

モンモリロナイトの乾燥脱水性*

山田 洋 右**

(昭和55年4月24日受理)

On the Dry Dehydration of the montmorillonite

by Yoou YAMADA

The purpose of this paper is to examine the relationship between dry dehydration and ped's form on the same sample. Variation of the ped's form was observed by scanning electron microscope.

As a result of measurement, it was found that dry dehydration is dependent on the ped's form rather than the state of cracking. But the dry dehydration of Ca-clay depends on a factor other than the ped's form.

1. ま え が き

粘土を乾燥させると水分の蒸発により乾燥収縮が生じ、乾燥温度、含水比によって決まるある水分状態まで水分の蒸発が続く。試料の違いによる乾燥脱水性の良否は、その試料の粒子径の大きさである程度判断できるものと思われる。例えば、ベントナイトの粒子径は非常に小さいので、乾燥による脱水性は非常に悪く、乾燥によって亀裂が発生する。ベントナイトに比べてカオリンの粒子径は大きいので、乾燥脱水性は良好であり亀裂は生じにくい。

同じ試料を用いて乾燥脱水を行ったとき、初期含水比、温度、湿度を同じ状態にした場合の乾燥脱水性は等しくなるはずである。今、これらの条件を同じにして粘土の構造だけを変化させたとき、乾燥脱水性は異なった状態を示すものと思われる。

この研究の目的は、同じ試料を用いて土構造を変化させたとき、乾燥脱水性の良否を調べることによって、ペッド形態と乾燥脱水性の関連性について調べることにある。実験の結果、乾燥脱水性は、粘土のペッドがはっきりと形成される試料ほど良くなることが分った。しかし、試料によっては、ペッドの形態だけでは説明がつかないこともあることが認められた。

2. 試料および実験方法

用いた試料は市販のベントナイトである。ベントナイトの主要鉱物はモンモリロナイトで

* 第34回 土木学会年次学術講演会 (1979, 10 福岡) にて一部発表

** 北見工業大学, 土木工学科

あり、その粒子径は $0.1 \sim 1 \mu\text{m}^1$ と非常に小さく高活性な粘土である。

この他に、ベントナイトに硫酸アルミニウム $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ (土重量 100 g に Al イオン 0.0073 モル)、塩化カルシウム $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (同じく Ca イオン 0.0068 モル)、ピロリン酸ナトリウム $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (同じく Na イオン 0.0056 モル) を加えた試料も使用した。これらの試料を Al 粘土、Ca 粘土と呼ぶことにする。使用した試料の物理的性質を Table 1 に示す。試料の準備は、まずベントナイトに水を加えて所定の含水比で練返すが、このままでは試料の均一性が保たれないので、ミートチョッパーで土塊を 2~3 回繰返して練返すと、ほぼ均一になることが分った。このようにして作製した土塊から、低含水比の場合は直径 4.0 cm、高さ 2.0 cm の中空容器につめ、上下面から乾燥させた。高含水比の場合は、直径 5.5 cm、高さ 3.5 cm のアルミ製容器を使用し、試料の上面から乾燥させた。練返し直後の乾燥脱水性の他に、Al 粘土について、養生による乾燥脱水性の変化についても調べている。

脱水性の良否を表わす指標として、 $k'(\%) = \text{脱水量 (g)} / \text{初期湿潤重量 (g)} \times 100$ を乾燥日数ごとに求めた。含水比、温度、湿度、乾燥期間が同じであるとき、 k' が大きいほど乾燥脱水性は良いことを意味する。

各試料の微視的構造を調べるために、走査型電子顕微鏡による写真撮影も行った。加速電圧は 25 kV、写真撮影のための傾斜角は $30 \sim 35^\circ$ である。

3. 実験結果及び考察

3.1 走査電子顕微鏡による観察

Photo. 1, 2, 3, 4 は各試料の走査型電子顕微鏡による写真である。

Photo. 1 はモンモリロナイトの形態を示している。モンモリロナイトの粒子径は $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ とされているから、写真にみられる薄膜状構造は、モンモリロナイト粒子の集合体であると考えられる。

Photo. 2 はモンモリロナイトに硫酸アルミニウムを加えたときの形態を示している。Al 粘土では、モンモリロナイトの薄膜状構造に比べて、形状の異なったベッドがはっきりと形成してくることが分る。このベッドは、モンモリロナイトの薄膜状構造が多数結合して形成されているものと思われる。

Photo. 3 はモンモリロナイトに塩化カルシウムを加えたときの形態を示している。Ca 粘土では、モンモリロナイトと Al 粘土の中間的な形態を示している。すなわち、モンモリロナイトの薄膜状構造もみられるが、Al 粘土のベッドと同じような部分もみられることが分る。

Table 1. Physical properties of sample

試料	G_s	LL	PL	PI
ベントナイト	2.74	431.0	40.2	390.8
ベント+Al	2.81	452.0	38.9	413.1
ベント+Ca	2.75	322.0	27.0	295.0
ベント+Na	2.68	336.0	32.0	304.0

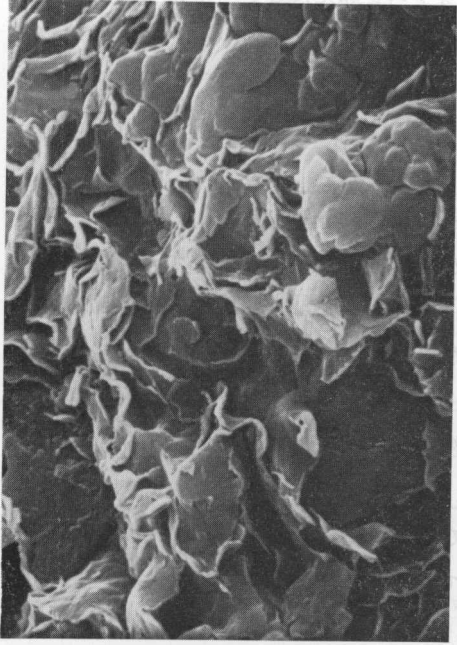


Photo 3. Ca-clay ×10000

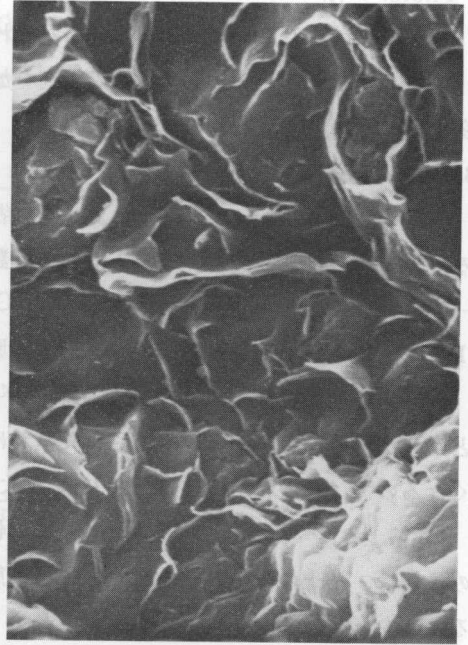


Photo 4. Na-clay ×10000

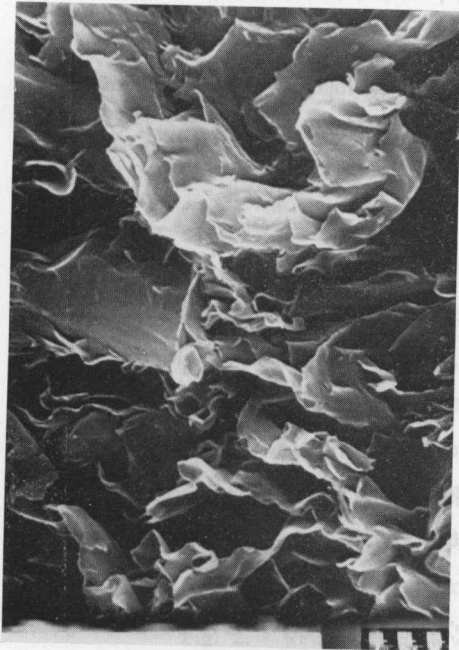


Photo 1. Montmorillonite ×10000

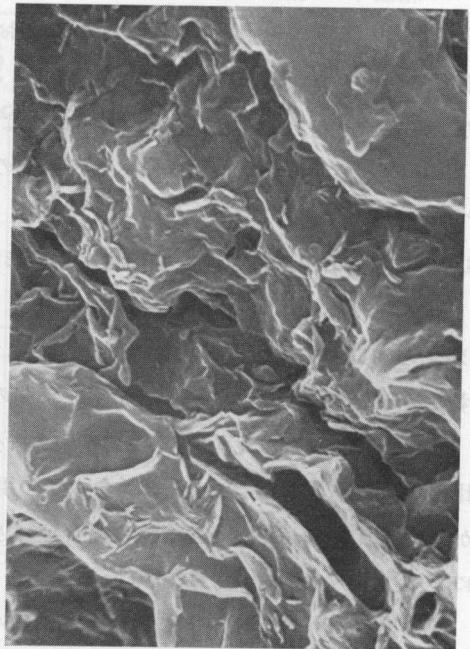


Photo 2. Al-clay ×10000

Photo. 4 はモンモリロナイトにピロリン酸ナトリウムを加えたときの形態を示しているが、モンモリロナイトとの明確な違いはみられない。

このようにモンモリロナイトに凝集剤を加えると、その凝集剤に応じてペッド形態が大きく変化することが分かる。

3.2 乾燥脱水性

Fig. 1, 2 は Al 粘土, Ca 粘土および Na 粘土における k' と乾燥日数の関係を示したものである。Fig. 1 は練返し直後, Fig. 2 は養生日数 6 日の場合である (Na 粘土だけ 7 日) Fig. 1 で同一乾燥日数で比較すると、 k' の大小関係は Ca 粘土 > Al 粘土 > Na 粘土 > 原土の順となる。また Fig. 2 から Ca 粘土 > Al 粘土 \approx Na 粘土 > 原土となる。

顕微鏡写真から判断して、Ca 粘土および Al 粘土は原土よりもペッドの形成が顕著であることが分かる。ペッドがより形成された試料ほど微視的にみれば大きな間げきが占める割合が多くなるので、乾燥脱水性は良くなり k' が大きくなると思われる。

Ca 粘土は、ペッドの形成が Al 粘土よりも顕著ではないにもかかわらず、 k' が大きくなる。このことは、粘土の乾燥脱水性がペッドの形態のみで決まるのではなく、別の要素にも支配されることを意味している。

Ca 粘土や Al 粘土を乾燥しても亀裂は生じないが、ベントナイトおよび Na 粘土では亀裂が発生する。亀裂の発生は、特に Na 粘土において顕著となる。亀裂が大きい試料ほど、乾燥脱水面積が大きくなるので k' が大きくなる。このために、Na 粘土の k' は原土よりも大きくなるのであろう。しかしながら、Na 粘土の k' は Ca 粘土および Al 粘土より大きくなることはない。このことから、粘土の乾燥脱水性は亀裂の状態の違いよりも、ペッドの状態に大きく支配されることを意味している。

3.3 ペッドの形成に及ぼす初期含水比の影響

Al 粘土は乾燥による脱水性が良いので、乾燥によって亀裂は発生しない。したがって、Al 粘土の初期含水比を変えて乾燥脱水を行ったとき、もし、養生期間の違いによって k' が変化すると、その主な原因はペッドの生成時間の相違であると思われる。

Fig. 3 は初期含水比が低い場合の k' と養生日数の関係を調べたものであり、Fig. 4 は高含水比の場合である。この図から、低含水比の場合は練返し直後から k' がほぼ一定であることが分かる。これに対して、高含水比の場合は練返し直後の k' に比べて、養生日数 3 日になると急激に k' が大きくなり、その後はほぼ一定となることが分かる。

この場合、ベントナイトに加えた硫酸アルミニウムの量は等しい。このことから、試料の含水比が低いほど、ペッドが形成される時間が短く、高含水比になるほど、その時間は長くなると考えられる。今回の実験では、養生期間を短くとっていないので、ペッドが生成するまでの時間は分からないが、試料の含水比が低いときは、非常に短い時間でペッドが生成されるものと思われる。

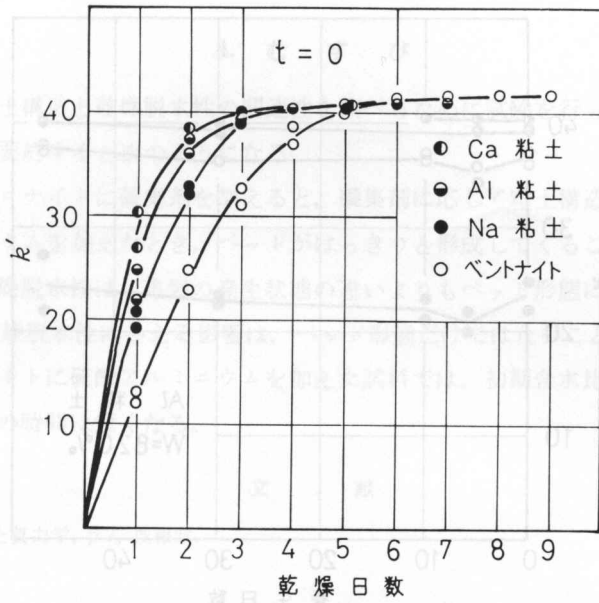


Fig. 1. Relationship between k' and period of dry in days. (after remolding)

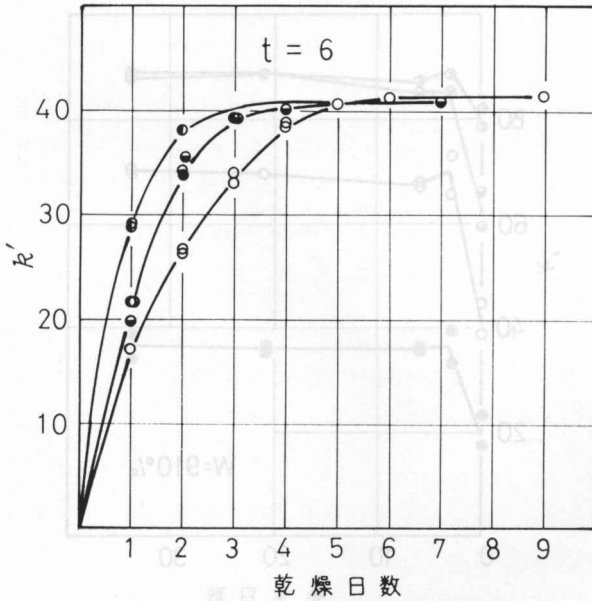


Fig. 2. Relationship between k' and period of dry in days. (aged 6 days after remolding)

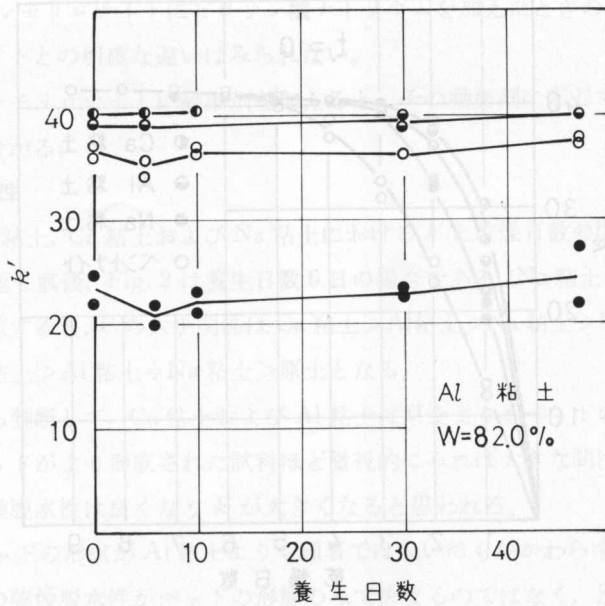


Fig. 3. Relationship between k' and period of aging in days. (initial water content=82%)

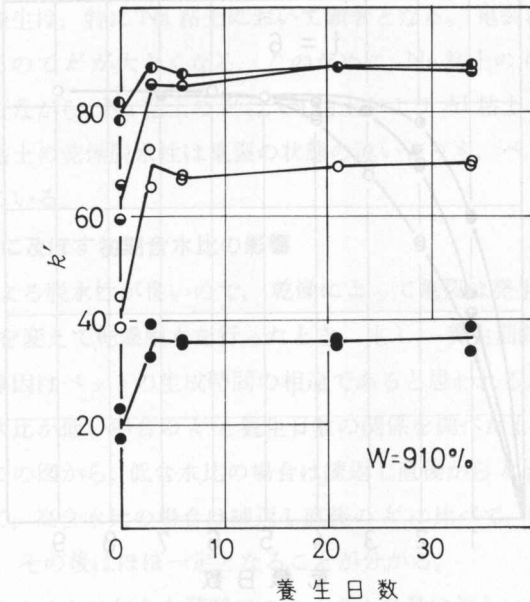


Fig. 4. Relationship between k' and period of aging in days. (initial water content=910%)

4. む す び

以上、主に粘土構造と乾燥脱水性の関連性を調べるために試験を行ったが、今回の試験から得られたことを要約すると次のようになる。

- 1) モンモリロナイトに凝集剤を加えると、凝集剤に応じて粘土構造が大きく変化する。特に硫酸アルミニウムを加えたとき、ペッドがはっきりと形成してくることが分かる。
- 2) 粘土の乾燥脱水性は、亀裂の発生状態の違いよりもペッド形態に強く影響される。しかし、Ca粘土の乾燥脱水性に与える影響は、ペッド形態だけではないことが分かった。
- 3) ベントナイトに硫酸アルミニウムを加えた試料では、初期含水比が低いほど、ペッドが生成されるまでの時間は短くなる。

文 献

- 1) 最上武雄著：土質力学，p 7，技報堂.

し ま え が き

本文は鋪装を有する箱桁の上をマシン中央部を走行荷重が一定速度で移動する問題を対象として、モード解析的によりこの箱桁の動的応答解析を行い、変形挙動を明らかにするとともに、橋の變形係数、その厚さ及び荷重走行速度の変化が鋪装を有する箱桁の動的応答性状に与える影響を与えるかを検討するものである。

この種の研究としては、鋪装された鋼床板構造を対象にしたものが多く、理論的には渡辺ら¹⁾、実験的には渡辺、大島ら²⁾、森、渡辺ら³⁾、また鋼床板橋面鋪装に関する調査・研究を行った本州四国連絡橋公団の研究⁴⁾などがあげられる。

本研究における数値解析では、変位の動的応答において箱桁のたわみ振動に与える鋪装の

* 土木学会東北支部研究発表会にて講演 (1990. 3. 秋田)

** 岩手大学工学部土木工学科

*** 北見工業大学建築工学科

**** 北都道大学工学部土木工学科