

大阪府立大学農学部 ○正員 葛上 久, 学生員 永井啓一, 正員 中谷三男

われわれは土の基本的性質の一つである“比表面”(S.S.; m^2/g)を土の工学的性質の指標として取上げ、細粒土の物理的および化学的性質との関連性を究明してきた。また、土粒子表面上の“水のあり方および性質”を土の工学的性との関係において把握するために“水膜厚さ”(d; Å)という量を取上げた。工学的に対象となる細粒土の土中水を水膜厚さに換算すると、その値は意外に小さく、大半は吸着水の範囲に入れることができる。一方、土中水の吸着および離脱挙動を解明するために“熱剥定”を取入れた。熱剥定によると、土に水が吸着される時に発生する熱量を測定することで吸着の強弱や反応速度などを知ることができる。次に、われわれは静的稀固の装置(最大稀固の圧力; $1000 kg/cm^2$, 真空差配付)を作製し、それを利用して稀固の供試土を作製した。この装置の利用により、含水量と間隙比の2要因試験が可能となった。以上述べてきたように、比表面、水膜厚さ、吸着挙動および間隙比の4要因を軸として、細粒土の工学的性質の発現機構を解明しようとしたのが本研究である。

1. 細粒土の分類に対する比表面の効用について

比表面は土の基本的性質の一つであるとともに数系列として連続的に表示ができるので土の分類に対して良い指標であると考えられる。比表面の大小と粒度分布の間には全く相関性が認められず、細粒土の粒度分析の難しさを示す。ところで、比表面表示の一つの弱点は粒度分布を知ることができないことである。そこで、粉体の測定に良く用いられている遠心力場における粒度分布を図-1に示す。重力場の粒度分析による結果と全く違った粒径組成曲線になる。粒度分析法には分散の問題、粒子形状の沈降速度への影響、微細粒子に見られるブラウン運動による沈降阻害などの多くの問題点をかかえているが、細粒土の粒度分布を知るために遠心力場における粒度分析法を取入れるべきだと考えられる。

2. 液・塑性限界と比表面の関係

液性限界と比表面の間には膨潤性土を除外すると、正の一次関係がある。膨潤性土を含む土においても、その含有量を考慮して層間膨潤に要する水分量を差引くことにより普通土と同じ取扱いが可能となった。一方、塑性限界と比表面の間には膨潤性土の有無にかかわらず正の相関が認められた。

3. 稀固の特性に対する比表面と水膜厚さの影響

実用めによる土の稀固の試験方法 A 1210-1970 において、最適含水比、最大乾燥密度と土の種類の関係も比表面および水膜厚さによってうまく説明することができ。図-2に比表面と最適含水比(水膜厚さ表示)の関係を示す。泥炭と火山灰土である弱締結土、立川ロームを除けば、最適含水比の水膜厚さは比表面が小さくなる程大きくなる。これはある一定外力のもとで、粒状体である土が最も良く締まるために必要な条件として、水膜厚さが異なるものと考えられる。すなわち、比表面が小さくなれば、単位容積中の土粒子数が減り、一接点当りの垂直応力が増加する。土が良く稀固まるためにはせん断抵抗力が小さくなければならぬ。そこで、潤滑剤としての役割が

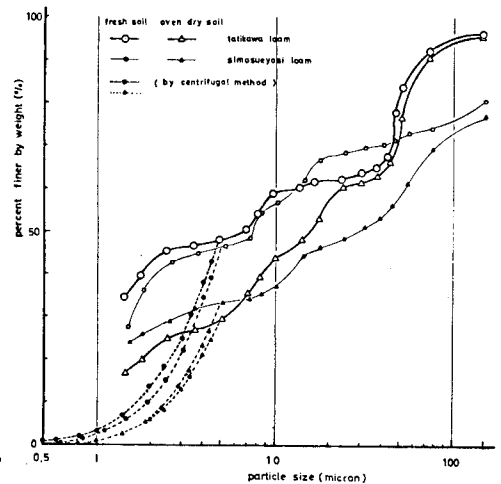


図-1 遠心力場における粒度分布

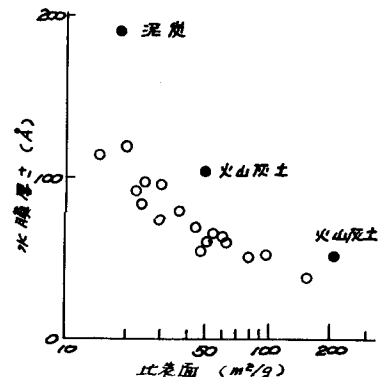


図-2 比表面と最適含水比の関係(水膜厚さ表示)

水に要求され、水膜厚さが大きくなると考えられる。比表面の大きな土についても同様な説明が「できるか」、水が少なくなると水自身の容積が土の密度増加を阻害するので水膜厚さが小さいと考えられる。

4. 応力-ヒズミ特性について
は定圧による土の稀固の試験方法による)

図-3に比表面の異なる土の応力-ヒズミ関係を示す。(供試体

まず、比表面の大小について検討する。試料②(水膜厚さ30Å, 比表面20m²/g)を除けば、比表面の小さい土程、応力-ヒズミ曲線は曲率が小さい。同じ水膜厚さの供試体群において、粒子接点のせん断抵抗係数が同じであるとする、比表面が大きくなる程曲率が大きくなり、一軸圧縮強さも小さくなるのは、稀固の機構について考察したのと同じ理由によると考えられる。

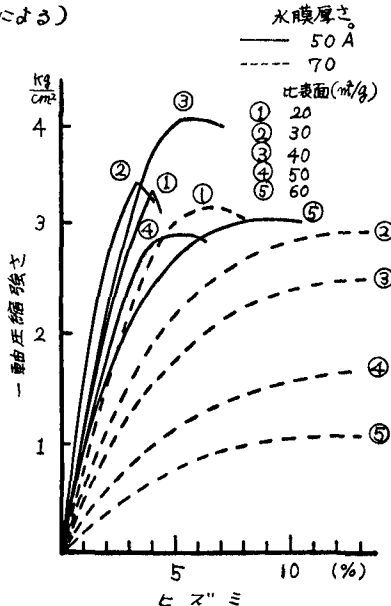


図-3 応力-ヒズミ曲線

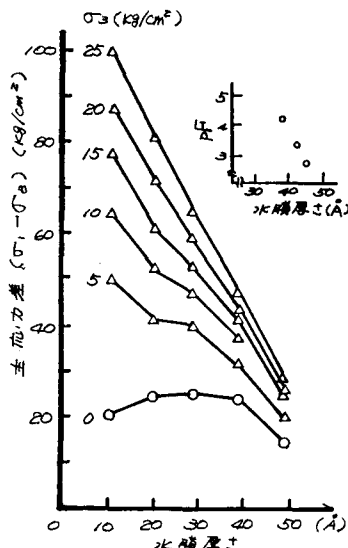


図-4 軸差応力と水膜厚さ

5. 強度定数について

図-4に軸差応力と水膜厚さ

の関係を示す。側圧が0, すなわち一軸圧縮強さは水膜厚さが30~40Åでピークを示し、それより水膜厚さが小さくなってそれぞれ強度低下は示さないが、水膜厚さが大きくなると強度低下が著しい。このことから、吸着水の粘着性は30~40Åの厚さで最大になると考えられ、土は水分の少ない状態から順次、面体状、半固体状、塑性体状と変化していきと考えられている事とよく符合する。付図はpHと残留水分の関係である。一般に拘束水と定義されているpH=4.2の水膜厚さは37Åである。一軸圧縮強さがpH=4.2で保持される水膜厚さが最大になるということは非常に興味深い事である。側圧が15kg/cm²までは吸着水の性質が軸差応力に関与しているが、pH=4.2, すなわち側圧が16kg/cm²以上ではプロットは直線関係を示し、吸着水の性質が現れていない。これは30~40Åの水膜として保持していた吸着水の性質が16kg/cm²を境にして変化したためと考えられる。

6. 熱測定の結果について

熱測定試験によると、炉乾土を水中に浸すと同時に吸着熱を発生し、土粒子と水の界面現象は11μmの一次反応であることがわかった。表-1に見られるように、図-1あるいは図-2の反応によって吸着移動が大きく異なることがわかる。図-1の反応においては吸着平衡時間は数分であるが、図-2の反応では2000~3000分を要している。このような吸着移動の相違から、土粒子の表面および土の内部の構造を類推することが可能であると考えられる。

さらに、特殊土の一つである関東ロームの水分層厚の特殊性は熱測定試験とpH試験結果から、生土(自然含水比の土)の含水量を減じることによって、関東ロームの土粒子が集合化することに起因すると考えられる。

試料	比表面積 (m²/g)	強度定数 (分)	吸着率 (分)	吸着率 (分)	石灰時間 (分)
カオリン	6	15.0	1.1	1.1	1000 ⁴
泥炭	20	9.8	2.0	2.0	2000 ^{4.5}
豊場土	29	15.2	1.3	1.3	3600 ³
洞爺湖土	44.5	9.5	0.95	0.95	2000 ⁵
衆山土	50	9.7	4.2	4.2	2000 ⁵
岩見沢土	51	10.1	1.1	1.1	600 ⁵
察土	62	8.8	11.9	11.9	2000 ⁵
島土	96.5	8.7	4.0	4.0	3000 ⁵
活性土	220	7.4	3.1	3.1	1000 ⁵
ベントナイト	64	10.1	1.5	1.5	2000 ^{4.5}

表-1 熱測定結果