

粘土の1軸クリープ強度について

京大防災研究所 正員 栗原 則夫

1. はじめに

正規粘土の3軸非排水条件におけるクリープ破壊試験の結果から、履歴のない粘土のクリープ破壊現象についてのいくつかの定性的考察は、既に報告されているが^(1,2)、ここではそれに引き続いて、1軸クリープ試験によって、予めヒズミ履歴やクリープ履歴を受けた粘土のクリープ破壊現象を調べた。

2. 試料および試験方法

用いた試料は、 $PL=32.5\%$ 、 $LL=69.2\%$ 、 $\omega_L=70\%$ 、 $G_s=2.64$ の大阪粘土である。粘土は、 LL 以上の高含水比で練返し、直径25cmの大型圧密容器中で圧密圧力 3 kg/cm^2 で圧密し、膨潤させた後、クッキングオイルとパラフィンで包装し、半月以上恒温室中で養生してから、試験に供した。試験は、1軸圧縮クリープ試験で、クリープ中は軸方向ヒズミの増加とともに断面補正を行ない、2載荷荷重を増やし、クリープ応力 σ を一定に保った。供試体は、直径 3.58 cm 、高さ 8 cm の円柱形で、載荷キャップとインダスタルは、直径4cmのアクリル樹脂製のものを用いた。試験中は、供試体にゴムスリートを被覆して、供試体への水の出入がないようにした。

試験の種類は表-1に示す通りで、No.4~9は、クリープ破壊試験前に、適当なヒズミ(2,5,8,10%)をヒズミ制御式によって圧縮し除荷した後、約1日放置することによってヒズミ履歴を与えたものであり、No.10~12は、 $\sigma=1.05\text{ kg/cm}^2$ で定常クリープ開始前後および加速クリープ初期までクリープさせた後除荷して、約1日回復させることによってクリープ履歴を与えたものである。なお、ヒズミ制御式圧縮試験(ヒズミ速度 $=1\%/min$)による強度は、約 1.2 kg/cm^2 であった。

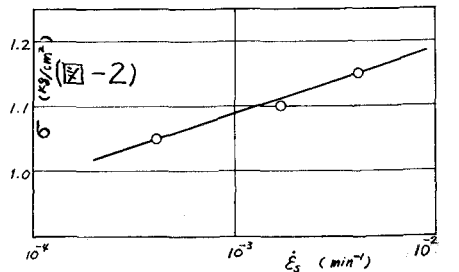
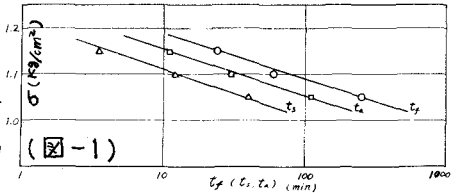
3. 試験結果および考察

3-1 履歴のない粘土: 履歴のない正規粘土につ

いては、 $\log t_f = a\sigma + b$ (1), $\log \dot{\epsilon}_s = a'\sigma + b'$ (2), $\dot{\epsilon}_s \cdot t_f = C$ (3) [ここに、 t_f = 載荷から破壊までの時間(min); $\dot{\epsilon}_s$ = 定常クリープ時のヒズミ速度(min^{-1}); σ = クリープ応力(kg/cm^2); a, a', b, b', C = 定数]が成り立つ^(1,2)。なお、 t_f の代りに t_s, t_a (それぞれ載荷から定常クリープ、加速クリープの開始までの時間)を代入しても(1),(2),(3)の関係は成り立つ(この場合、 a, a' は変らず、 b, b', C が変化する)。

ここでの試験結果は、図-1, 2, 3 に示す通りであって、(1),(2),(3)を満足していることが

	σ (kg/cm^2)	履 歴		σ (kg/cm^2)	履 歴
No.1	1.15	なし	No.7	1.05	ヒズミ制御 2%
No.2	1.10	"	No.8	"	" 5%
No.3	1.05	"	No.9	"	" 8%
No.4	1.10	ヒズミ制御 2%	No.10	"	定常クリープ開始前後までクリープ
No.5	"	" 5%	No.11	"	"
No.6	"	" 10%	No.12	"	加速クリープ初期までクリープ



わかる。図-3には、3軸クリープ試験の結果をプロットしてあり、よい一致を示している。

図-1, 2, 3 から、この場合、(1), (2), (3) は

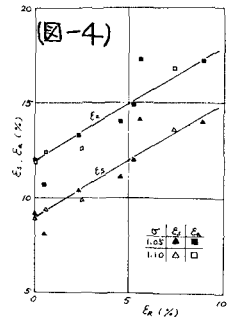
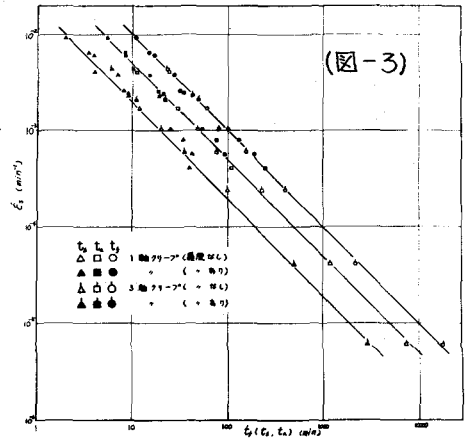
$$\log t_f = -10.5 + 12.9 \quad (1)', \quad \log \dot{\epsilon}_s = 10.5 - 13.9 \quad (2)'$$

$$\dot{\epsilon}_s \cdot t_f = 0.1 \quad (3)'$$

となる。

3-2 履歴のある粘土：クリープ破壊試験前に粘土が予め受けた履歴の度合を定量的に評価するため、1つの指標としてここではクリープ破壊試験直前の残留ヒズミ ϵ_R を用いる。

図-4に、 ϵ_R と定常クリープおよび加速クリープの開始点のヒズミ ϵ_s, ϵ_a の関係を示す。 ϵ_s, ϵ_a は ϵ_R が増加すると直線的に増加しており、しかもそれらの直線は互いに平行となっている。履歴の有無にかかわらず $\epsilon_a - \epsilon_s$ が一定であることがわかる。ところで、履歴のある粘土では、 $\sigma \sim t_f$ および $\sigma \sim \dot{\epsilon}_s$ の関係は、図-1, 2の直線関係からはずれる(図中ではプロットしていない)が、 $\dot{\epsilon}_s \sim t_f$ 関係は図-3に示すように、履歴のない粘土と同一の直線関係を示している。そこで、履歴が $\sigma \sim t_f$, $\sigma \sim \dot{\epsilon}_s$ 関係にどのような影響を与えるかをみるために、一定のクリープ応力 σ に対し、図-1, 2の直線関係、すなわち (1)', (2)' で与えられる $t_f, \dot{\epsilon}_s$ を $t_f^*, \dot{\epsilon}_s^*$ で表わし、これと $t_f, \dot{\epsilon}_s$ の測定値との比 $t_f/t_f^*, \dot{\epsilon}_s/\dot{\epsilon}_s^*$ と ϵ_R の関



係を求めると、図-5のようになる。プロットにはかたりのバラツキがあるが、平均的に図中の直線のような関係がある。これらの直線は、それぞれ

$$\log t_f/t_f^* = \alpha \epsilon_R \quad (4), \quad \log \dot{\epsilon}_s/\dot{\epsilon}_s^* = \alpha' \epsilon_R \quad (5)$$

のように表わされ、この場合、図から $-\alpha = \alpha' (\approx 6.5)$ である。したがって、(4), (5) から

$$\log t_f/t_f^* + \log \dot{\epsilon}_s/\dot{\epsilon}_s^* = 0 \quad \therefore \dot{\epsilon}_s \cdot t_f = \dot{\epsilon}_s^* \cdot t_f^* \quad \text{となり、履歴のある場合、(1)', (2)' の関係を満足しないにもかかわらず、} \dot{\epsilon}_s \sim t_f \text{ 関係は、履歴のない場合と同一の直線にあることが説明される。なお、} \sigma \sim t_s \text{ (or } \dot{\epsilon}_a) \sim \dot{\epsilon}_s \sim \epsilon_R \text{ 関係についても同様のことがいえる。}$$

このようなクリープ破壊試験では、とくにヒズミの大きいところで断面変化は明らかに様でなく、実際にはクリープ中にクリープ応力が一定にならないうことが、1たび測定される量も定性的なものではないことなど大きな問題点がある。なお詳しい考察は講演時に述べる。

(参考文献) 1) 村山・栗原・関口 "粘土のクリープ破壊について" 関西交部年次学術講演会 (昭44・5), 2) 村山・栗原・関口 "粘土のクリープ破壊について" 京大防災研究所年報 第13号B (昭45・3)

