

エタノール/ベントナイトスラリーの界面電気現象と流動特性

清水建設 正会員 浅田 素之
 清水建設 松岡 高正
 清水建設 正会員 堀内 澄夫

1. 目的

エタノールでベントナイトを分散させると、非常に高い密度にまでスラリー化でき¹⁾、止水材料として利用できる²⁾。それは、エタノールが特にモンモリロナイト縁辺部の電化発生サイトを覆い電化の発生を抑制するためと考えられる³⁾。モンモリロナイトの界面電気現象は、液体保持能力に影響していると推察される。こうした微粒子スラリーの流動性はグラウチングやポンプ圧送に重要な特性ではあるが、その微視的機構は明らかになっていなかった。ここでは液体保持能力の指標である液性限界と表面電位との関係を吟味する。

2. 試験方法

エタノール/ベントナイトスラリーの流動特性は、液性限界と粘度を測定して行った。液性限界の測定は地盤工学会基準(JSF T 141)に準じて行った。粘度は、マルコム社製ペーストコントローラー（共軸二重回転円筒型粘度計）PC-1T を用いて、ずり速度 $\dot{\gamma}=192(1/s)$ 、室温で測定した。表面電位の測定方法は前報のとおり³⁾、超音波振動電位法で行った。

表1 ベントナイトの物性

項目	単位	クニゲル V1	クニゲル V0	ネオクニボンド
水分量	(%)	7.3	8.6	8.4
膨潤力	(mL/g)	20	22	18
pH		10.3	10.1	10.5
電気伝導度	(mS/cm)	424	337	619
比表面積	(m ² /g)	16.9	23.4	67.2
50%粒径	(μ m)	6.6	8.8	5.9
土粒子密度	(g/cm ³)	2.79	-	-
液性限界	(%)	370	380	550
メレンブル吸着量	(mmol/100g)	74	68	90
陽イオン交換容量	(meq/100g)	72.1	66.0	65.5

ベントナイトはクニミネ工業社製クニゲル V1（国内産 Na ベントナイト）、クニゲル V0（ワイオミング産 Na ベントナイト）、ネオクニボンド（国内産 Na 交換ベントナイト）を使用した。エタノールは日本合成アルコール社製工業用エタノール 95vol%（密度 0.82g/cm³（15℃））を用いた。表 1 に、ベントナイトの物性を示す。エタノール濃度(C_{EtOH})が 0,40,60,92.5wt%の液とベントナイトを適量混合して供試体とした。 $C_{EtOH}=92.5wt%$ が 95vol%に相当する。

3. 試験結果および考察

図 1 に、 C_{EtOH} とそれぞれのベントナイトの液性限界(w_L)との関係を示す。クニゲル V1、ネオクニボンドは、 C_{EtOH} の増加に伴って w_L が小さくなる。 C_{EtOH} が 60%以上となると、ほぼ一定の値($w_L=56\sim 68\%$)に収束する。一方、クニゲル V0 は、 C_{EtOH} が 40%までは、 w_L はほとんど変わらず、さらに他の 2 種のベントナイトより高い液性限界を示す。 C_{EtOH} が 40%を超えると w_L が急激に低下し、 C_{EtOH} が 80%を超えると w_L が 100%を下回る。

図 2 に、3 種のベントナイトの w_L と表面電位(ψ)との関係を示す。両者は次の関係式で近似できる。

$$w_L = 62.86e^{0.051\psi} \quad (1)$$

C_{EtOH} が高く ψ が 0 に近い場合、スメクタイト板同士が強いファンデアワールス力引き合っているために、ベントナイト表面のぬれ面が少ない。(1)式は、 ψ が 0 に近い場合表面に吸着する液量が最小となり、液性限界では質量比 63%に相当する液体がベントナイトの表面をぬらし、間隙を埋めることを意味する。なお、このときの間隙比は 2.4 である。一方、 C_{EtOH} が小さくなり ψ の絶対値が高くなるにつれ、発生する電荷によ

キーワード ベントナイト、液性限界、表面電位、エタノール、流動特性

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設技術研究所 TEL 03-3820-5437

てスメクタイト板同士が剥がれるために、ぬれ面が増大し表面に吸着する液量が増える。また、 w_L の絶対値が大きくなるにつれ、単位表面積あたりの液体吸着量も増えるため、結果として w_L が大きくなる。クニゲルV0は、他の2種のベントナイトと比べて比表面積が大きくモンモリロナイト含有量が多いために、吸着液量が多く w_L も高くなっており、 C_{EtOH} が40%でも w_L は500%を超えている。

粒子表面の液体は粒子に強く吸着しており、粒子とともに移動すると考えられる。そして、バルク中の液体とは性質が異なる挙動を示すと考えられる。ここでは、粒子に吸着する液体を粒子の一部と考えて考察を進める。

表2に、それぞれの C_{EtOH} での液性限界におけるクニゲルV1スラリーの乾燥密度(d_L)を表す。 $C_{EtOH}=92.5\%$ での乾燥密度(d_{Le})で正規化することで、表面に強く吸着した液量を考慮した土粒子密度を推測できる。 $C_{EtOH}=92.5\%$ では吸着液量は最小となる。 C_{EtOH} が小さくなるにつれ吸着液量が増え、みかけの土粒子半径が大きくなり、みかけの土粒子密度が小さくなることを d_L / d_{Le} が表している。

表2には、粘度試験⁴⁾で得られた $C_{EtOH}=92.5\%$ でのスラリーの乾燥密度とそれぞれの C_{EtOH} での乾燥密度との比(d / d_e)を併せて示した。 $C_{EtOH}=40,60\%$ では、 d_L / d_{Le} と d / d_e はほぼ同じ値を示しており、液性限界試験と粘度試験の結果に差はみられない。 $C_{EtOH}=0\%$ では $d_L / d_{Le}=0.335$ に対して $d / d_e=0.212$ と差がある。 w_L 前後の含水比のスラリーでは、ベントナイト粒子表面に吸着した水のもっとも外周の部分は、他の粒子の吸着水と相互に重なり合っているのに比べて、流動状態となったスラリーは互いに独立して流動し、みかけの土粒子半径がより大きくなるためと考えられる。

4. おわりに

ベントナイトの界面電気現象と流動特性について室内試験を行い、以下の点を明らかにした。エタノール/ベントナイトスラリーは、 C_{EtOH} が大きくなるにつれて液性限界が小さくなり、 $w_L=56\sim 84\%$ に収束する。 C_{EtOH} が小さくなり w_L の絶対値が高くなるにつれて、発生する電荷によってスメクタイト板同士が剥がれ、ぬれ面が増大し表面に吸着する液量が増える。また、単位表面積あたりの液体吸着量も増えるため、結果として w_L が大きくなる。粒子表面に吸着する液は、特に外周部で相互に作用し流動特性に影響を与える。

参考文献

- 堀内澄夫：第47回土木学会全国大会，pp.1024-1025, 1992.
- 浅田素之、堀内澄夫、第56回土木学会全国大会，CS-1, pp.30-31, 2001.
- 堀内澄夫、浅田素之：第36回地盤工学研究発表会，pp.1269-1270, 2001.
- 浅田素之、堀内澄夫：第37回地盤工学研究発表会，2002（投稿中）.

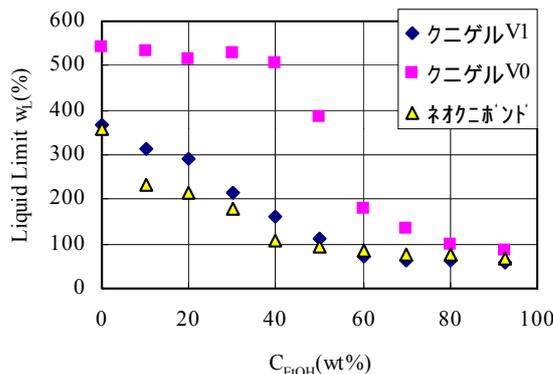


図1 エタノール濃度と液性限界

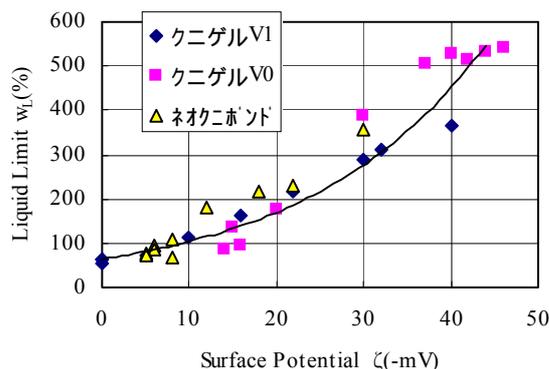


図2 表面電位と液性限界

表2 スラリーの乾燥密度の比較

C_{EtOH}	d_L / d_{Le}	d / d_e	表面電位(mV)
0%	0.335	0.212	-32.5
40%	0.595	0.577	-16.0
60%	0.908	0.923	-12.0
92.5%	1	1	0.0