

京都大学 工学部
京都大学 工学部
鴻池組

松尾新一郎
○嘉門雅史
丸山勝宏

1. はじめに

軟弱粘土に多価カチオンを添加することによって、粘土粒子表面の性質を界面化学的に変化させることが可能であり、その結果土質安定に効果を発揮するものである。著者らはこれまで、この安定効果について、鉄粉を添加し、その酸化によって強度の増大がえられること、パンフロックなどの凝集剤の併用による効果などに関して報告を行ってきた^{1,2)}。本研究ではこれらの事実をもとに、FeイオンとAlイオンの共存による安定処理効果について考察したものである。なお添加剤として還元鉄粉とPAC（ポリ塩化アルミニウム）を用いている。

2. 実験の方法

本研究では粘土試料として大阪姫島粘土（シルト質ローム，LL=92.3%，PL=39.5%，PI=52.8%，Gs=2.648）を使用している。試料の条件は、気乾試料に対して420 μ フルイを通過したものを用い、締固め特性、一軸圧縮試験を行っている。一方、湿潤試料に対して2000 μ フルイ通過分であり返したものを、これを初期含水比93%（液性限界に相当）に調整して添加剤を加え、ポリ容器に入れてビニールシールをして水の蒸発を防ぎ、20°Cの恒温室で約1ヶ月養生している。養生終了後、ペーンセン断試験、比表面積試験に用いている。添加する還元鉄粉とPACの量は表一のとおりである。添加量は粘土乾燥重量100gに対するモル数で示し、PACについては10%濃度として換算したものである。

3. 実験の結果と考察

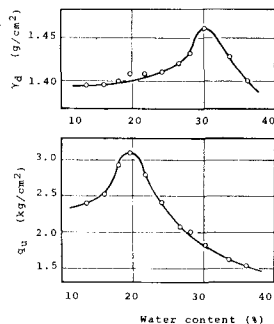
(a) 締固め特性 —— 無処理試料A についてハーバード型締固め試験機による締固め特性は図一のとおりである。図には同時に一軸圧縮強度 q_u を示したが、この2つの曲線から最大乾燥密度に対応する最適含水比（30%）と最大の q_u に対応する含水比（20%）を初期含水比として添加による強度特性の研究に用いている。なお添加による

締固め曲線の変化はほとんどみられないことを既に報告している²⁾。

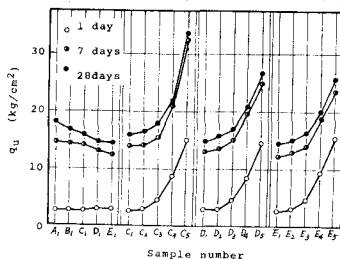
(b) 一軸圧縮強度 —— 初期含水比30%，20%のものについて、気乾およびパラフィンシールの養生条件で20°Cの恒温室で養生した。得られた結果のうち、初期含水比30%の場合を代表として示した。図二～図一5のとおりである。また q_u と含水比との関係は図一6，7のようである。試験結果をまとめると以下のとおりである。①気乾養生について —— Feイオンが多いものほど1日経過で相当大きい強度の増大がみられ、養生期間の増加とともに強度が増大し

表一 試料条件

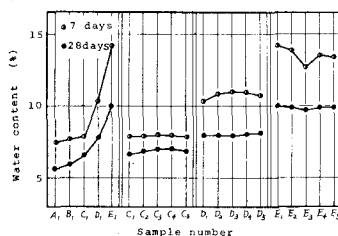
Fe	0 m	0.01m	0.05m	0.1 m	0.2 m
Al	A ₁				
0.002m	B ₁				
0.005m	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
0.01 m	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
0.02 m	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅



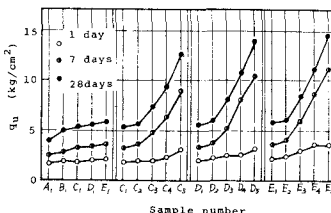
図一 締固め特性



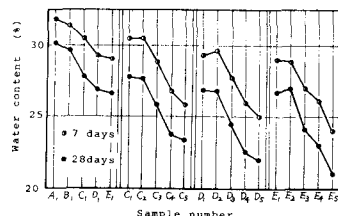
図二 気乾養生の q_u



図三 気乾養生の含水比



図四 シール養生の q_u



図五 シール養生の含水比

ている。これに対してAlイオンの添加によつては添加量の増加にともなつて q_u はむしろ減少しており、それに対応して含水比が高くなつてゐる。Feイオンの添加による含水比の影響はきわめて小さくなつてゐる。②シール養生について——

添加後1日では強度の変化はほとんどみられない。養生期間が長くなると強度の増加は明瞭であり、添加量にともなつて強度が大きくなつてゐる。ここでのAlイオンによる強度の増大はほとんどみられない。含水比は添加量の増加に従つて減少する傾向を示した。図一6, 7は q_u と含水比の関係であるが、養生条件によつて両者に大きな差がみられている。シール養生では、含水比変化がAl(OH)₃の形で土粒子にとりこまれ団粒化を示し、Feの酸化による水の消費とあいまって強度増大をもたらしている。一方気乾養生では、たとえAl(OH)₃化が生じてても他の自由水の乾燥による含水比低下の方が著しく、それに基づく強度増加が生じているようである。

(c) ベーンセン断強度——前述のポリ容器の上層と下層のセン断強度を求めている。

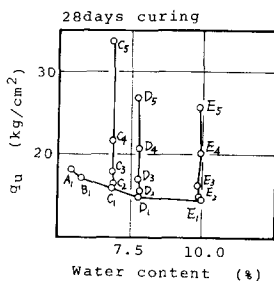
これは高含水比条件の場合を想定しており、FeとAlの両イオンの相乗効果を期待したものである。図一8, 9のとおりである。Alイオンの添加量が多いほどセン断強度が増大しており、かつFeイオンの添加によつて、それが促進されているのが明らかである。PACによる団粒化とFeイオンの酸化による固着が貢献しているものであり、この2種のイオンの団粒化機構のちがいを検討したものが以下の比表面積測定である。

(d) 比表面積——BET法によつてN₂ガス吸着量を求めている。試料はポリ容器から上、下層とサンプリングしてアルコール置換し、気乾燥している。結果を図一10に、またベーン強度との関係を図一11に示した。比表面積はAlイオンの増加で減少し、Feイオンの増加では逆に増大している。両イオンの添加量はセン断強度と正の相関をもつことから、この結果より両イオンによる団粒化機構が異なつてゐることが予想される。すなわちAlイオンではPACのコーティング作用等が考えられ、FeイオンではFeの架橋作用による比表面積の増大が考えられる。よつて、比表面積と強度とは一義的な線型関係にあるのではなく、土粒子の団粒メカニズムに基づいて変化するものである。

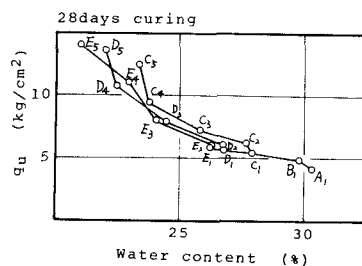
4. おわりに

FeイオンとAlイオンの相乗作用によつて軟弱粘土の改良効果が増大することを示したが、両者の安定処理効果にちがひのあることが予想され、今後これらの構造変化との関連からも明確にしていく予定である。

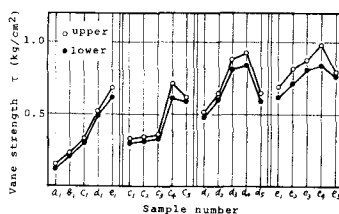
参考文献：1) 松尾，嘉門：多価カチオンによる軟弱粘土の土質安定，土木学会年講，Ⅲ，1973，1974，1975，1976。2) Matsuo, Kamon: Engineering Properties of the Inferior Clayey Soil Material and Its Improvement, Proc. 1st Aust. Conf. Engineering Materials, 1974, pp. 385~410.



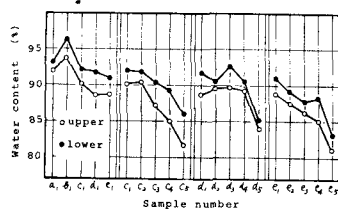
図一6 q_u と含水比(気乾)



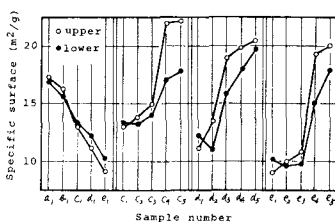
図一7 q_u と含水比(シール)



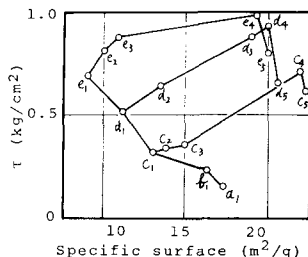
図一8 ベーン強度



図一9 含水比



図一10 比表面積



図一11 ベーン強度と比表面積