

京都大学
京都大学

正会員
正会員

松尾新一郎
○嘉門雅史

1. はじめに 粘性土の工学的性質に及ぼす因子として、単に粘土鉱物の種類のみでは不適当である。すなわち界面カチオン、有機物質、非晶質などの種類と量がきわめて重要なものと考えられ、これまでも工学的性質との関連から多くの報告がなされている。しかしながら界面カチオンのうち多価カチオンは、土中において非晶質として存在することが多く、農学上、あるいは分析化学上除去されるべきものとみなされてきた。本研究は、このような多価カチオン、特に鉄成分に着目して、これを粘性土に添加することによって土質を改善し、その強度発現の機構を検討したものである。

2. 処理土の工学的特性

用いた試料は 420 μフルイ通過の藤の森粘土であり、比重 2.655、液性限界 58.5 % のシルト質粘土である。今回実験に用いた試料は、多価カチオンとして還元鉄粉を添加し、その配合を変えて試験している。この各試料の例を表-1 に示す。これら試料に対し、気乾養生、シール養生、あるいは、予備圧密潤養生などをほどこして以下の実験に供したものである。

表-1 試料調整

試料番号	鉄粉添加量(mol/100g clay)
A-0	0
A-1	0.01
A-2	0.05
A-3	0.10
A-4	0.20

(a) コンシステンシー —— フォールコン法によりファイネスナンバー (F値) を求める。結果

の図は省略するが、鉄粉を添加することにより F値は減少し、かつ養生期間の増大によっても大幅に減少する。これは気乾養生の場合に顕著であり、鉄イオンの酸化が多いことに起因するようである。

(b) 締固め特性 —— ハーバード型試験器を用いて行なった結果は図-1 のとおりである。鉄粉添加量の増加とともに乾燥密度 γ_d が 6~11% 増大する。これは良く締るといよりも鉄粉の重量分だけ γ_d が増大したと考えるべきである。そこで鉄粉重量の補正を行なったものが図中の計算値である (添加した鉄粉空間に土粒子を置きかえ、粒度分布は同一と仮定)。この補正值と無添加の場合の γ_d との差は 3~4% であり、 γ_d の増加は鉄粉添加のみではほとんど起こらないといえる。また最適含水比は添加量によらず、ほぼ一定の値 (26%) を示している。

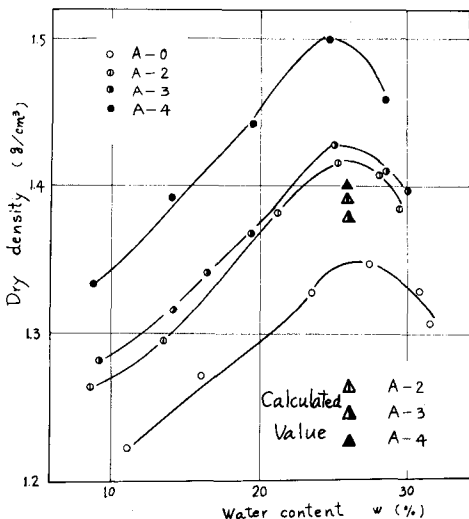


図-1 締固め特性

(c) 一軸圧縮強度 —— 最適含水比で締固めた試料を気乾、シール養生して実験を行なった。後者の例を示すと

図-2 のとおりであり、添加量の増大とともに強度の順調な伸びを示している。特に90日間養生のものに強度の伸びが著しい。養生期間が増大すると酸化鉄の生成量が大きくなり、これによる結合が強度発現にあずかっている。ところでこれらの供試体の含水比は必ずしも同一でない。すなわち鉄を添加すれば酸化によって水を消費

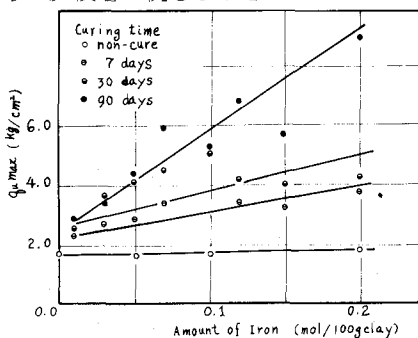


図-2 一軸圧縮強度

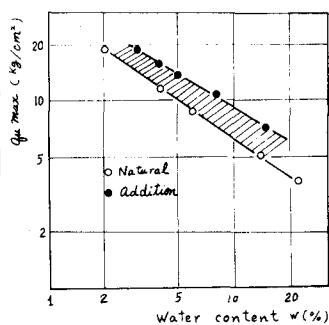


図-3 $q_u \max$ と含水比

し、そのため含水比が低下する。このように含水比の影響はきわめて大きいものであるから、一軸強度を含水比との関係で示すと気乾養生試料の時図-3のようになる。気乾の場合は添加量の差よりもむしろ含水比の要因の方が大きく出ている。添加することによる強度増分は図の斜線部分で示されている。これらから、鉄は酸化過程を経ることによって一軸圧縮強度が約30~50%増加し、含水比が大きい場合ほど強度増加率が高いことがわかる。

(d) 圧縮特性 —— 試料は液性限界付近の含水比にしたものを上載荷重 0.007 kg/cm^2 で予備圧密を30、90日間行ない圧縮特性を検討した。予備圧密90日間試料の結果は図-4のとおりである。圧密荷重 1.6 kg/cm^2 付近において鉄粉添加量にかかわらず、ほぼ等しい圧縮量を示し、その荷重の前で圧縮の傾向が逆転している。すなわち荷重 p が $p < 1.6 \text{ kg/cm}^2$ では圧縮量が添加量の少ないものほど大きく、 $p > 1.6 \text{ kg/cm}^2$ では添加量の多いものほど圧縮が大となっている。これは養生期間中の鉄酸化が粒子間のセメンテーションをなし、強い骨格構造を形成する。この骨格構造が圧密荷重の小さい ($p < 1.6 \text{ kg/cm}^2$) 範囲で荷重に抗して圧縮量を少なくしている。しかし荷重が 1.6 kg/cm^2 付近で、この構造が破壊されるため圧縮が増大すると考えられる。よってこの値が圧密降伏荷重に相当する。これは予備圧密荷重 (0.007 kg/cm^2) での養生時に鉄酸化による粒子間の結合力の発生が、上のような降伏点の上昇を生じさせていると思われる。

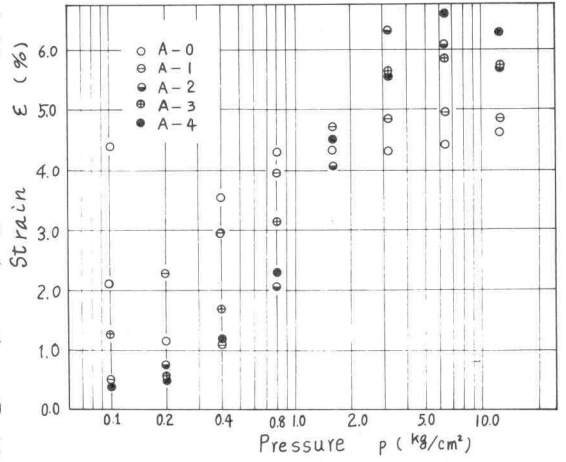


図-4 圧縮特性

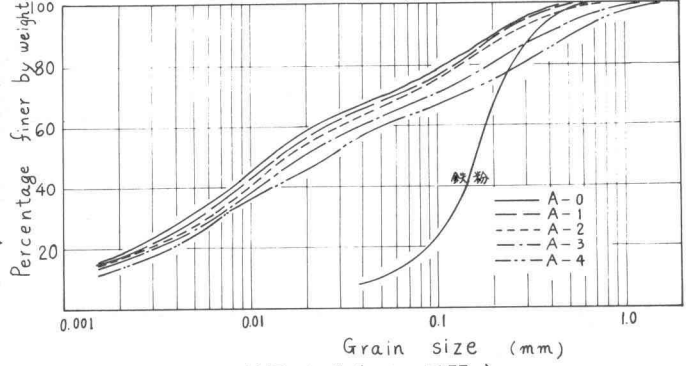


図-5 団粒化の状況 (養生 30 日間)

3. 強度発現の機構

2で述べた強度増加の発生機構を団粒化と微小構造の2面から説明する。Крахмаловは鉄イオンと砂質粘土との反応の主要因として団粒化を上げているが、著者らの試料については図-5のとおりである。計算における土粒子比重は、酸化鉄補正を行なっている。明らかに鉄添加による団粒化傾向がみられ、団粒化は細粒分よりも、むしろシルト分、砂分の方により多いようで、酸化過程による結合が粒子配合の良い土を生じせしめる。さらに鉄と粘性土との相互作用を走査型電顕を用いて直接的に観察した(写真-1,2)。写真-2の凝集体は酸化鉄の結晶であり、鉄処理による結合の形態が明らかである。

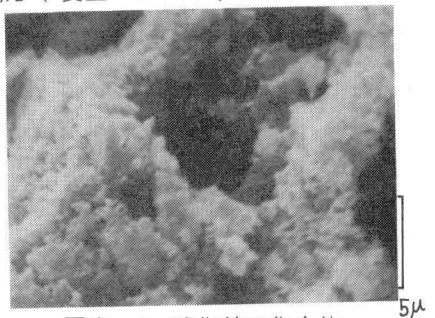


写真-1 酸化鉄の集合体

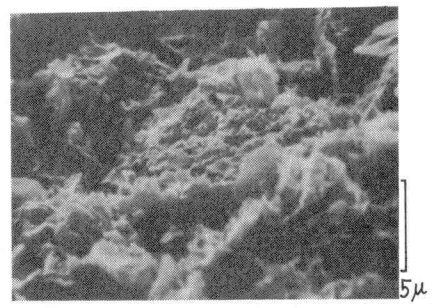


写真-2 圧密90日間養生試料断面

4. おわりに

粘性土に及ぼす多価カチオン、ここでは鉄に着目して安定効果を論じたが、現場への適用性については問題を残しており、他のカチオン(シリカ、アルミナなど)との関連からも検討する予定である。

参考文献: А.И. Крахмалов, Уголь, №12, 1960.