

九州産業大学工学部 正員 関 直三郎
 同上 田中 信也
 九州産業大学大学院 学生員 前 栗 慶三

1. ま え が き 粘土の定義は研究分野によって相違があることは、周知の通りである。例えば、二次生成物である粘土鉱物を中心として扱う場合と粒子の大きさを規定すること(5μ以下など)によって、その物理的、力学的性質と類推することがなされている。それゆえに、粘土粒子の結合は、物理的、電気化学的等の複雑多岐にわたっている。すなわち、粘土粒子の相互作用—引力と反発力—と呼ばれ、土の挙動を説明する基礎である。どのような場合でも、粘土粒子は、その吸着水の層や交換性陽イオンの拡散層を介したり、直接的な粒子の接触を介して互いに作用するものである。以上のようなことに鑑みて、我々は、粘土鉱物と造岩鉱物の単一鉱物を用いて、粒子結合と粘土構造の相違による力学特性を調べた。さらに、海成粘土や河成粘土の問題等にも通じると思われる塩濃度と粘土粒子の関係とも一考した。なお、力学特性は一面セン断試験機を使用し、粒子の接触結合による挙動だけを実験的に検討したものである。

2. 実験方法 使用材料の粘土鉱物として、山形産Na-ベントナイト、群馬産モンモリロナイト、U.S.A. ジョージア産カオリン、さらに、造岩鉱物は徳島産長石、佐賀産石英を選んだ。なお、長石、石英は大粒径なので、ハンマーで細く叩き割り、さらに微細にするために高速振動試料粉碎機にかけ作成した。この試料に混入する溶液として、蒸留水、海水(奈多海岸より採取)、Na 10000 ppm の水酸化ナトリウムを用いた。混合の方法は、自然状態の試料に所定の溶液量W(％表示)を混入し、時間と置かず供試体とした。Wは0, 5, 10, 15, 20, 30, 40％を目標にした。しかし、造岩鉱物は保水能力が小さいために、W>20％状態では、実験不可能であった。力学特性の測定は小型一面セン断試験機を使い、圧密非排水セン断で行なった。また乾燥密度 γ_d は溶液量の多少により、変化はあるが、 $\gamma_d \approx 1.05 \text{ g/cm}^3$ であった。なお、使用材料の物理定数は紙面の都合で省略する。

3. 実験結果と考察

一面セン断試験結果から、クーロンの法則が求められた、みかけの粘着力Cと溶液量Wの関係は図-1, 2. に示す通りである。図-1. において、溶液は蒸留水のみである。モンモリロナイトとベントナイトの粘着力の最大値は含水比が約30％の時、 $C = 0.67 \text{ kg/cm}^2$ である。ベントナイトはモンモリロナイトが主成分なので、C-W曲線は同様に、含水比に伴ってCも増大する傾向となった。

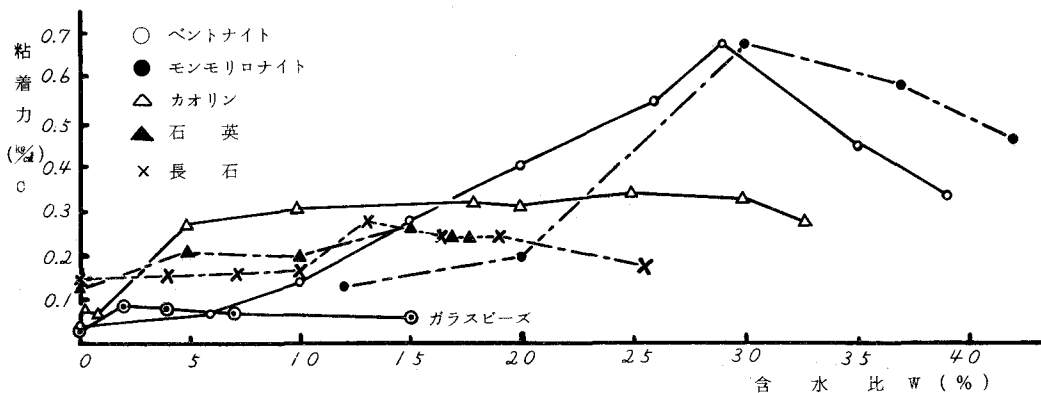


図-1. 粘着力と含水比の関係

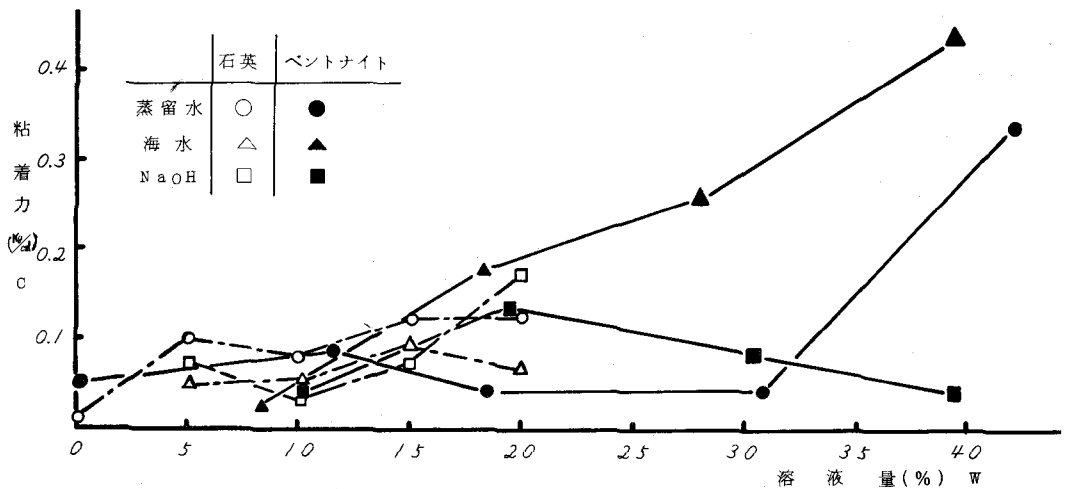


図-2. 粘着力と溶液量の関係

カオリンは $W < 5\%$ において、粘着力は急激に上昇し、その後は含水比が増加しても、 $C = 0.3 \sim 0.35 \text{ Kg/cm}^2$ の値で変化がない。このことは、モンモリロナイトが三層構造であり、層間に吸着水が入って、その吸着水の相互作用で粘着力が大きくなるが、一方、膨張性も大きいので、多量の含水比においては、粘着力が減少すると考えられる。これに対して、カオリナイトは二層構造のために、層間に吸着水は入ることができないので、最大の粘着力を発揮するには、少量の水でよいことになる。他方、石英、長石を粉碎したいわゆる粘土は、粘土鉱物と同じ様な粘着力は示さないが、最大値はカオリンの値に近い。 $W = 0\%$ の場合、石英と長石の粘着力は粘土鉱物の C より大きく、 0.15 Kg/cm^2 である。また、 $W = 12\%$ で粘着力の最大値 $C = 0.26 \text{ Kg/cm}^2$ を示し、 $W = 0$ との差は 0.14 Kg/cm^2 であるので、含水比の変化に粘着力は多少影響されることがわかる。このことは、次のような表示をすることからも判断できる。すなわち、 $Y = C_{\max}/C_{W=0}$ において、ベントナイトは $Y \approx 17$ 、カオリンの Y は 4.9 、石英、長石は $Y \approx 2$ である。それゆえに、石英や長石の粘着力は含水量の変化によるものもあるが、ほとんどは粒子間の摩擦抵抗や粒子間の相互作用によるせん断抵抗の方が大きな割合を示すと思われる。

次に、図-2. はベントナイトと石英に溶液として、蒸留水、海水、水酸化ナトリウム(NaOH)を混入した場合の粘着力の変化を示すものである。ベントナイトに水、海水を混入すると、溶液量の増大につれて粘着力が増大する。特に、海水の場合は顕著であるが、 $W > 40\%$ については実験を行っていない。このことは、NaClの性質から、淡水の粘土より海水中の塩漬粘土の方が、粘土粒子を凝着する性質をもつことにほかならない。NaOHを混入した場合は、 $W = 20\%$ で最大の粘着力を示している。その前後においては、 C は減少することが明らかである。これは、ベントナイトにNaOHを混入すると分散性が働き、水などに比べ、反発力を生ずる粘土粒子の相互作用がベントナイトの三層構造の層間と、或いは、粒子間で行なわれる結果である。石英においては、溶液の影響を受けて吸着水膜を形成するため、 $W = 0$ に対し、粘着力は増大するが、大きな変化はなく、さらに、溶液の種類によっても変化は認められ難い。

4. あとがき

今後、多くの材料と溶液の種類を選んで追加すると同時に、実験の条件や試料調整を厳密に行なっていきたい。最後に、本報を御教示くださった本学の石堂教授と実験で多大の労をおかけした学生諸君に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) ヤン, ワーケンティン著・山崎, 山内訳: 「土質工学の基礎」 鹿島出版会
- 2) 須藤俊男: 「粘土鉱物」 岩波書店
- 3) 三瀬 貞: 「土中の化学成分と土の物理的性質との関係について」 土と基礎 1955 (36)