

京都大学防災研究所 正 員 村山朝郎
京都大学大学院 学生員 飯田邦夫

近年粘土のレオロジー的挙動を微視的構造から説明しようとする努力が多くの人々によりなされている。本研究は粘土に一定のヒズミを与えた場合の応力の経時変化を調べることににより、村山、柴田の粘土の力学モデル Fig.1 を前提として、粘土の変形機構、構造の変化を実験的に検証しようとするものである。

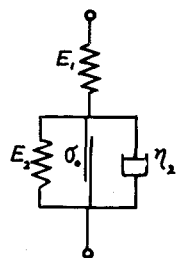


Fig. 1

実験方法および試料

実験に用いた粘土は大阪市上町台地の地下鉄工事現場から採取した古い洪積粘土である。その物性は、粘土分 43%、シルト分 38%、砂 17% の粘土、比重 2.57、 $LL=76.2\%$ 、 $PL=30.7\%$ 、 $P_c=3.2 \text{ kg/cm}^2$ である。供試体は直径 3.6cm、高さ 8.0cm の円柱形に成形し、3 軸セル中にセットし、別に用意した恒温水槽と連結して一定温度に保たれた水をセル中に循環させ、供試体の温度を一定にした。セル中の水温は十分注意して $\pm 0.2^\circ\text{C}$ の範囲内に保つことが可能である。また供試体の温度は予備試験を行なって 20~30 分で所定の温度になることがわかっている。試験機としてはレオメータを用いた。これは供試体にヒズミを与える測定器と指示記録計よりなる。

実験結果および考察

用いた粘土試料の上限降伏値 σ_u は応力制御の一軸試験の結果から、すなわち応力～ヒズミ関係を両対数座標上にプロットしたときの直線部の折点として $\sigma_u=1.7 \text{ kg/cm}^2$ がえられる。この結果は Fig. 2 に示されている。この応力～ヒズミ関係からヒズミが非常に小さい値で降伏が起っていることがわかる。図は省略するが同じくヒズミ制御の一軸試験を行なったところ、ヒズミが約 2% の時点で破壊が起っている。

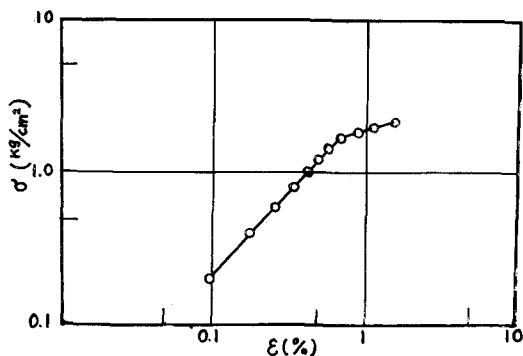


Fig. 2

パラメータとして供試体の温度および初期ヒズミ ε_0 をとり、温度は 0°C ~ 40°C の間の数段階、初期ヒズミ ε_0 は上限降値を参照して、0.25%、0.5%、0.75%、1%、1.5% に変化させて行なうことにした。実験は現在続行中でここには温度 30°C のものについてその結果を示すにとどめるが、講演時には他のものについても発表できると思う。Fig. 3 は初期ヒズミ ε_0 をパラメータにヒッタ応力～時間対数関係を表わす。これらの緩和曲線の初期部分はいずれも直線になり、200 分を経過すると曲線はほぼ水平に移行する。Fig. 3 から応力緩和速度 $-d\sigma/d\log t$ を求め、 ε_0 に対してプロットすると Fig. 4 の初期ヒズミ～応力緩和

速度関係がえられ、 $\epsilon_0 = 0.75\%$ で折点をもち直線として示される。初期ヒズミ ϵ_0 を与えた瞬間の応力 $\sigma_{t=0}$ と ϵ_0 の関係、および緩和が停止したときの終極応力 $\sigma_{t=\infty}$ と ϵ_0 の関係はFig.5に示されている。この図でも $\sigma_{t=0}$ の場合には $\epsilon_0 = 0.75\%$ で、 $\sigma_{t=\infty}$ の場合には $\epsilon_0 = 0.85\%$ で折点がある。これはFig.4の傾向とよく似ている。Fig.4,5から応力緩和速度 $-d\sigma/d\log t$ 、初期応力 $\sigma_{t=0}$ 、終極応力 $\sigma_{t=\infty}$ と ϵ_0 との関係に変化の起る ϵ_0 は $0.75 \sim 0.85\%$ でほぼ一致している。粘土の降伏現象をより明確にするためにFig.1の力学モデル中の弾性係数 E_1, E_2 を $E_1 = \sigma_{t=0}/\epsilon_0$ 、 $E_2 = E_1 \sigma_{t=\infty}/(\sigma_{t=0} - \sigma_{t=\infty})$ から求めるとFig.6がえられる。 E_1 の値は ϵ_0 の値が 0.75% までは一定値であるが、 ϵ_0 がこの値以上になると減少する。 E_2 の方は一定の傾向を示していないが、改めて実験を進めているのでその傾向が明らかにできると思う。この E_1 の変化は粘土構造に降伏が起ったためと考えられる。しかもこれらの値がほぼ一致していることから、この一連の折点が粘土の降伏点に相当することは明らかであろう。このヒズミを ϵ_{0c} とすると、粘土に ϵ_{0c} のヒズミを与えたときの応力が上限降伏値 σ_u と考えられる。この場合について計算してみると、 $\epsilon_{0c} = \sigma_u/E_1 = 1.7/220 = 0.0077$ となりFig.4,5,6から求められた ϵ_{0c} の値に一致する。実験が 30° の場合だけで数が少なく明確な結論は出ないが以上のことを要約すると、

- ① おきない洪積粘土についても村山・柴田の力学モデルが比較的よくあてはまる。
- ② 一定ヒズミを与えたときの応力の経時変化は $\log t$ に対してlinearである。
- ③ 応力緩和

速度、初期応力、終極応力を ϵ_0 に対してプロットしたとき、それぞれは折点を有する直線で示され、折点に対する ϵ_0 はほぼ同じ値となる。④ 粘土の弾性係数 E_1, E_2 は ϵ_{0c} までは一定をもち、その値以上では減少する。⑤ ϵ_{0c} は粘土骨格の降伏を与えるヒズミと考えられる。

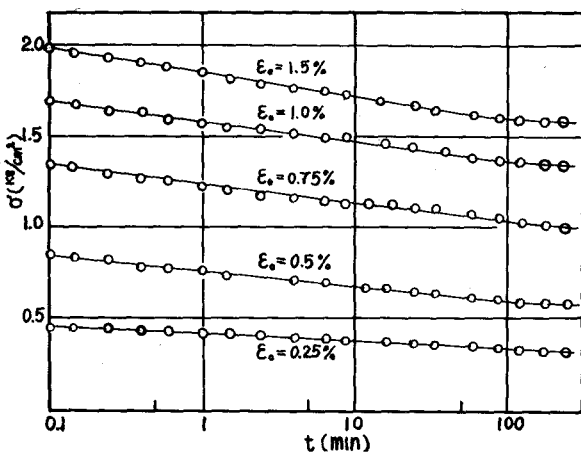


Fig. 3

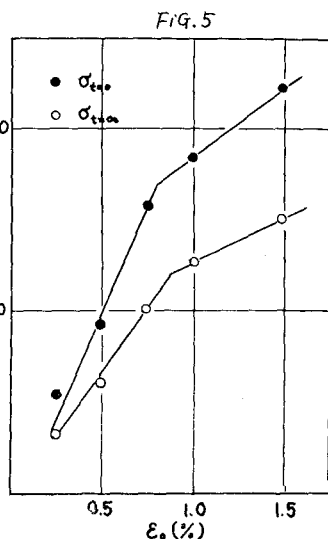


Fig. 5

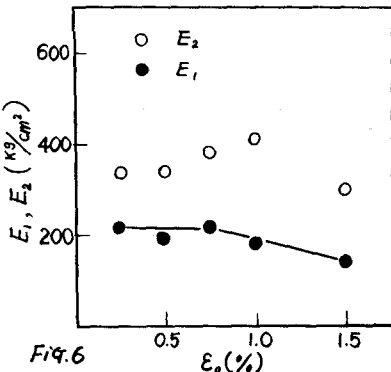


Fig. 6

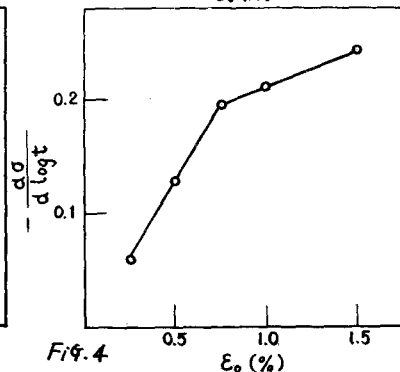


Fig. 4