

III-91 繰り返し再圧密粘土のクリープと温度依存性

金沢大学 正 二本幹大
同 正 ハ本則男
同 正 西田義親

まえがき

液性限界以下の含水比で繰り返し、再び圧密すると従来の正規圧密粘土(NC粘土と記す)とはかなり力学的特性の異なる状態の粘土(これをRNC粘土と称す)が得られることを以前より報告している。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

飽和粘土の一般的な力学特性を論ずる際、かかるRNC粘土をも含めた広い視点より眺めることは、従来の正規圧密粘土、過圧密粘土の置かれている力学的位置、あるいはその力学的特性を支配するファクターを見出す上で意義あることであると思われる。今回、以前報告した⁽²⁾RNC粘土のクリープ特性の続報として、段階的に荷重を増加するクリープ特性ならびに温度によるクリープ特性の相違について実験的研究を行ったので報告する。試料および実験方法

実験に用いた試料は九谷粘土と称するカオリン系の粘土であり、その物性は表-1に示すとおりである。

クリープ試験装置の概要を図-1に示す。実験にはレルウェー製の三軸セルを用い、非排水状態で行った。変位は載荷板の下に取り付けたダイヤルゲージで読みとり、間接水圧はひずみゲージ型の圧力変換器で測定し自記記録させた。試験は温度20℃、30℃、40℃についておこない、20℃の場合は恒温室内(20℃±1℃)で行い、30℃、40℃の場合は恒温室内に置かれた、±0.5℃の精度のサーモスタットのついた恒温水槽中にセルをつけておこなった。ただし、いずれの場合も圧密は20℃で行い、バックアプレッシャー2.0 kg/cm²を付加して試料を飽和させた後実験にとりかかった。30℃、40℃の場合、非排水状態で供試体の温度をあげるため、水の膨張性、あるいは粘土の圧縮性が大さくなるなどの理由により供試体に付加的な過剰間隙水圧が発生する。その値は30℃の場合で0.35 kg/cm²~0.45 kg/cm²、40℃の場合で0.60 kg/cm²~0.75 kg/cm²であった。この値は水槽にセルを浸してから1時間位で一定値に達したので、試験はセル水浸後2時間後に開始した。なお、クリープが進み、軸ひずみ(E)が増加すると供試体の断面積が減少するから、クリープ応力を一定に保つため、軸変位5%/mm ごとにクリープ荷重を補正した。供試体は高含水比(LL以上)でスラリー状に繰り返しした粘土を、大型圧密容器で所定の圧密圧力で圧密し、正規圧密(NC)粘土については0.7 kg/cm²で圧密した試料、RNC粘土については2.0 kg/cm²、4.0 kg/cm²で圧密した試料を空気は混入しないように再び繰り返しした試料をそれぞれセル圧2.0 kg/cm²で等方圧密し供試体とした。(RNC粘土の場合、繰り返し前の圧密圧力が4.0 kg/cm²の時RNC_{4.0}と表記する。

表-1 物 性

G _s	LL (%)	PL (%)	P.I. (%)	SL
2.59	79.8	26.8	52.5	21.5

A: 供試体 F: ダイヤルゲージ
B: 三軸セル G: 摩擦切り
C: air regulator H: つり合い荷重
D: transducer I: クリープ荷重
E: 恒温水槽 J: サーモスタット

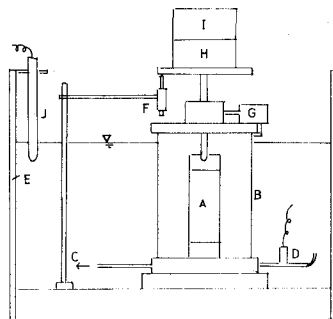


図-1 実験装置

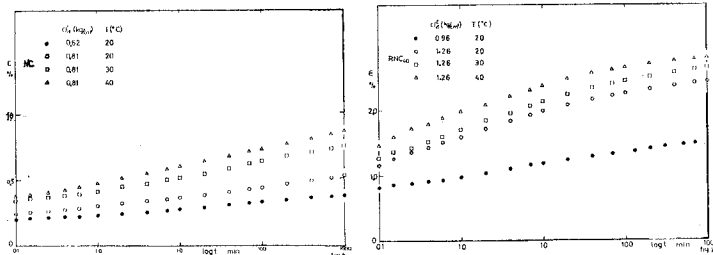


図-2 ひずみ～時間 (a)

ひずみ～時間 (b)

実験結果および考察

図-2(a),(b)に $T=20^{\circ}\text{C}$, 30°C , 40°C におけるNC粘土, RNC₄₀粘土のひずみ～時間関係, 図-3(a),(b)にひずみ速度～時間関係を示す。図-2より, NC粘土の場合, ひずみ～時間関係は, 温度の違いによって勾配の異なる直線になるのに反して, RNC₄₀粘土の場合, 初期ひずみの違いのような曲線となる。従って, 図-3においては, NC粘土の場合にはほぼ平行な直線群となるが, RNC₄₀粘土の場合は温度の影響は顕著ではなく, 経過時間に対してひずみ速度はほぼ等しくなる。今まで行っているRNC粘土に関する実験結果(例えば, 表面活性が小さい土になるに従い, 繰り返し影響が少なくなること⁽³⁾など)を考慮全ければ, RNC粘土の構造の特徴の一つとして次のようなことを考えることができる。ある程度, 粘土-水系の構造(特に吸着水を含めた構造)が発達した粘土においては, その力学的特性は, 多少に粘土-水系の構造が温度の影響を受けると, 温度により変化するが, 一度, 低含水比で繰り返しすることなどによって粘土-水系の構造が破壊されると, 温度の影響を受けにくくなる。すなわち, NC粘土と比較してRNC粘土の C_e が減少し ϕ が増加すること, およびこの ϕ が同じ粘土のパウダーの ϕ に近い値となる⁽³⁾⁽⁴⁾ことから考えると, 吸着水などが破壊され, 粘土がより摩擦材料に近くなるものと思われる。

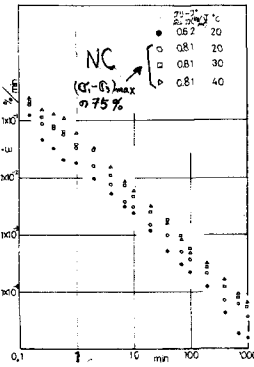
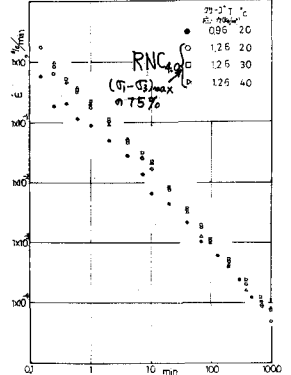


図-3 ひずみ速度～時間 (a)

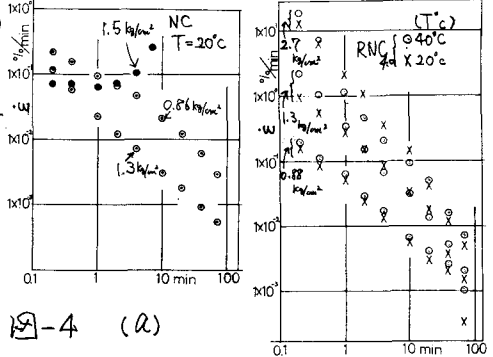


(b)

図-4(a),(b)に段階別に荷重を載せた場合のNC粘土($T=20^{\circ}\text{C}$) RNC₄₀粘土($T=20^{\circ}\text{C}$, 40°C)に関するひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ と時間の関係を示す。(a)の場合, ひずみ制御試験より求めた軸応力の最大値 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$ の140%位のクリープ応力で破壊に到っており, その時のひずみは7%位である。この傾向は従来認められているものと同じである。これに反しRNC₄₀粘土の場合は $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$ の160%のクリープ応力に達しても破壊に到らず, その時のひずみは30%を越えている。この原因は, クリープ応力を増加するとそれに比例して有効応力 $(\sigma_1 + \sigma_3)$ が増加するためである。(図-5)この傾向は粘土土の圧密非排水試験結果と類似しておりRNC粘土の特徴的な点である。 $T=20^{\circ}\text{C}$, 30°C , 40°C におけるクリープ時のベクトルカーブを描いたのが図-5であるが, 非排水状態で温度を上げたため初期の有効応力の状態は各供試体とも違っているが, NC粘土では最終的に同じ (P, q) 点で破壊に到っており, 等含水比面上では温度に関係なく一義的に破壊時の (P, q) は決定されると思われる。RNC粘土に関してダイラタンレーの最大圧縮点付近の境に類似したベクトルカーブを示している。しかし, 異なる温度で圧密圧力を変化させた状態における等含水比面上での問題については, 現在検討中である。なお本研究の実験には植田亮弘君(現, 島根県庁)の御協力があったことに感謝致します。

図-4(a)のグラフは、NC粘土 (T=20°C) のひずみ速度と時間の関係を示す。縦軸はひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ (%/min) の対数スケール (10⁻¹ から 10¹)、横軸は時間 t (min) の対数スケール (0.1 から 100) である。データ点は 1.5 kg/cm², 0.8 kg/cm², 1.3 kg/cm² の異なる圧力条件下で得られたもので、ほぼ同一の直線上にプロットされている。

図-4 (a)



(b)

図-5(a)のグラフは、NC粘土のベクトルカーブを示す。縦軸は有効応力 $\sigma_1 + \sigma_3$ (kg/cm²) の対数スケール (0.5 から 1.0)、横軸はせん断応力 $\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm²) の対数スケール (0 から 2.0) である。20°C, 30°C, 40°C の異なる温度条件下で得られたベクトルカーブが描かれており、最終的にほぼ同一の破壊点 (P, q) に収束している。

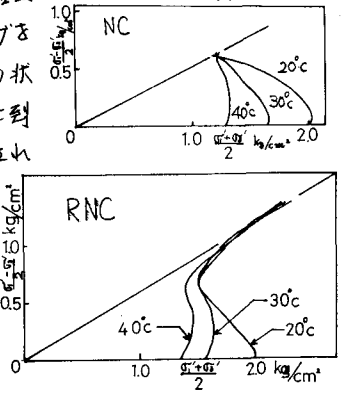


図-5 ベクトルカーブ

参考文献 (1) 八木 孝, ねり返し土の力学特性, 土木学会第28回講演概要集 P11, 12 (2) 八木 孝, ねり返し土の力学特性, 土木学会第30回年次講演概要集 P58-76 (3) 八木 孝, ねり返し土の力学特性, 土木学会第30回年次講演概要集 P30-310 (4) 植田 亮弘, ねり返し土の力学特性に関する一考察, 土木学会第28回講演概要集