

粘土のレオロジー的特性 (続報)

○京都大学工学部 柴 田 徹

京都大学大学院 浅 野 茂

土の変形と強度の問題は古くから研究されてきたが、土粒子構造骨格が外力によつて時間とともに変形し、弾性から塑性へ、塑性から降伏へと推移する経過を合理的に説明できる基本法則はまだ究明されていない現状である。著者らは新たに試作したレオメーターを用いて、主として粘土のクリープ破壊と応力緩和の現象を研究した。

1 試料とレオメーター

実験に用いた試料は大阪沖積層より採取した乱さない飽和粘土で、その物性は試料No.1: -含水比; 85.0%, 間ゲキ比; 2.46, L.L.; 87.6%, P.L.; 29.7%, また試料No.2: -含水比; 89.2%, 間ゲキ比; 2.01, L.L.; 87.0%, P.L.; 29.0% でいずれも最大先行圧縮応力は約 1.0 Kg/cm^2 である。供試体は直径 3.5 cm、高さ 8.0 cm の円柱形に成型し、ゴムスリーブで包んだのち恒温水室中に設置した。試験時の温度は 30, 35, 40 °C としたが、粘土供試体の温度は所定の温度の水室に設置してから約 15 分で平衡状態となることが、予備実験の結果わかつてゐる。試験機はクリープ試験のほか圧縮試験 (ヒズミ制御, 応力制御), 応力緩和, 繰り返し載荷等の各試験が可能で、荷重量及び圧縮量を指示記録計に自記させることができる。その構成は測定器と指示記録計よりなり、測定器は粘土供試体を設置した恒温水室をのせた移動梁により粘土を圧縮するもので、供試体上部に取付けたコードセルを介して記録計に接続されている。指示記録計は記録計と指示計よりなり、記録計は直線式ペンドライブ機構を有する電子管平衡方式で、圧縮量を指示記録させるための増巾器と平衡機構も附加されている。指示計は記録計が圧縮量を記録している時に荷重を指示させて各動作をさせたり、監視するもので電気方式は記録計と同様である。

2 クリープ破壊

乱さない粘土試料に上限降伏値よりも大きい一定応力を載荷すると変形速度は徐々に減少し、ある期間中はほぼ一定速度を持続し、やがて再び変形速度が増加して破壊にいたる。

ゆえに破壊にいたるまでの時間を問題にしないならば、種種の値の破壊強度が存在する。

これがクリープ破壊の現象であつて、著者はこれを微視的な観点より理論的に解明し、実験デ

ーターの示す傾向と一致することを報告した。その結論はクリープ破壊所要時間 t_f と一定応力 σ との間に

$$\text{Log}_{10} t_f = \text{Log}_{10} \frac{h}{\kappa T} + \frac{E_0}{2.3 \kappa T} - \frac{\lambda \sigma}{4.6 N_{b0} \kappa T}$$

なる関係が存在することであつた。(式中の記号は物理常数)。

試料No. 1を使用し、1に述べた試験機によつて温度 30°C のもとでクリープ破壊実験を行つた結果を図-1に示す。図より明らかなごとく $\sigma \sim \text{Log} t_f$ 関係は直線となるから上式が成立し、

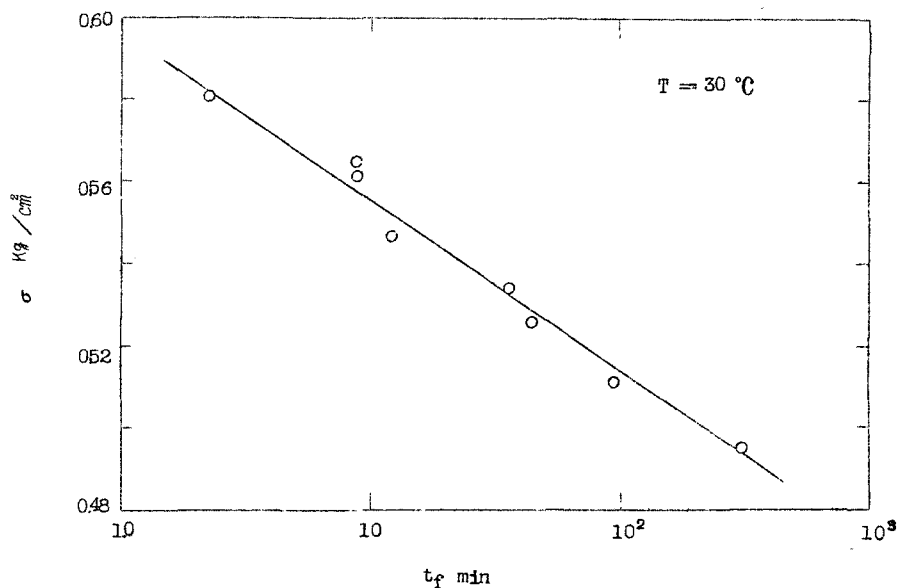


図 - 1

実験直線の勾配は $\lambda/4.6 N_{b0} \kappa T$ にて表わされることになる。いま、 $\sigma = 0$ に対する $\text{Log}_{10} t_f$ を $\text{Log}_{10} t_{f,i}$ と書けば、 $\text{Log}_{10} t_{f,i}$ の値は図-1の直線を外挿して時間軸上の交点の座標として得られ、また上式より

$$\text{Log}_{10} t_{f,i} = \text{Log}_{10} \frac{h}{\kappa T} + \frac{E_0}{2.3 \kappa T}$$

であるから、活性化エネルギー E_0 の値が計算でき、粘土の強度に関係した内部構造を知る手掛りを得る。

3 応力緩和

粘弾性物体に一定のヒズミを与えて放置すると応力は次第に減少し、固体的粘弾性体では一定

有限値に達してそれ以上減らない。かかる応力緩和の現象は粘土についてもみられるが、最近 T. K. Tan 氏によつて研究が始められたばかりで、まだみるべき成果は報告されていない。

ここでは乱さない粘土の新鮮試料に $\varepsilon = 0.25, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0\%$ の一定ヒズミを与えて、その時の応力緩和状態を約 24 時間、自記せしめた。その結果は一例を図 - 2 に示

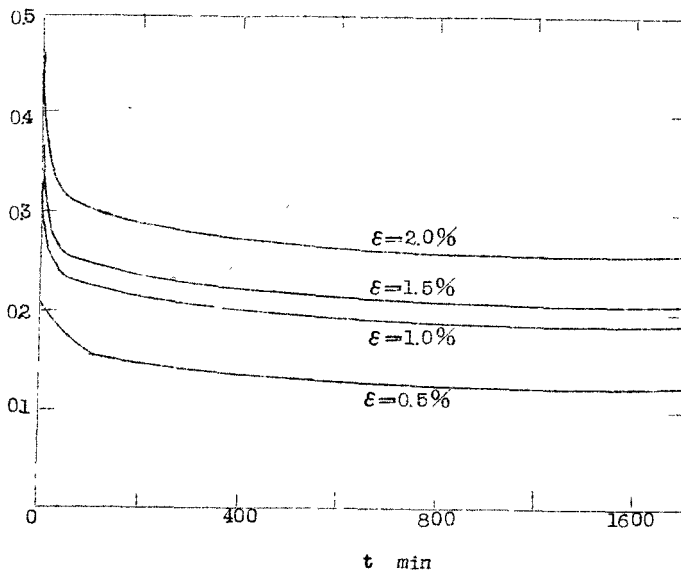


図 - 2

すような曲線となり、与えたヒズミによつて異なつた応力の有限値に達することがわかる。ヒズミが 3% をこえると供試体はほとんど瞬間的に破壊するために応力緩和はおこらない。

応力の減少を経過時間の対数に対してプロットすると、応力緩和特性は図 - 3 に示すごとく明瞭になる。すなわち与えた一定ヒズミ ε の大きさによつて、ある時間までは $\sigma \sim \log t$ の直線関係があり、この直線の勾配は与えた ε が大きいほど急になり、さらに長時間を経過すると曲線は水平漸近線に相当する応力の有限値に達する。

応力緩和現象を解析して明らかになつた粘土のレオロジー諸特性については講演にゆずる。

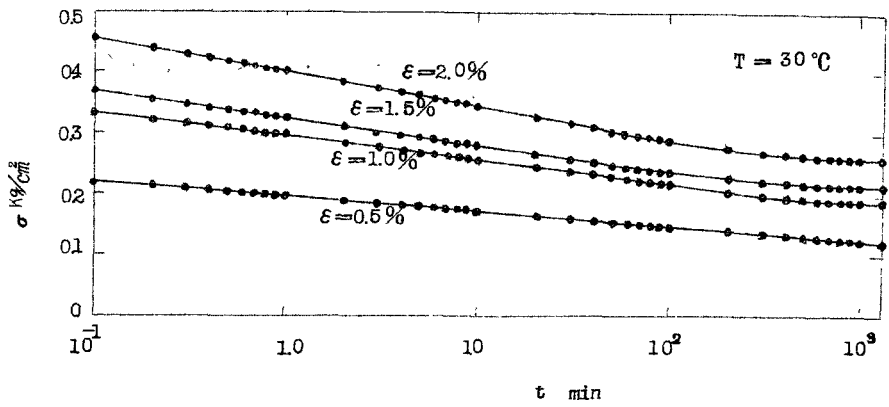


図 - 3

4 温度を変えたときのクリープ特性，強度特性についても実験，検討している。