

金沢大学 正 ○ニ木幹夫

愛媛大学 正 八木則男

金沢大学 正 西田義親

はじめに

攪乱を受けた粘土が時間の経過に伴ってその力学的性質を変える、いわゆるチキントロピー現象は、粘土サスペンション、あるいは高含水比状態で著しいことはよく知られている。しかし実際の工事、例えば、盛土工事、または粘性土地盤に打込まれた杭周辺地盤などのチキントロピー現象を考えると、これらの状態の土の含水比は、液性限界に比較してかなり低い状態にあると思われる。従って、そのチキントロピー的な挙動も高含水比の場合と異なることが予想される。含水比が低くなると、粘土のチキントロピーによる強度回復が少なくなることは既に報告されている。⁽¹⁾⁽²⁾ 本報告は、この様な低含水比での粘土のチキントロピー的な挙動が閉けき水の物理化学的特性によ、ていかに変化するかについて行なった実験的研究である。

試料および実験方法

使用した粘土はカオリン系の粘土を主成分とする九谷粘土、および市販のベントナイトである。既報の方法⁽³⁾により九谷粘土については H^+ , Ca^{++} , Na^+ で陽イオン交換(0.1N)を行ない、ベントナイトについては Ca^{++} (1N, 0.01N)で陽イオン交換を行なったものを試料とした。各試料の物性を表-1に示す。各試料は大型圧密容器により予圧密したものを適当な大きさに切り出し、ゴムスリーブで包み空気を十分追い出した後30分間陳列返した。その後、所定の日数、温度20℃で養生を行なった。現在までに実施した試験は、九谷粘土については、標準圧密試験、一軸圧縮試験、非排水三軸クリップ試験、ベントナイト試料については、一軸圧縮試験、圧密非排水三軸試験である。

実験結果および考察

図-1は未処理の九谷粘土の $e \sim \log P$ 曲線、 $m_v \sim \log P$ 曲線を描いたものであるが、チキントロピーによると思われる影響は認められない。これらの関係は他の試料についても同様である。図-2は九谷(Na^+ , B試料)粘土の一軸圧縮試験から得られた一軸

圧縮強度 σ_{max} 、軸ひずみが1.0%のときにおける軸応力 $\sigma_{1\%}$ および E_{50} と、養生日数との関係を示したものである。同図によれば、一軸圧縮強度は養生しても増加は認められないが、 $\sigma_{1\%}$ 、 E_{50} は養生日数に伴い増加する傾向にある。この関係は従来より認められているが⁽⁴⁾ 吸養イオンの

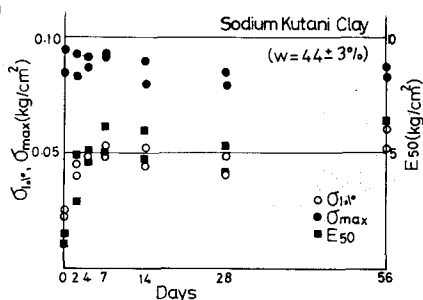
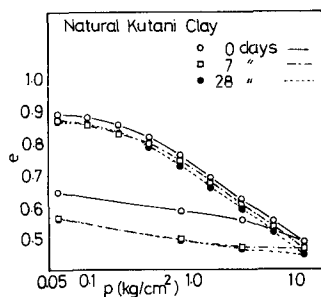
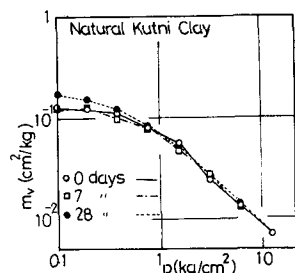
図-3 σ_{max} , $\sigma_{1\%}$, $E_{50} \sim$ 養生日数

表-1 物性

	L.L	P.L	I _p	G _s	CEC
A九谷(未処理)	65.1	25.2	39.9	2.59	8.09
B九谷(Ca^{++})	57.2	24.3	32.9	2.60	7.16
C九谷(Na^+)	64.1	23.3	40.8	2.61	7.02
D九谷(Na^+)	63.9	27.8	36.1	2.60	7.16
Eベントナイト(Ca^{++})	107.9	39.2	68.7	2.63	60.14
Fベントナイト(Na^+)	127.7	42.6	85.1	2.63	60.14

図-1 $e \sim \log P$ 曲線図-2 $m_v \sim \log P$ 曲線

種類により幾分この傾向は異なりNa⁺粘土のチキントロピックな挙動が一番強い。これらについて繰り返し直後の σ_v^* (σ_v^* と記す), E_{50}^* に対する n 日養生後の σ_v^* , E_{50}^* の比と養生日数との関係を陽イオンの種類をパラメータとして描いたのが図-4, 5である。

図-6はE粘土試料に對して行なつた圧密非排水三軸試験(周圧: 2 kg/cm², 3 kg/cm²)の軸差応力の最大値と養生日数との関係を示したもので

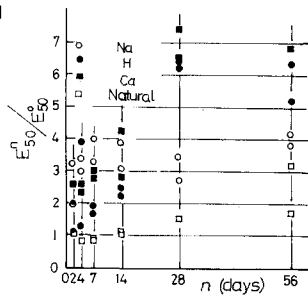


図-4 $E_{50}^*/E_{50}^0 \sim$ 養生日数

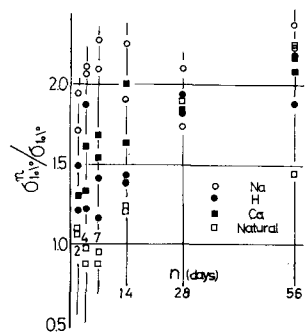


図-5 $\sigma_v^*/\sigma_v^0 \sim$ 養生日数

あるが、いずれの場合も繰り返し時の含水比(w), 圧密圧力の影響が大きく、チキントロピーの影響は認められない。図-7は繰り返し直後、および養生日数20日間のA粘土に対して行なつた三軸非排水クリープ試験の結果を示したものであるが、この場合も特にチキントロピーによると思われる差違は明らかではない。しかし、図-8は図-7から求められた遅延時間の分布関数を示したものであるが、養生した方が、繰り返し直後の試料よりも分布関数が滑らかであり、一般のVoigt模型で考えれば養生した方が類似した遅延時間を有するVoigt模型の連続したモデルで表わしうることと示している。両者の差違はクリープ初期において顕著である。

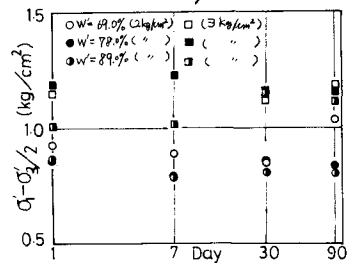


図-6 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max} \sim$ 養生日数

以上実験結果だけを述べてきたが、熱力学的運動が無視される粗大粒子において、ましてや、低含水比状態であればなおさらであるが、チキントロピーの原因を求めるとすれば、間隙水時に吸着水の性状に求めるのは自然のように思われる。せん断初期の段階から破壊に至るまでに抵抗する粘土/水束の抵抗様式はLambe⁽¹⁾も提案しているように一様ではなく特にせん断初期においては粘着力が重要な要素となる。従つて養生することによって構造がある程度回復すると思われる吸着水層に起因して σ_v^* , E_{50}^* の回復が認められるが、それが破壊されてしまった後のせん断強度には影響が少ないと考えられる。また本実験より打込み杭周辺の攪乱粘土のように、低含水比で繰り返しされ、再圧密されるような場合の強度増加については、チキントロピックな影響は考える必要はなく、圧密による強度増加のみを考えればよさそうである。しかし以前より報告しているように、この時の粘土のせん断特性は、原地盤の粘土のせん断特性ではなく、その粘土をそのまま繰り返し、再圧密した粘土のせん断特性になることに注意しなければならない。⁽⁵⁾

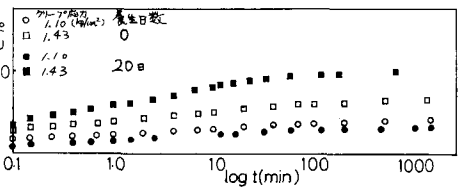


図-7 クリープひずみ ~ 時間

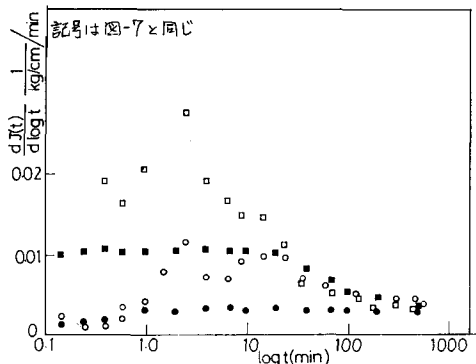


図-8 遅延時間の分布関数

参考文献

- (1) Mitchell, J. K. (1960) "Fundamental Aspects of Thixotropy in Soils" ASCE 86, 2522 PP. 19-52.
- (2) Seed, H. B. and Chan, C. K. (1957) "The Thixotropic Characteristic of Compacted Clays" ASCE 83, 16, 514-1924-1-1927: 35
- (3) 八木, 西田, 大島 (1974) "休交擾を行なつた粘土の強度定数について" 第9回土質工学研究発表会講演集 PP. 275
- (4) 西田, 松村, 八木 (1973) "攪乱粘土の強度回復に関する物理化学的考察" 第8回土質工学研究発表会講演集 PP. 27
- (5) 八木, 西田, 稻寺 (1976) "繰り返し再圧密のせん断特性" 第11回土質工学研究発表会講演集 PP. 307 ~ 310