

2. -12. 純粋セリ断試験装置による粘性土のクリープの実験的研究

徳島大学工学部 正 員 工 小田英一

○ 学生員 木村 亨

1. まえがき： 土のクリープ実験に対しては従来より三軸圧縮および単軸試験がおもに行なわれているが、純粋セリ断試験装置によるものは少なく、さらに直応力をいろいろに異なった値にして多くのクリープ試験を行なって解析した研究は非常に少ないようである。そこで土の純粋セリ断試験結果を用いてマクロ的な現象論的研究として S. S. Vialov¹⁾ の考えに基づいて解析を行なったことについて以下述べる。

2. 実験： 実験に用いた試料土の物理試験の結果は比重 G_s :

2.736, L. L. : 37.3%, P. L. : 27.7%, P. I. : 9.6% のもので、粒度試験

結果では砂分 6.3%, ツルト分 67.7%, 粘土分 26% のシルト質ロームのものである。この攪乱土を水で飽和させて内容積 $25\text{cm} \times 60\text{cm} \times 10\text{cm}$ の木箱につめて圧密して得られたものの平均含水比は 34.26% である。こうして作成した試料土を用いて、純粋セリ断試験装置による荷重制御試験および純粋セリ断クリープ試験を行なった。純粋セリ断用の試料は直径 6cm, 高さ 2cm の円柱形に成形した。第 1 実験として排水状態で荷重制御による純粋セリ断試験を行なった。この際の各段階のセリ断速度 $\dot{\epsilon} = 0.8 \times 10^{-2} \%/\text{min}$ とした。このような荷重制御純粋セリ断試験を $\sigma = 0.5\%/\text{cm}^2, 1.0\%/\text{cm}^2, 1.5\%/\text{cm}^2, 2.0\%/\text{cm}^2$ の 4 種類の直応力の場合に対してそれぞれ行なって、上限降伏値を求めたのである。

第 2 実験として一定の直応力 σ のもとで非圧密排水状態で一定のセリ断荷重を加えてクリープ試験を行ない、鉛直方向ヒズミとセリ断ヒズミの時間的変化を測定した。 $\sigma = 0.5\%/\text{cm}^2, 1.0\%/\text{cm}^2, 1.5\%/\text{cm}^2, 2.0\%/\text{cm}^2$ の 4 段階の場合のこのようなクリープ試験を多数行なった。実験の都合でクリープ試験に 1440 分の時間を要した。

3. 実験結果： 垂直変位より試料高さを求めこれとセリ断ヒズミを用いてセリ断角 ϕ を求める。第 1 実験の荷重制御純粋セリ断試験の測定結果より、 ϕ を求め、これを両対数目盛にプロットしたものを図-1 に示す。ただしこの図は 4 種類の直応力のうち代表として $\sigma = 1.0\%/\text{cm}^2$ に対するものを示した。

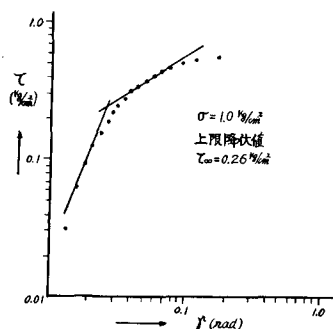


図-1

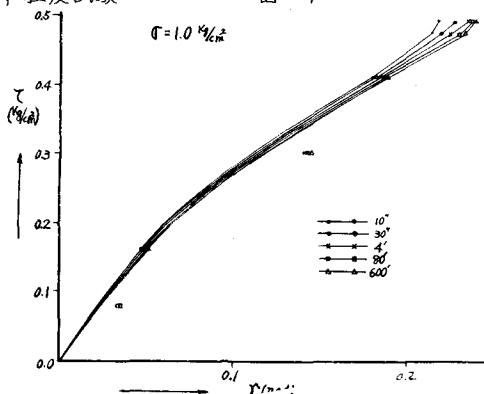


図-2

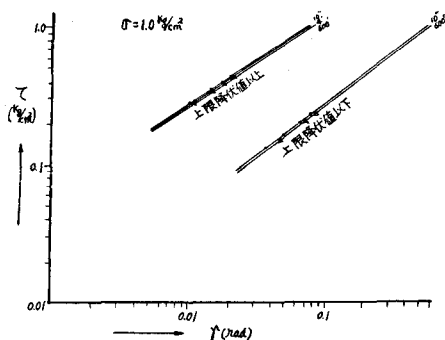


図-3

この折線の折点を求めれば、これがその直応力に対応する上限降伏値である。これらの上限降伏値と破壊値とを描いたものを図-8に示す。つぎに第2実験としての非圧密排水法による純粋せん断クリープ試験結果より横軸に対数目盛で時間 t (単位分)をとり、縦軸に普通目盛で γ (radian)をとっててをパラメーターとしてプロットしたものを図-7に示す。ただしこの図は代表として $\sigma = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ に対するものである。この図の値より直応力 $\sigma = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ の値に対してせん断応力とせん断角 γ との関係を時間 t をパラメーターとして描くと図-2となる。

4. 実験結果の解析： 純粋せん断クリープの問題をマクロな現象論的研究法によって取扱ったS.S. Vialovの考えにより、 γ と t との関係を parametric formに表わせば

$$\gamma(t) = A(t) t^{\frac{1}{\alpha}} \text{----- (1)}$$

の形となる。 $A(t)$ は時間 t の関数であり、 $\frac{1}{\alpha}$ は時間には無関係な指数である。前述の実験の測定値により $A(t)$ 、 α の値を求めて本実験に用いた作成試料土に関する実験式を求めることとする。

(1) σ が上限降伏値 σ_y 以下の場合： この場合の γ と t を図-2より適当にえらび両対数目盛に t をパラメーターとしてプロットしたものを図-3に示す。

ただし図-3は $\sigma = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ に対するものであり、以下の図も $\sigma = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ に対するものを代表として示すこととする。この図において $\sigma = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ のときの γ の値が $A(t)$ の値を与え、この図の直線の勾配より $\frac{1}{\alpha}$ が求められる。

この直線は全て平行であり勾配が t に無関係であることを示している。図-5に示すように σ の変化に対して α は直線的に変化し $\alpha = 0.8797 - 0.0113\sigma$ となる。

図-4は横軸に t を対数目盛(単位分)にとり、縦軸に $A(t)$ を普通目盛にとり、 σ をパラメーターとしてプロットしている。これより $A(t) = a + b \log_{10} t$ として a 、 b を求める。 σ と a および b との関係を示したものが図-6である。これより $a = 0.52 - 0.509 \{ \pm (1.2 - \sigma) \}^{3.011}$ 、 $b = 0.0066 - 0.0016(\sigma - 0.5)^2$ 、ここに複号は $\sigma < 1.2 \text{ kg/cm}^2$ のとき

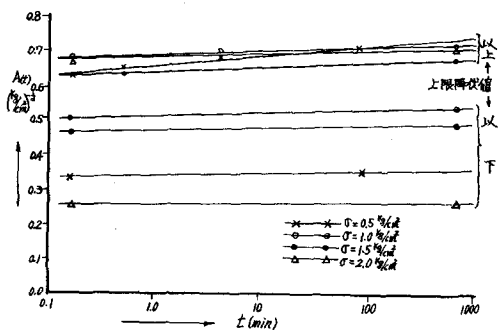


図-4

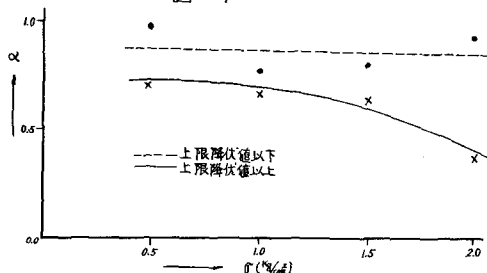


図-5

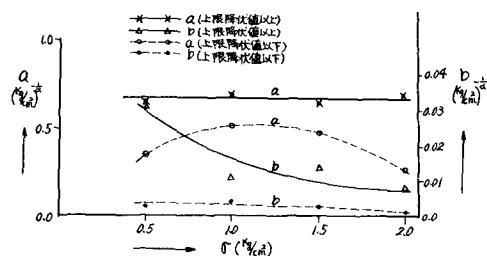
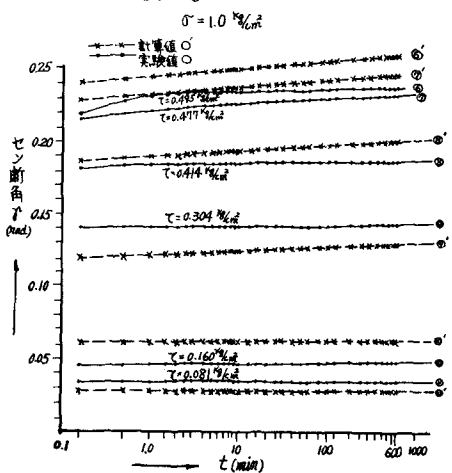


図-6



は正をとる。従ってて₀の場合の実験式は

$$\gamma(t) = \{0.52 - 0.509 \left(\frac{t}{1.2 - \sigma} \right)^{2.011} + \{0.0066 - 0.0016 (\sigma - 0.5)^2\} \log_{10} t\} \times \frac{1}{\tau (0.87977 - 0.013\sigma)} \text{ (radian)} \text{ ----- (2)}$$

(2) てが上限降伏値 τ_0 の場合： この場合のクリープ変形は τ の増加に対して non-damping の変形をなすと考えられるが、本実験では測定時間が短くて non-damping 状態のクリープ現象までは測定していないので、steady flow stage の範囲内のクリープも (1) 式の形になるものとして解析を行った。(1) の場合と同様にしててと γ の測定値を両対数目盛に τ をパラメーターとしてプロットしたものを図-3

に示す。この場合も α の値は τ と無関係である。 α と σ との関係は図-5に示すようになり、 $\alpha = 0.73 - 0.133(\sigma - 0.5)^{2.15}$ となる。また図-4より $A(t) = a + b \log_{10} t$ の関係が成立し、これより a 、 b を求めれば、 σ と a および b との関係は図-6となり、 $a = 0.6867 - 0.0133\sigma$ 、 $b = 0.008 + 0.0086(2.0 - \sigma)^{2.422}$ となる。従って

$$\gamma(t) = \{0.6867 - 0.0133\sigma + \{0.008 + 0.0086(2.0 - \sigma)^{2.422}\} \log_{10} t\} \times \frac{1}{\tau (0.73 - 0.133\sigma - 0.5)^{2.15}} \text{ (radian)} \text{ ----- (3) となる。}$$

これらの(2),(3)式を使って計算した値と実験値とを描いたのが図-7である。

5. 塑粘性係数

荷重制御試験による上限降伏値と破壊値とを描き、これにさらに上限降伏値以上のセン断荷重を示したのが図-8である。

ここで A.S. Stroganov²⁾ の塑粘性係数を拡張したものを μ として、つぎのように定める。

$$\mu = \frac{\tau - (0.027 + 0.222\sigma)}{S} \text{ ----- (4)}$$

ただし、 S はセン断ヒズミ速度である。これより求められた μ と σ の関係は図-10となり、 S と $\tau - (0.027 + 0.222\sigma)$ との関係を σ をパラメーターにして描くと図-9となる。これより S の線は σ の増大とともに勾配と値が小さくなり、 μ も σ の増加とともに増大することがわかった。

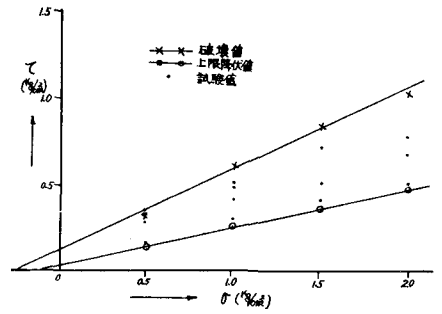


図-8

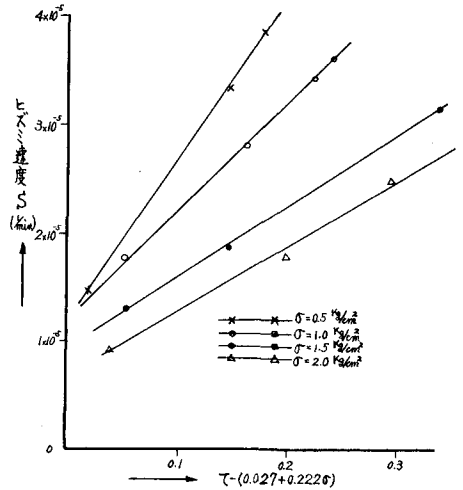


図-9

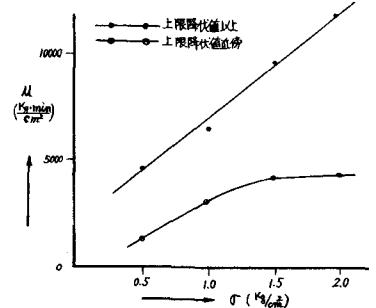


図-10

参考文献

- 1) S.S. Tialov; A.M. Skibitsky: Problems of the Rheology of Soils, Proceedings of 5th I.C.S.M.F.E. Vol.1
- 2) A.S. Stroganov; Visco-Plastic Flow of Soils, Proceedings of 5th I.C.S.M.F.E. Vol. II