

粒子電荷による粘土の残留強度発現機構の解明

岩手大学 学生会員 ○中山雅
正会員 大河原文文

1. はじめに

土砂災害の発生要因の一つに、軟弱な地盤が関係していると言われている。軟弱な地盤には膨潤性の粘土鉱物が生成していることが多く、この膨潤性の粘土鉱物が土砂災害の一因とされている。

粘土鉱物の大部分は Si-O 四面体が平面的につながっている層状珪酸塩である。層状珪酸塩を構成する Si-O 四面体の二次元的つながりを四面体シート、この四面体と組み合う Al-O などの八面体のつながりを八面体シートという。この二つのシートが組み合い数多く積み重なることで粘土鉱物を形成している¹⁾。スメクタイトという膨潤度が大きい粘土鉱物は含水比の増加に伴い、層間の水分子層が増加し層間距離が広がる。これがスメクタイトの膨潤するメカニズムと考えられている²⁾。

また、粘土粒子は一般に負電荷を持っている。これはシートの陽イオンが電荷の異なる陽イオンによって置換されるためである。四面体中の Si^{4+} を Al^{3+} が置換し、あるいは八面体中の Al^{3+} を Mg^{2+} や Fe^{2+} が置換すると正電荷が不足するため負電荷を持つ形となる。このシート電荷は交換性陽イオンの種類や相対湿度によって変化する¹⁾。粘土粒子の持つ電荷は粘土粒子の物理的・化学的性質に関係しているため、粘土粒子の持つ電荷と地盤の強度を表すせん断強さとの関係について検討することにより、簡易的にせん断強さを求めることを目指した。

2. 実験方法

粘土粒子の電荷測定には、Mutek 社の粒子電荷計 PCD03 と自動滴定ユニット PCD-Ttwo を用いた(図 1)。測定試料は Na 型スメクタイトを主成分とするクニピア F、Ca 型スメクタイトを主成分とするクニボン、カオリナイトを主成分とするカオリン KH の 3 種を用いた。それぞれの粉末試料に純水を加え 0.1mass%、0.5mass% に調整後、4 時間攪拌したものを測定した。測定原理は、初めにコロイド状の溶解分子がファンデルワールス力によってピストンとセル壁に吸着し、対イオンが液中に残る(図 2)。そしてピストンが上下に動くことで対イオンが流動し電流が検出される仕組みになっている。測定結果は電流値(A)が 0 になるまでに使用された滴定液の滴下量(ml)で表示され、下式より電荷量に換算した。



PCD 03 PCD-Ttwo
図 1 粒子電荷計 PCD03 と自動滴定ユニット PCD-Ttwo

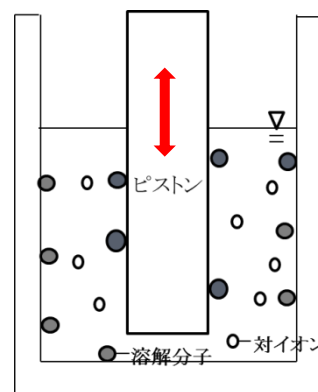


図 2 PCD03 のピストン部

$$q = V \times c / wt$$

q:比電荷量(eq/g)、V:滴定液消費量(l)、c:滴定液濃度(eq/l)、wt:試料の固形分(g)

比電荷量(eq/g)にファラデー定数 $F=96485\text{C/eq}$ を乗ずると総電荷量(C/g)が求められる。また、滴定液はカチオン性高分子電解質である poly-DADMAC の 0.001mol/L を用いた。

キーワード：粒子電荷、残留強度

連絡先：岩手県盛岡市上田 4-3-5 工学部 地盤工学研究室 019-621-6444

3. 実験結果および考察

図 3 に滴定曲線を示す。ほとんどの粘土試料において滴定初期は横ばいで、その後急激に 0 に近づく。滴定初期は流動電流に影響を与えない非吸着コロイドが中和され、その後吸着したコロイドの電荷が除去される典型的なコロイド状の溶解試料の滴定曲線を表している。なお、クニピア F の 0.5mass% は粘度が大きすぎたため電荷零点をとることができなかった。

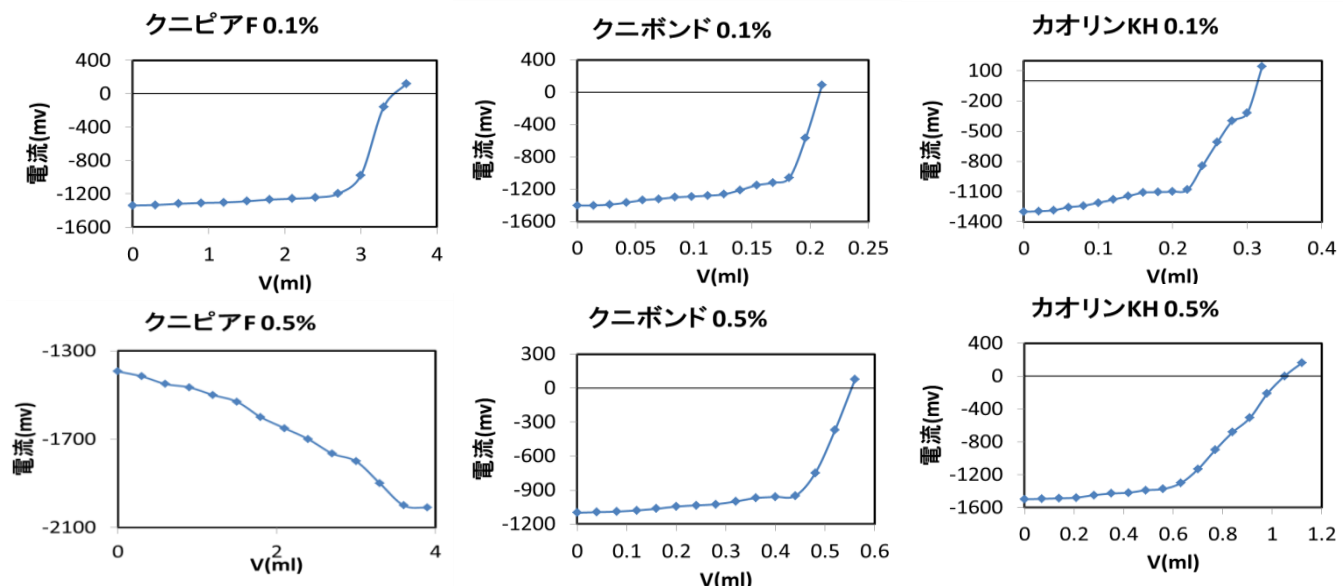


図 3 各種粘土鉱物の滴定曲線

表 1 に各種粘土鉱物の持つ総電荷量を示す。表よりクニピア F 0.1mass% が 28.21C/g と最も大きく、クニボンドとカオリン KH はほぼ 0 である。ところで、各種粘土鉱物のせん断強さは、一面せん断試験結果によれば一般にカオリナイト>>Ca 型スメクタイト>Na 型スメクタイトである。粒子電荷とせん断強さの関係は図 4 に示すとおりで、粒子電荷とせん断強さに相関は認められない。2 種のスメクタイトはせん断強さがほぼ等しいが、電荷が大きく異なっている。Na 型は Ca 型に比べ水を吸着しやすいため膨潤しやすい性質がある。Na 型スメクタイトは層間に厚く電気二重層を形成していて、これが粘土粒子の持つ電荷に大きく関係している。つまり、層間に入っている水分子の挙動・性質が粒子電荷・強度に関係している可能性がある。

4. まとめ

今回の実験では粒子電荷とせん断強さに相関は認められなかった。今後層間水に着目し粒子電荷と強度の関係を研究していきたい。

【参考文献】

- 1) 白水晴雄(1988),粘土鉱物学-粘土科学の基礎-,朝倉書店,12-18,154
- 2) 渡辺隆(1988),膨潤性粘土鉱物概論,19-21

表 1 各種粘土鉱物の持つ電荷量

	比電荷量q (eq/g)	総電荷量Q (C/g)
クニピア F 0.1%	2.92×10^{-4}	28.21
クニボンド 0.1%	1.75×10^{-5}	1.69
カオリン KH 0.1%	2.62×10^{-5}	2.52
クニピア F 0.5%	—	—
クニボンド 0.5%	9.27×10^{-6}	0.89
カオリン KH 0.5%	1.75×10^{-5}	1.69

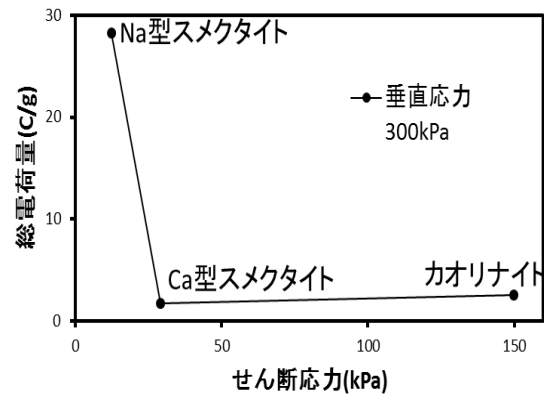


図 4 各種粘土鉱物のせん断強度・電荷関係