

III-52 粘性土の三軸圧縮クリープ試験とその応力緩和の適用について

徳島大学工学部 正員 小田 英一
大阪府庁土木部 正員 木村 亨

三軸圧縮クリープ試験について Vyalov の理論に基づいて従来より研究してきたが、これより求められる実験公式と実験値と比較するときヒズミ時間曲線において実験公式によるものが勾配が大となる傾向があった。今回は応力制御試験において荷重の補正を行うとともに、A. Singh & J. K. Mitchell の理論に基づいて実験公式を求めた所クリープ曲線は実験値とよく一致した。そこで側液圧を数種類かえたときクリープ曲線より Vyalov の考えに基づいて応力緩和曲線を求めたことについて述べる。

1. 三軸圧縮クリープの理論:

τ_m : Octahedral shear stress

δ_m : Octahedral shear strain

$$\tau_m = \frac{\sqrt{2}}{3} (\sigma_1 - \sigma_3) \quad \dots (1)$$

三軸圧縮クリープ試験の非排水試験では

$$\delta_m = \frac{1}{\sqrt{2}} \varepsilon \quad \dots (2)$$

ただし ε : 鉛直方向ヒズミ, t : 時間(分), として A. Singh & J. K. Mitchell¹⁾ の理論に基づいて

$$\log_{10} \dot{\varepsilon}(t, \tau_m) = \log_{10} \dot{\varepsilon}(1, \tau_m) - m \log_{10} t \quad \dots (3)$$

$$\log_{10} \dot{\varepsilon}(t, \tau_m) = \log_{10} \dot{\varepsilon}(t, 0) + \alpha \tau_m \quad \dots (4)$$

ただし m, α は常数, $\dot{\varepsilon}(1, \tau_m)$: 単位時間における鉛直ヒズミ速度, $\dot{\varepsilon}(t, 0)$: $\tau_m = 0$ における t 時間のときの鉛直ヒズミ速度,

とする。(3)式, (4)式より

$$m \neq 1 \text{ のとき } \delta_m = \frac{1}{\sqrt{2}} \left\{ \dot{\varepsilon}(1, 0) \cdot 10^{\alpha \tau_m} \left(\frac{t}{1-m} \right) + C_1 \right\} \quad \dots (5)$$

$$m = 1 \text{ のとき } \delta_m = \frac{1}{\sqrt{2}} \left\{ 2.30 \dot{\varepsilon}(1, 0) \cdot 10^{\alpha \tau_m} \log_{10} t + C_2 \right\} \quad \dots (6)$$

ただし $\dot{\varepsilon}(1, 0)$: $t = 1$ 分のときの $\dot{\varepsilon}$ の値, C_1, C_2 は積分常数とする。(5), (6)式により三軸圧縮クリープの時間ヒズミ関係が求

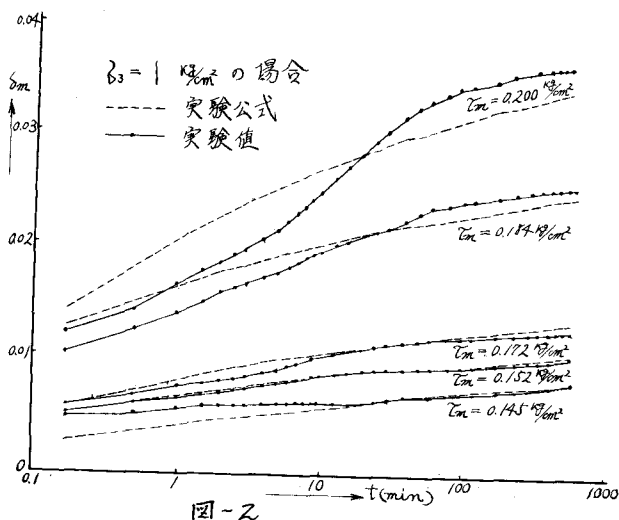


図-2

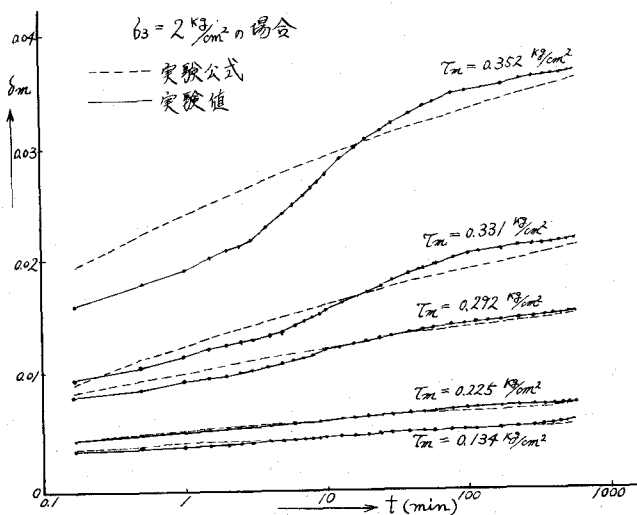


図-3

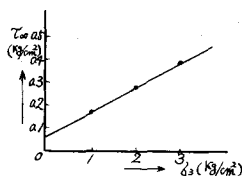


図-1

められることとなる。

2. 三軸圧縮クリープ試験と解析:

試験試料の土の物理的性質は $L.L.=48.5\%$, $PL=26\%$, 単位重 $\gamma_s=2683$, 粒度組成は砂分 4% , シルト分 48% , 粘土分 48% で粘土である。これを大型の箱につめ圧密して試験試料を作成したものの含水比は平均 35% , 飽和度は 100% であった。荷重制御法による上降伏値 σ_m を図-1 に示す。

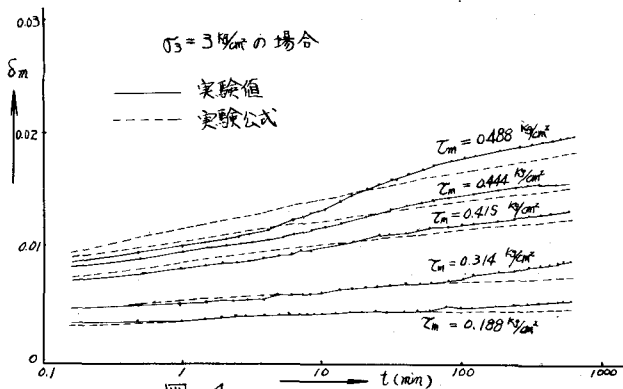


図-4

三軸圧縮クリープ試験は $\sigma_3=1, 2, 3 \text{ kg/cm}^2$ の三種類の場合につき行い、鉛直載荷重は土試料の断面積の変化に $\sigma_1=\text{const.}$ になるように荷重補正を行つた。そのクリープ試験結果を図-2より図-4迄に示す。 $\dot{\epsilon} \sim t$ の関係で τ_m を副変数として表わしたものを図-5より図-7迄に示す。これより $m \sim \sigma_3$ の関係を図-11に示す。また $\dot{\epsilon} \sim \tau_m$ の関係を α を副変数として図-8より図-10迄に示す。これより $\alpha \sim \sigma_3$ の関係を図-12に示し、 $\dot{\epsilon}(1.0) \sim \sigma_3$ の関係を図-13に示す。以上のことより本実験においては

$$m = 1.19 - 0.05 \sigma_3 \quad \dots (7), \quad \tau_m < \tau_{\infty} \text{ のとき } \alpha = 6.28 - 3.41 (\sigma_3 - 1)^{0.35}, \quad \tau_m > \tau_{\infty} \text{ のとき } \alpha = 14.70 - 8.54 (\sigma_3 - 1)^{0.42} \quad \dots (8)$$

となる。つぎに C_1, C_2 は ϵ_{20} の値よりきめる。図-14において $\tau_m < \tau_{\infty}$ では $\epsilon_{20} = P(\sigma_3) \cdot \tau_m$ の関係があり、 $P \sim \sigma_3$ の関係は図-15に示す。これより $\epsilon_{20} = 0.057 \sigma_3^{-0.55} \cdot \tau_m \quad \dots (9)$ となる。 $\tau_m > \tau_{\infty}$ のときは図-14において、それぞれの直線と横軸との交点 τ_{∞} として、 $\tau_m \sim \sigma_3$ の関係は図-16となり、図-14の $\tau_m > \tau_{\infty}$ のときの直線の勾配 $\beta \sim \sigma_3$ の関係は図-17となることより

$$\epsilon_{20} = \tau_{\infty} + \beta (\tau_m - \tau_{\infty}) = 0.145 \sigma_3^{0.70} - 0.29 (\tau_m - 0.145 \sigma_3^{0.70}) \quad \dots (10)$$

となる。ただし ϵ_{20} は $t=20 \text{分}$ のときの ϵ の値、とする。

(7)式より(10)式迄を(5)式(6)式に代入することより本実験における三軸圧縮クリープの実験公式がえられる。これに図-2, 図-3, 図-4の実線を示す。これによれば実験公式は実験値と比較的よく合っていることが判る。

3. 応力緩和の適用:

Tygalov²⁾の考えによれば、図-18に示すように直交三座標を σ, τ_m とし、ある σ_3 の値のときのクリープ曲線を描き、これによりできる曲面と $\sigma_m = \text{const.}$ の平面との交線が $\tau_m \sim t$ 曲線すなわち応力緩和曲線となる。このようにしてえられた応力緩和曲線を $\sigma_3 = 2 \text{ kg/cm}^2$ の場合につき図-19に示す。また村山、柴田³⁾の理論によれば $\tau_m = (\alpha - \beta \log_{10} t) \sigma_m \quad \dots (11)$

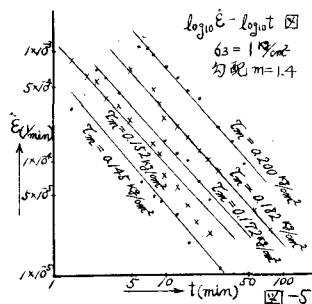


図-5

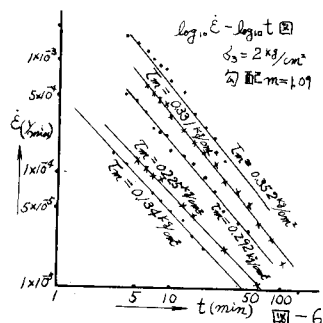


図-6

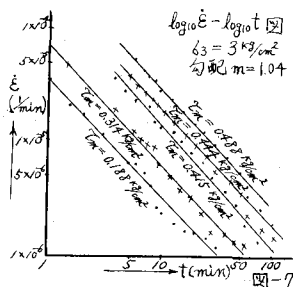


図-7

によつて応力緩和の式があらわされ

る。ここに α , β は定数である。これより各 σ_3 の値のときの α , β の値を求めたものを図-20に示す。この図で初期とは図-19に示す τ_m 曲線の初期において勾配が急な部分を初期緩和と称することとする。長期とは初期緩和につづく勾配のゆるい部分で長期緩和と称することとする。

δ_{m00} は τ_{00} に対応する δ_m の値である。

この図によれば初期、長期緩和ともに δ_m の値にかかわらず σ_3 が大となれば α の値は増加している。 δ_m が大となれば β の値が減少していることを示している。 β の値は σ_3 の値の変

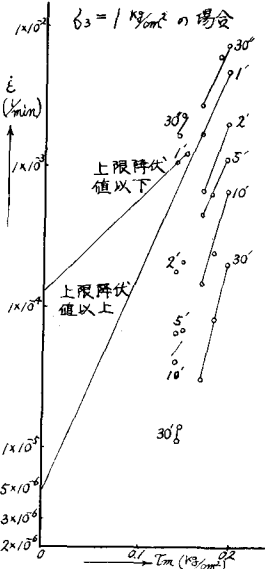


図-8

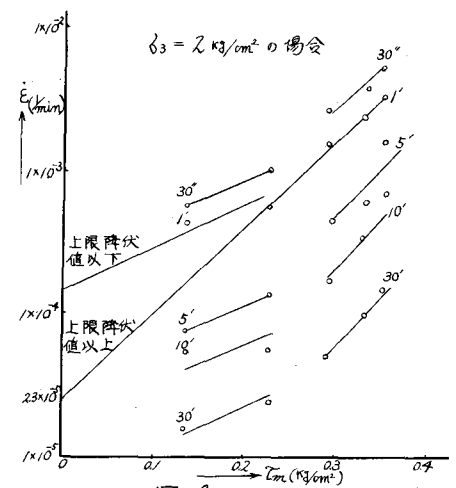


図-9

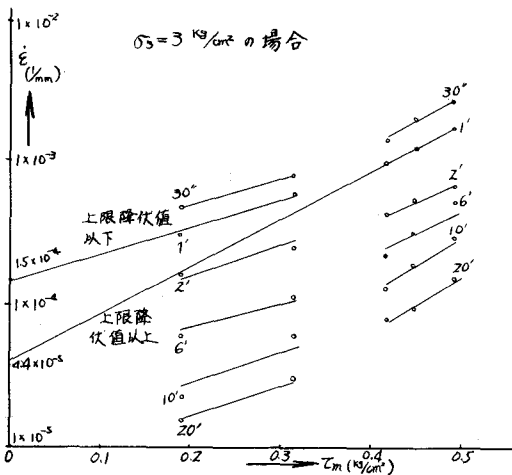


図-10

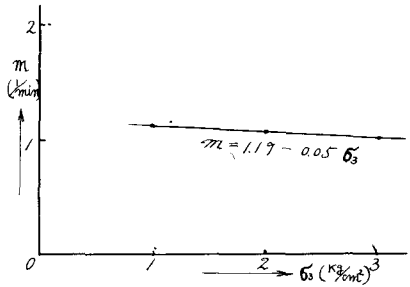


図-11

化に対し、あまり変化なくほぼ一定であるが、 δ_m が大となれば β の値は減少していることを示している。

- 1) A. Singh & J.K. Mitchell: Proceedings of A.S.C.E. SM1, January 1968
- 2) S.S. Dyalov: Proceedings of 6th I.C.S.M.F.E. Vol. II, 1965
- 3) 村山、柴田: I.U.T.A.M. SYMPOSIUM GRENOBLE, 1964

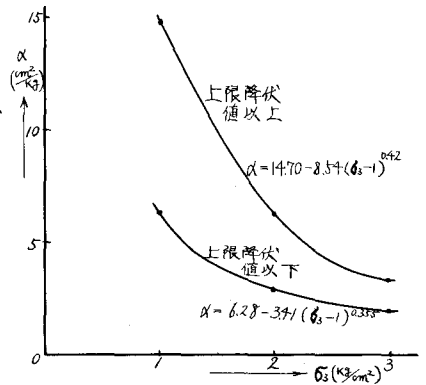


図-12

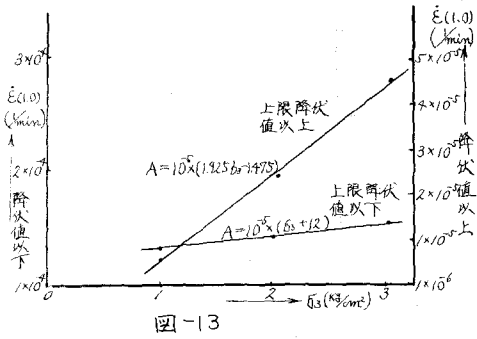


图-13

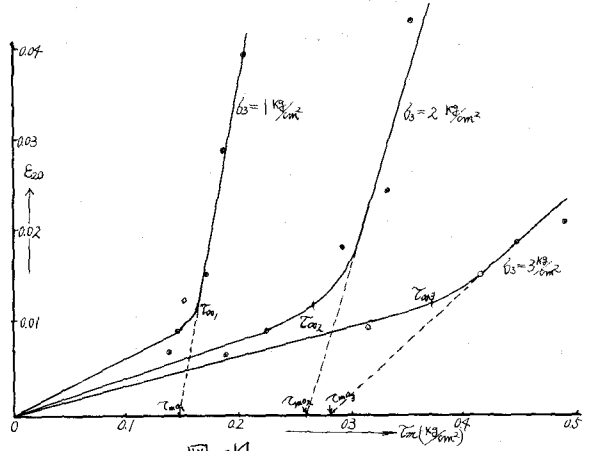


图-14

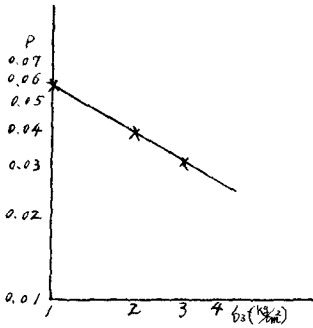


图-15

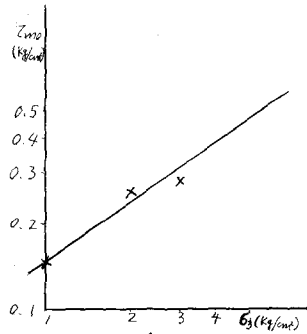


图-16

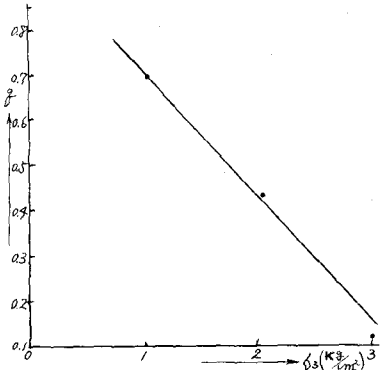


图-17

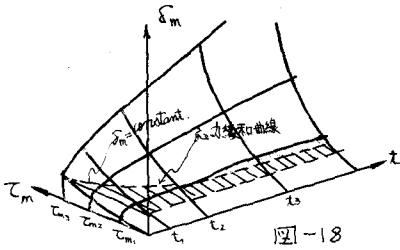


图-18

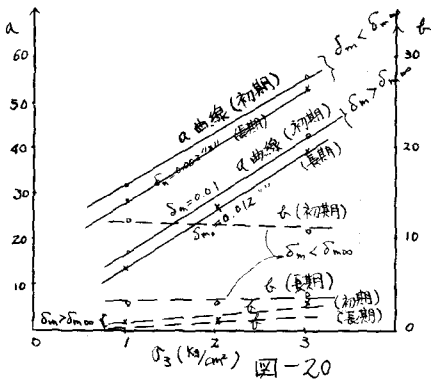


图-20

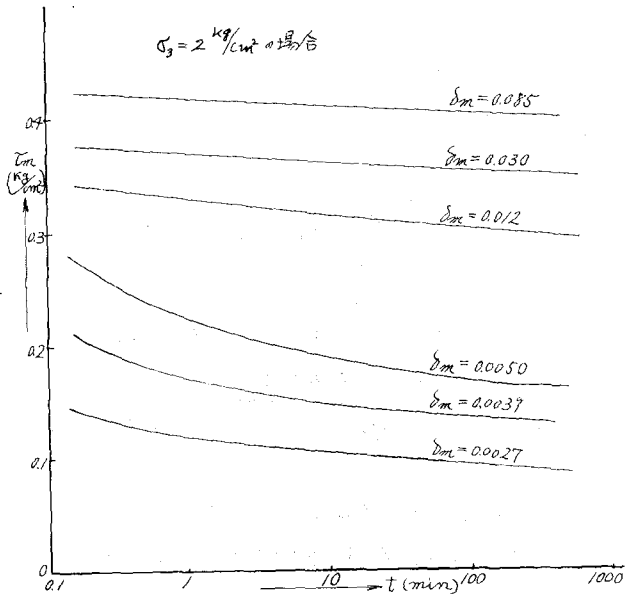


图-19