

団粒化剤を用いた粘土の力学的性質

徳山工業高等専門学校 正会員 藤原東雄
 正会員 上 俊二
 正会員 桑嶋啓治
 学生会員 ○山本佳奈子

1. はじめに

団粒化剤とは、土と混合させることにより土粒子を立体的な団粒構造に換えるもので、土壤中に無数の連続した空隙を発生させることができる。近年、団粒化剤を用いた改良工法では、小倉高等学校のグラウンドにおいて施工後2年以上経過した雨天後も2～3時間で使用可能な状態とするなどの実績を上げており、その他多数のグラウンドや公園などで透水性を良くし使いやすい地盤に改良するといった実績がある。しかし、このような施工実績があるのはどれもまさ土などの砂地盤であり、粘土地盤では実績がなく研究も十分にされていない。本研究では、粘土に団粒化剤を適用することによってどのような力学的効果が見られるかを調べることを目的として、カオリン粘土に団粒化剤を配合した試料を用いて力学試験を行い、その特性を明らかにする。

2. 実験内容

(1)一定の含水比($w=160\%$)のもとで水に対して0%, 1.4%, 2%, 3.3%および5%の団粒化剤溶液と水をよく混ぜ合わせ、さらに不純物の少ないカオリン粘土を加えてよく混ぜ合わせた試料を用いて液塑性限界試験を行い、液性限界および塑性限界を調べる。

(2)圧密圧力320kPaのもとで予圧密した供試体を作成して一軸圧縮試験を行い、一軸圧縮強さを調べる。

(3)一軸圧縮強さの40, 50, 60および80%の荷重をかけて、時間に伴うひずみを測定し、一軸クリープ試験を行う。

(4)垂直応力20, 40, 80および160kPaの過圧密状態で一面せん断試験を行い、せん断強さや土の強度定数を求める。

(5)圧密圧力 $p=80, 160, 320, 640$ および1280kPaで圧密試験を行う。

3. 実験結果および考察

(1)塑性限界はどの濃度においても30～40%でほとんど違いは見られないが、液性限界は団粒化剤を水に対して2%配合したものが114%と、団粒化剤を配合しなかったものに比べて約30%も大きい値を示していることが図-1より明らかである。したがって、水に対して2%の団粒化剤を配合したものが、最も団粒化剤の効果が表れる配合率に近いのではないかと予測できるので、団粒化剤を2%配合したものと配合していないものを比較しながら以後の実験を行なうことにする。

(2)予圧密後の試料の状態を表-1に示す。図-2は、一軸圧縮試験における一軸圧縮強さを示している。過去の団粒化剤を用いていない圧密圧力160kPaおよび320kPaの供試体で実験を行なった結果^{1), 2)}を同じ図上に示す。同じ予圧密圧力である320kPaに注目し比較してみると、団粒化剤を2%配合することによって一軸圧縮強さは75kPaから110kPaと、約1.5倍にまで増加していることがわかり、団粒化剤の効果が明らかに見られた。

(3)一軸クリープ試験において、経過時間と軸ひずみの関係を図-3に示す。同程度の荷重で比較すると、団粒化剤を配合していない45kPaの供試体は途中からひずみの増加が大きくなり破壊に至ったが、団粒化剤を配合した44kPaの供試体は、ひずみの度合いが少なく、破壊には至らなかった。また、団粒化剤を配合していない60kPaの供試体と団粒化剤を配合した55kPaおよび66kPaの供試体を比較してみると、どちらも破壊には至ったが、団粒化剤を配合したほうが破壊に至るまでの時間がかなり延びている。

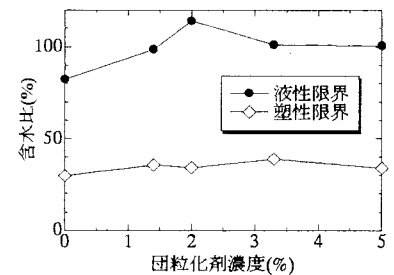


図-1 液塑性限界

表-1 試料の状態

予圧密圧力 p (kPa)	160	320	320
団粒化剤	0%	0%	2%
含水比 w (%)	49.63	48.60	49.12
間隙比 e	1.422	1.407	1.345
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.638	1.639	1.686

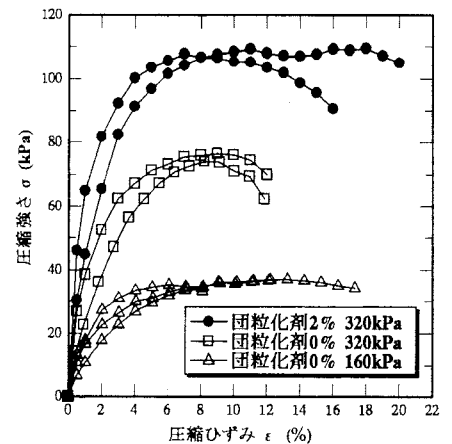


図-2 一軸圧縮試験

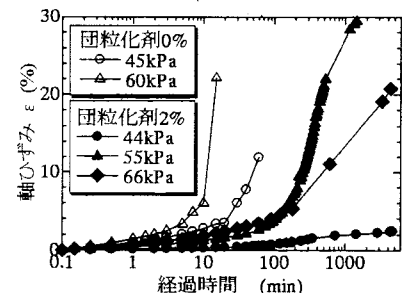


図-3 一軸クリープ試験

また、単位時間当たりの軸ひずみを表すクリープひずみ速度も同程度の荷重で比較してみると、団粒化剤を2%配合したほうがクリープひずみ速度は遅くなる。

図-4は、一軸クリープ試験において、水温を20℃から40℃、60℃、80℃と段階的に上昇させたときのひずみと時間の関係を示している。団粒化剤を配合していない場合で荷重が22.5kPaおよび26.3kPaのときは、温度を上昇させるとクリープ破壊に至った。しかし、団粒化剤を配合した場合で荷重が44kPaのときは、80℃まで温度を上昇させた直後はひずみが増加しているが、その後も一定の割合でひずみはわずかに増加し続け、結局クリープ破壊には至らなかった。

これらのことから、団粒化剤を配合することによって、土粒子間の結合力が增加してひずみを抑制できるのではないかと考えられる。

(4)一面せん断試験の過圧密領域におけるせん断強さと垂直応力の関係を図-5に、この図から粘着力と内部摩擦角を求めたものを表-2に示す。これより、団粒化剤を2%配合すると内部摩擦角はあまり変わらないが粘着力は約2.6倍にまで大きくなる。これは、団粒化剤が土粒子間の結合力を高めることによって、せん断に対する抵抗が増したためと考えられる。

(5)図-6は圧密圧力 $p=1280\text{kPa}$ の荷重をかけた場合の間隙比の経時変化を示している。圧密試験において、団粒化剤を配合することによって間隙比の変化量 Δe は過圧密領域ではほとんど変わらないが、正規圧密領域になると図-6のように小さくなる。また、時間に伴う間隙水圧の変化は、どの荷重においても団粒化剤を2%配合した場合と配合していない場合の違いはほとんど見られなかった。

圧密試験の結果から圧密係数を計算すると、圧密圧力1280kPaのときの団粒化剤を配合していない場合は $C_v=0.058\text{cm}^2/\text{min}$ 、団粒化剤を2%配合した場合は $C_v=0.069\text{cm}^2/\text{min}$ となり、その他の圧密圧力も同じように、団粒化剤を配合させることによって圧密係数は大きくなる。図-7は間隙比と圧密圧力の関係を示しており、この図から圧縮指数を求めると、団粒化剤を配合していない場合は $C_c=0.742$ 、団粒化剤を2%配合した場合は $C_c=0.403$ となり、団粒化剤を配合したほうが圧縮指数は小さくなるので、団粒化剤によって圧縮性が小さくなり圧密沈下を抑制できるのではないかと考えられる。

4. まとめ

粘土に団粒化剤を2%加えることによって次のことが明らかになった。

- (1)一軸圧縮試験において、一軸圧縮強さは約1.5倍にまで増加する。
- (2)一軸クリープ試験では、破壊に至るまでの時間が延びたり、破壊しなくなったりする。
- (3)過圧密領域における一面せん断試験では、内部摩擦角は変わらないが、粘着力は大きくなる。
- (4)圧密試験において、圧密圧力が大きくなると間隙比の増加量は減少する。また、圧縮指数は小さくなり、圧密係数は荷重の大きさに関係なく大きくなる。

5. 参考文献

- 1) 河林百江：粘土の一軸クリープ試験，平成13年度徳山高専卒業研究論文集，pp. 99-104, 2002.
- 2) 五郎丸文恵：粘性土の一軸クリープ試験，平成14年度徳山高専卒業研究論文集，pp. 115-120, 2003.

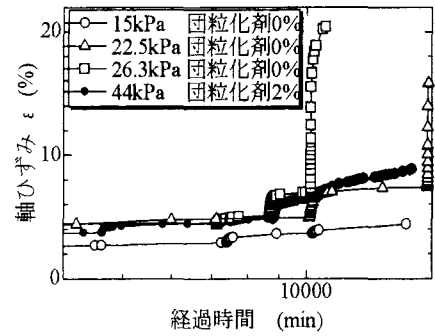


図-4 一軸クリープ試験(温度上昇後)

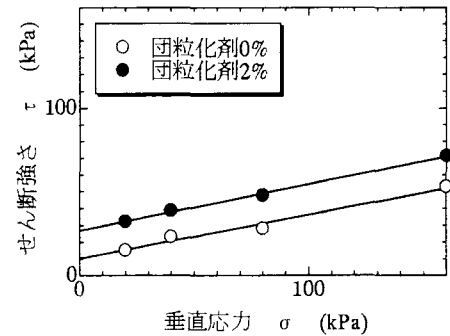


図-5 一面せん断試験

表-2 粘着力と内部摩擦角

	団粒化剤0%	団粒化剤2%
粘着力 $c(\text{kPa})$	10.37	26.89
内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$	14.5	15.4

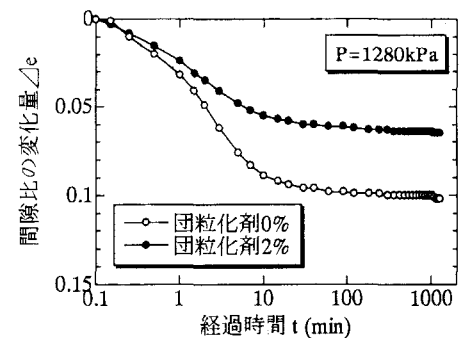


図-6 間隙比の経時変化

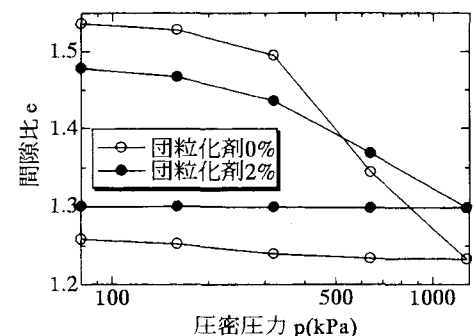


図-7 間隙比と圧密圧力