

粘土の強度増加に及ぼすイオン濃度の影響

広島大学 工学部 正会員 吉 國 洋
 広島大学 工学部 正会員 森 脇 武 夫
 広島大学 工学部 正会員 池 上 慎 司
 広島大学 工学部 学生員 ○ 源 明 夫
 東洋建設(株) 正会員 鶴ヶ崎 和 博

1. まえがき

粘土の強度増加には様々な要因が影響を及ぼしていると考えられる。特に、粘土においては粒子が微細であるがゆえに、物理化学的結合力も無視できず、とりわけ浚渫粘土のように低応力レベルではその影響も大きいと予想される。よって、本研究では、この物理化学的結合力の影響を明らかにする。具体的には、カオリナイトとベントナイトを用いて強度増加に及ぼすイオン濃度の影響を明らかにするとともに、 ζ 電位を指標としてイオン濃度の違いによる粒子間力の差異と強度増加との関連性を検討する。

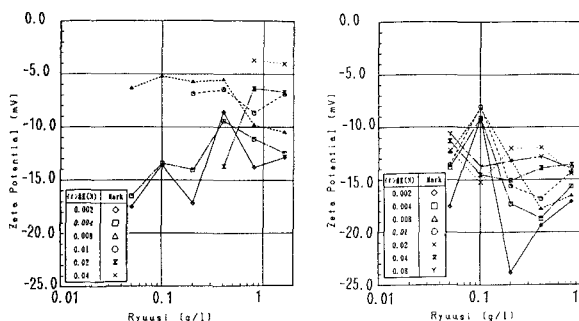
2. 試験方法

今回の試験には、市販のアメリカ・ジョージア州のバーゲン産のカオリナイト及び、群馬県安中産のベントナイトを使用した。さらに、海水は人工海水を利用し、海水と塩化カルシウム水溶液の作製には、蒸留水を使用した。

所定の粒子濃度になるように調整した土粒子を様々なイオン濃度の塩化カルシウム水溶液に投入し、それを攪拌したのち、土粒子の泳動速度を測定することにより ζ 電位を求めた。また、強度の発現状態を調べるため、様々な濃度の塩化カルシウム水溶液と海水で初期含水比500%に調整した粘土の放置期間を変えてパーセン断試験を行った。放置日数は1～5週間であり、恒温室で放置した。

3. 試験結果及び考察

図1-a, b に粒子濃度と ζ 電位の関係、図2-a, b にイオン濃度と ζ 電位の関係を示す。図1-a のカオリナイトについては、ばらつきが激しく、粒子速度の測定の際には粒子が動かず、測定不可能な点もあった。しかし、図1-b のベントナイトにおいては、多少のばらつきが見られるものの、粒子濃度と ζ 電位の関係にある一定した傾向が認められる。すなわち、イオン濃度が0.01N以下では、粒子濃度が0.1 g/l で ζ 電位に明確な極値が表れ、0.01N以上では粒子濃度の増加とともに ζ 電位は減少か、ほぼ一定の傾向が認め



a カオリナイト

b ベントナイト

図1 粒子濃度～ ζ 電位

られる。従って、ベントナイトの場合、粘土の含水比が変化しても、イオン濃度を指標として、ベントナイトー電解質等の物理化学的性質を実在の粘土のそれと比較することは可能であるが、カオリナイトの場合、イオン濃度を指標としても、実在の粘土との比較が困難であると思われる。つまり、基準粘土としてはカオリナイトよりベントナイトの方が適当であると考えられる。

また、図2-a において、カオリナイトはイオン濃度と ζ 電位の間に一致した傾向が見られない。一方、図2-b のベントナイトは0.01～0.1 Nの間に極値の集中が見られる。しかし、0.1 Nより高い濃度では粒子が

ブロックを形成し、1つ1つの粒子の泳動速度の測定が不可能となった。ζ電位の極値の絶対値が最小となると粒子の電気的な斥力エネルギーが最小となるので、0.01～0.1 Nの間では、粒子間力による凝集作用が顕著になると推測される。これらより、ベントナイトのように活性の高い粘土では、強度増加の指標としてζ電位を用いることは有用であるが、カオリナイトのように不活性な粘土には有用性がないように思われる。

さて、この試験では、肉眼で格子間を移動する粒子の速度を計るので、誤差が出やすい。さらに、同じイオン濃度の溶液中で粒子速度を測定しても、かなりの差が見られる。このように統計的処理を必要とするために、出来るだけ多くの粒子について測定することを心掛けた。

次に図3-a, b にイオン濃度とベーンセン断強度の関係を放置日数別に示した。図3-a における不活性なカオリナイトでは、強度増加に及ぼすイオン濃度の影響が見られない。しかし、図3-b におけるベントナイトは0.05 Nの濃度でどの放置日数においても最高強度を発現する。これはζ電位試験での極値と一致しており、0.05 N付近の濃度が、凝集作用が最も著しくなるイオン濃度であることによるものと思われる。このベーンセン断試験でこのような極値が現れた理由として以下のことが考えられる。低イオン濃度から0.05 Nにかけては粒子が活性のために凝集作用による強度増加が見られる。しかし、粒子に吸着できるイオンには限界があり、0.05 N付近が最大であろう。そして、0.05 Nからの高濃度にかけては、溶液中のイオンに間隙水が奪われ、カオリナイトのようなイオンのみによる結合による不活性な状態になる。よって、結合力が弱まり強度の減少を生じさせるのではないかと考える。

4. まとめ

- ① ζ電位について見ると、ベントナイトではイオン濃度の変化に対して、粒子濃度が変化しても一定の傾向を持った挙動を示すが、カオリナイトではイオン濃度の変化に対して、粒子濃度が変化すると同一の傾向を持った挙動を示さない。
- ② ζ電位が極値となるイオン濃度では、凝集作用が最も顕著であり、このイオン濃度を境に粘土の様々な特性や挙動が大きく変化する。
- ③ ベントナイトでは、低濃度からζ電位が極値となる濃度にかけては、凝集作用が著しくなり、活性の高い性質を示す。また、その濃度から高濃度にかけては、凝集作用が衰え、不活性な性質を示す。

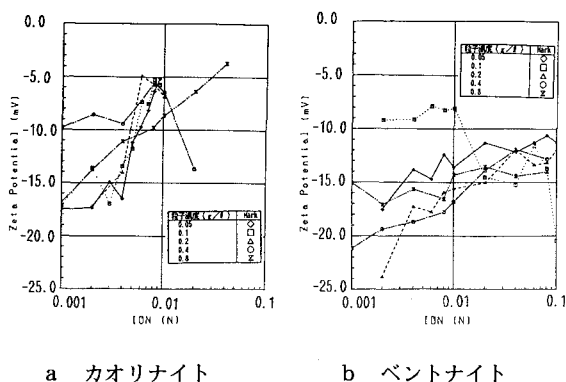
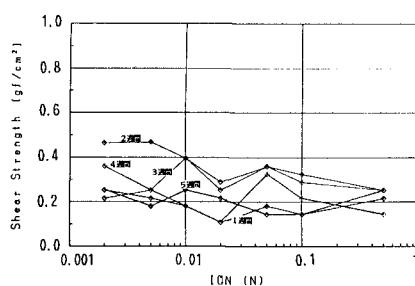
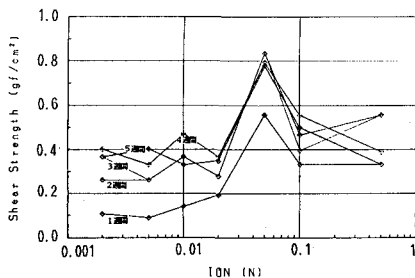


図2 イオン濃度～ζ電位



a カオリナイト



b ベントナイト

図3 イオン濃度～ベーンセン断強度