

和歌山工業高等専門学校 正員 屋 仰

正員 佐々木靖一

熊谷組(大阪支店) 正員 加藤 勝彦

1, はじめに

近年, 宅地造成とか埋め立などの土木工事において, 建設材料として, 山土が時々使用されているが, 山土を使用した場合, 異常沈下とか収縮膨張などの現象が起こりがちである。風化した土は, 風化の程度により物性の差異が考えられる。吸水膨張という工学的性質については, 現在のところ土粒子物性や土の力学的試験結果から説明することは, 困難とされている。これは, 風化土粒子と水の相互作用の複雑さによるものと推定できる。

そこで, 種々の土質試料について, 水の吸着特性を調べる必要があるが, 本研究では, 砂岩系の試料についての水分吸着特性を調査した。一般に砂岩は, 風化の影響が, 少ないとされている。したがって, 風化の程度が, 水分吸着にどの程度差異を示すか, あるいは吸着熱と自由エネルギーについてどの程度の変動を示すかを実験的に調べた。

本実験の試料は, 和歌山県田辺市新庄町跡の溝の宅地造成地の砂岩を用い, 土質工学的特性を調べるために, 比重試験, 粒度試験, 液性・塑性限界試験を行なった。吸脱着実験は, 重量法水分吸着装置にて行ない, 水粒子が, 土粒子表面に吸着したときの吸着量の増加をカセットメーターにより測定した。水分吸着については, B・E・T理論により風化の程度を評価する状態量として, 吸着熱, 自由エネルギーを取り上げ, クラジウス・クラペイロンの公式を参考にして, 吸着熱曲線を求め, バンガムの公式を参考にして吸着エネルギーを算定した。この結果から, 砂岩特性が, 自由エネルギーに関係している傾向を示した。

2, 吸着特性の理論式

B・E・T理論は, ラングミュアの単分子層理論を1938年多分子層吸着に拡張したものである。多分子層吸着とは, 吸着分子が, 積み重なって無限に吸着するものとして, 各吸着分子は, 互いに影響されないとしている。吸着量は, 平衡圧に関係し, 一定温度において固体表面に吸着するガスの吸着量と平衡圧との関係を表わすのに, 吸着等温線が, 用いられている。吸着量と相対圧の関係としてB・E・T吸着式があり, 次式で表わされる。

$$\frac{1}{v(1-x)} = \frac{1}{v_m} + \frac{1}{v_m C} \left(\frac{1-x}{x} \right) \text{----- (1)}$$

ただし, v : 吸着量(mg/g), v_m : 単分子吸着量(mg/g), P : 蒸気圧(mmHg), P_s : 飽和蒸気圧(mmHg), $x = P/P_s$: 相対圧, C : B・E・T定数。

v_m が算出されると, つぎの式(2)により, 表面積を算出することができる。

$$S = \sigma \times v_m \times 6 \times 10^{23} / 22400 \quad \sigma = 2\sqrt{3} (M/4\sqrt{2} N_A d) \text{----- (2)}$$

ただし, σ : 吸着分子断面積(cm^2), M : 分子量(g/mole), N_A : アボガドロ数, d : 吸着分子の密度(g/cm^3)。

水分子が, 土粒子表面に作用したときに, 熱の発生が生ずる。この熱が吸着熱である。

吸着熱は、クラジウス-クラペイロンの式(3)を適用し算出される。

$$(\partial \ln P / \partial T)_{v, \text{const}} = Q_a / RT^2 \text{------(3)}$$

ただし、 v ：吸着量(mg/g)、 P ：ガス圧(mmHg)、 T ：絶対温度($^{\circ}\text{C}$)、 R ：ガス定数($\text{Kcal/deg}\cdot\text{mol}$)、 Q_a ：吸着熱(Kcal/mol)。

すなわち、温度 T_1 、 T_2 の吸着等温線の同一吸着量 v を与える平衡圧 P_1 、 P_2 に対して、

$$Q_a = (4.576 \log P_2 / P_1) / (1/T_1 - 1/T_2) \text{------(3')}$$

より求めた Q_a と v の関係を平面直角座標に示したものが、等量吸着熱曲線である。

また、吸着等温線から自由エネルギーを算定するために、パンガムの自由エネルギーの式(4)が用いられる。

$$\Delta F = -RT/M\delta \int_0^v v/(P/P_0) d(P/P_0) \text{------(4)}$$

ただし、 ΔF ：エネルギー(erg/cm^2)、 R ：ガス定数($\text{Kcal/deg}\cdot\text{mol}$)、 T ：絶対温度($^{\circ}\text{C}$)、 M ：水の分子量(g/mol)、 δ ：比表面積(cm^2/g)、 v ：吸着量(mg/g)、 P/P_0 ：相対圧(mmHg/mmHg)。

自由エネルギー ΔF は、平面座標において、縦軸 $v/P/P_0$ 、横軸に P/P_0 をとることにより描かれる曲線と座標軸とに囲まれる面積により算定することができ、この面積に比例する。

3. 実験の概要

本実験においては、重量法吸着装置を用いた。水蒸気の土粒子への吸着、脱着における吸着量は、石英スプリングの伸びを、カセットメーターで $1/100\text{mm}$ まで読みとり吸着量を測定した。一分圧での吸脱着平衡時間は、約30分を目安とした。この場合の吸着平衡は、 40°C と 45°C の場合について行ない、母岩、風化土共に各温度について4個の資料で実験を行なった。なお、測定誤差は、土粒子1gに対して吸着量に換算して $\pm 1\text{mg}$ であった。

4. おわりに

比重試験の結果、母岩では、比重2.856 風化土2.610であり、風化土の方が比重が小さな値となった。また、砂岩風化土の粒度試験の結果、均等係数 $U_c=4$ で“均等な土”であった。

最大吸着量の平均は、図-2にも表わられているように、 $T=45^{\circ}\text{C}$ の時は、風化土の方が、大きな値となり、 $T=40^{\circ}\text{C}$ のときは、母岩の方が大きな値となった。吸着熱曲線については、風化土の方が、変化が激しいようである。また、自由エネルギーは、図-3の曲線の面積に比例するが、砂岩の場合、ケツ岩などに比べると、母岩、風化土共に非常に小さな値となっている。つまり砂岩

が風化に安定であるということが、自由エネルギーに関係していると思われる。

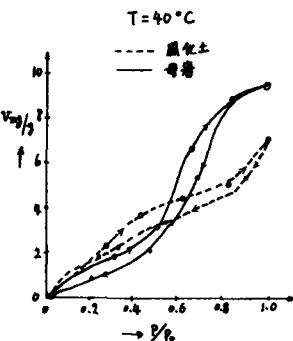


図-1 吸脱着等温線

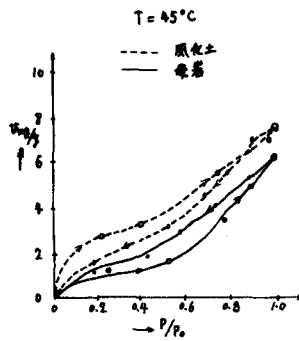


図-2 吸脱着等温線

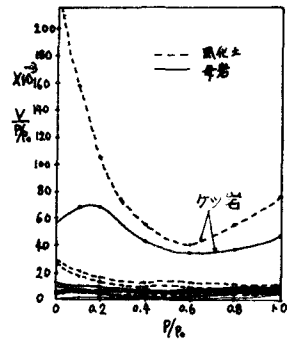


図-3 v/P_0 と P/P_0 の関係