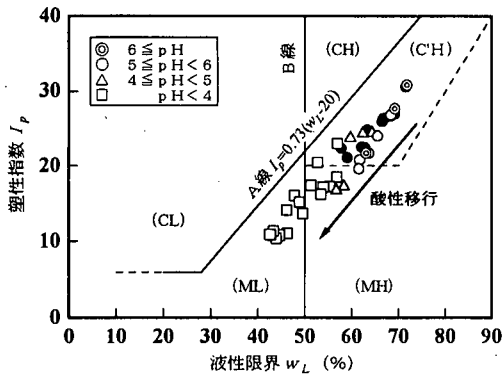


図-12 酸性移行を呈する土の塑性図

上において pH は重要な要因であることが示された。

### 5. 酸性移行を呈する土の塑性図

細粒土の工学的分類を行う場合、液性限界  $w_L$  と塑性指数  $I_p$  との関係に基づき作製した塑性図を用いることがある。そこで、図-9 に示した pH と液性限界および塑性指数との結果をもとに塑性図上に「酸性移行を呈する土」のコンシステンシー限界をプロットしてみたところ、図-12 に示すような関係が得られた。図中には現場土のコンシステンシー限界の結果 (記号●) も併せて示す。

図より、初期状態 (pH 約 6.5) では A 線 ( $I_p = 0.73(w_L - 20)$ ) によって示される線) の下方に位置 (C' H 群) しているが、酸性化にともなって A 線に沿って左下方へ移行し、MH 群へと推移している。さらに酸性化が進行すると B 線 ( $w_L = 50\%$ ) を越えており、この時点で土は MH 群から ML 群へと遷移したことになる。文献 (18) によれば、B 線を境として、例えば土の圧縮性が変化することが指摘されており、土の酸性化によって B 線を越えるということは土の圧縮性が徐々に小さくなっていくということを意味している。

なお、前出図-9 (上段の図) より、液性限界が 50% 以下となるとき、言い換えれば、MH 群から ML 群へと推移するときの土の pH は 3.5 に対応しており、この pH が「酸性移行を呈する土」の工学的性質を評価する上でひとつの目安になるものと考えられる。

### 6. まとめ

本研究では、「酸性移行を呈する土」のコンシステンシー限界を調べるために、切土斜面より採取した土を室内で所定の期間空気に曝して酸性化した試料土に対して液性限界試験や塑性限界試験を行った。本研究により得られた主要な結果を以下に列挙する。

(1) 切土斜面表層部の液性限界  $w_L$ 、塑性限界  $w_p$ 、塑性指数  $I_p$  は斜面内部より小さい。

(2) 「酸性移行を呈する土」の pH の推移には保存日や温度が深く関わっている。

(3) 「酸性移行を呈する土」では、pH の低下にともなって液性限界  $w_L$ 、塑性限界  $w_p$ 、塑性指数  $I_p$  は減少する。

(4) 「酸性移行を呈する土」は工学的分類体系上、初期状態 (pH 約 6.5) では C' H 群に属しているが、酸性化にともなって A 線に沿って左下方へ移行し、MH 群、ML 群へと遷移する。

このように「酸性移行を呈する土」のコンシステンシー限界と pH との関係がある程度明らかにすることができたが、このような酸性化現象は土中で生じる化学反応に深く依存していることより、今後は X 線回折分析装置や走査型電子顕微鏡などの分析機器を積極的に導入して、微視的領域についてのさらなる検討が必要となるであろう。

一方、コンシステンシー限界は細粒土の工学的性質と密接に関連していることより、「酸性移行を呈する土」の強度や変形特性を評価するためには pH の推移がある程度予測することが必要となる。この pH の推移には日数や温度が深く関与していることが本研究において示されたわけであるが、今後は pH と温度、日数との関連性について検討を加えていく予定である。いずれにしても、土の pH は将来にわたって地盤環境の評価を行っていく上において重要な項目のひとつである。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、金沢工業大学名誉教授宮北 啓先生、長岡工業高等専門学校長小川正二先生には貴重なご助言を賜った。また、各種の室内試験および結果の整理には、石川工業高等専門学校土木工学科卒業研究生諸君のご協力を、現地調査にあたっては地元の役所や企業の方々の深いご理解と多大なご尽力をいただいた。ここに、深甚なる謝意を表する。

### 参考文献

- 1) 小峯秀雄, 緒方信英: 塑性限界を導入した粘土の締固め特性の評価法の提案, 土木学会論文集, No. 436/III-16, pp. 103-110, 1991. 9.
- 2) 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. 9.
- 3) 亀井健史, 佐野博昭: 水素イオン濃度指数の違いがベントナイトのせん断特性に及ぼす影響, 地すべり, 第31巻, 第3号, pp. 37-42, 1994. 12.
- 4) 亀井健史, 佐野博昭: 粘土土の強度・変形特性に及ぼす酸性化の影響, 土木学会論文集, No. 517/III-31, pp. 189-196,

1995. 6.
- 5) 佐々木信夫：新第三系強酸性硫酸塩土壌に関する研究，岩手県立農業試験場研究報告，第20号，pp. 23-54，1977. 3.
  - 6) 佐野博昭，山田幹雄，太田 実，能澤真周：酸性移行を呈する土の強度，変形特性に関する研究，土木学会論文集，No. 575/Ⅲ-40，pp. 159-167，1997. 9.
  - 7) 地盤工学会：土質試験の方法と解説，1990. 3.
  - 8) 落合英俊，松下博通，林 重徳：硫酸イオンを含む地盤における住宅基礎，土と基礎，Vol. 34，No. 6，pp. 45-50，1986. 6.
  - 9) 内田一郎，松本錬三：土のATTERBERG限界測定に対する時間の影響，土木学会誌，Vol. 38，No. 1，pp. 9-14，1953. 1.
  - 10) 神山光男：試料の乾燥状態が土の稠度に及ぼす影響，土と基礎，Vol. 7，No. 1，pp. 44-47，1959. 1.
  - 11) 山崎不二夫，竹中 肇：風乾がアッターベルグ限界に及ぼす影響，農業土木学会論文集，Vol. 14，pp. 46-48，1965. 12.
  - 12) 瀬古隆三，高橋一晃，瀬古治生：液性限界に関する2，3の問題，土と基礎，Vol. 23，No. 11，pp. 33-38，1975. 11.
  - 13) 風間秀彦，下辺 悟：液性限界に及ぼす測定器と測定方法の影響，地盤工学会論文報告集，Vol. 37，No. 2，pp. 145-153，1997. 6.
  - 14) Ogawa, F. and Kobayashi, M.: Influence of remolding on the liquid and plastic limits of soil, *Soils and foundations*, Vol. 35, No. 4, pp. 115-121, 1995. 12.
  - 15) 日本工業標準調査会：加硫ゴム物理試験方法 JIS K 6301-1975，日本規格協会，1975. 3.
  - 16) Youssef, M. S., Sabry, A and el Ramli, A. H: Temperature changes and their effects on some physical properties of soils, *Proc. 5th ICSMFE*, Vol. 1, pp. 419-421, 1961. 7.
  - 17) 嘉門雅史，浅川美利：新体系土工学 16 土の力学（1）-土の分類・物理化学的性質-，技報堂出版，pp. 87-89，1988. 2.
  - 18) 木村 孟，日下部治：新土木実験指導書【土質編】，技報堂出版，pp. 115-117，1993. 2.

(1998. 1. 8 受付)

## A STUDY ON CONSISTENCY LIMITS OF ACIDIFIED SOIL BY AIR DRYING

Hiroaki SANO, Mikio YAMADA, Minoru OHTA, Masachika NOZAWA and Koji WATANABE

In order to investigate the consistency limits of acidified soil by air drying, liquid limit and plastic limit tests were performed on soils sampled from the excavation slope. As a result, the hydrogen-ion concentration exponent(pH) values decreased with preserving time and the decreasing degree was influenced by preserving temperature. In addition, it was found that the consistency limits decreased with a decrease of pH, the classified group for engineering purpose transmited from C<sup>+</sup>H-group to ML-group. Therefore, pH is the most important factor in considering geotechnical environments.