

京都大学工学部 正員 足立 紀 尚

京都大学工学部 学生員 ○田 中 利 雄

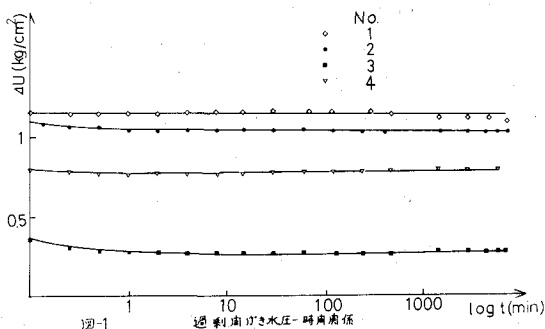
1 はじめに. 現在まで, クリープ, 応力緩和などひずみ速度効果(時間依存性)を示す土質材料の構成方程式を確立すべく研究を行ってきたが, そのための一連の実験の一つとして, 応力緩和試験を行ってきた。粘土の動的降伏曲面を考察するにあたっては, まずその平衡状態における静的降伏曲面を決定する必要があるが

その平衡状態を追求するには応力緩和試験が最適であると考え, そこでこの目的をもて, 応力緩和のより詳細にわたる挙動を調べ, 動的降伏曲面との相関について一つの考察を行ってみた。

2 実験試料, 装置, および方法 試料は乾燥深草粘土を十分繰返した後, 大型圧密容器で圧密したものをを用いた。その物理的性質は比重2.68, L.L.=53.8%, P.L.=27.1%, I.P.=26.7であった。装置は3軸セルにパルスモーターによるせん断機構を備えつけたものをを用いた。軸圧はロードセルで, 軸変位はL.V.D.T.で, 間げき圧は小型半導体圧力変換器で測定した。実験方法は $\sigma'_c = 2 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma'_s = 1 \text{ kg/cm}^2$ で48時間圧密を行った後, パルスモーターで所定の軸差応力までせん断を行い, その後応力緩和を行った。せん断のひずみ速度, 与えた軸差応力に關しては表1にまとめておく。

No.	E (%)	$\dot{\epsilon}$ (%/min)	$(\sigma'_1 - \sigma'_3)_{t=0}$ (kg/cm ²)
1	2.08	0.10	1.51
2	0.995	9.95	1.61
3	0.422	12.2	0.75
4	0.831	16.6	1.50

表-1

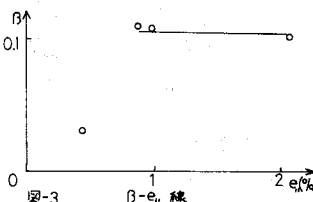
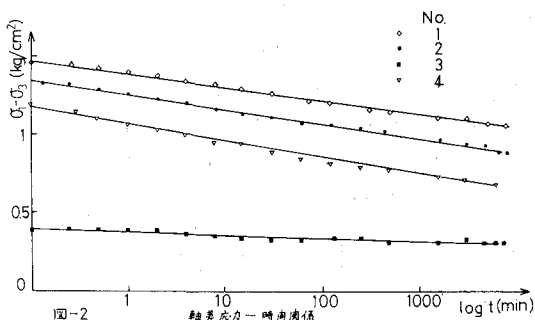


3 結果ならびに考察 図-1は過剰間げき水圧-時間関係を求めたものである。せん断時のひずみ速度が速い場合には, 過剰間げき水圧の発生の遅れを生じるが, それが解消した後の過剰間げき水圧は一定値を保っている。すなわち, L₀のいうせん断変形にともなう軸ひずみと発生間げき水圧が一義的関係をなすことがここに認められる。

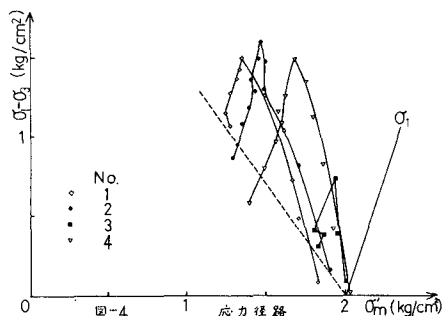
図-2は軸差応力-時間関係を求めたものである。 $(\sigma'_1 - \sigma'_3)_{t=0} = 0.75 \text{ kg/cm}^2$ の場合を除いて, 応力緩和曲線は平行直線群をなし, 村山, 関口, 上田の応力緩和実験式(1)を満足していることが認められる。

$$(\sigma'_1 - \sigma'_3)(t) = (\sigma'_1 - \sigma'_3)(t_1) - \beta \log(t/t_1) \quad (1)$$

ここに $(\sigma'_1 - \sigma'_3)(t)$ は時間 t における軸差応力, $(\sigma'_1 - \sigma'_3)(t_1)$ は基準時間 t_1 における軸差応力, β は応力緩和速度を表わす。また応力緩和速度-軸方向偏差ひずみ関係を図-3に示しておく。図-2で時間 t が5000'以上の場合について検討してみると, 軸差応力の変化がほとんど無くなり, 平衡状態に



近づいてきていることが推察される。これらが真に平衡状態になっているかについては、このデータではまだ十分ではなくより長時間の実験を行なわなければならない。しかしながら図4に示した応力経路が、周囲に破線で示した平衡状態ラインに近づいている（一部は平衡状態ラインを越えている）ことから、ほぼ平衡状態になっていることがうかがえる。この平衡状態ラインは同一試料の振動クリープ実験（振幅0.4% σ_m , 19% $\dot{\epsilon}$ /sec）により、求めたものである。図4より応力緩和時の応力経路は最大主応力軸とほぼ平行に変化しているのがわかる。



4 動的降伏曲面に対する考察 足立、安藤は構成方程式として、

$$\dot{\epsilon}_{ij} = \dot{\gamma}_{ij}/2G(e) + R/(1+e) \dot{\sigma}_m \delta_{ij} + r \langle \sigma(F) \rangle \{ (M - \sqrt{2}J_2)/(\dot{\sigma}_m + R \dot{\sigma}_m) \} \delta_{ij}/3 + S_{ij}/\sqrt{2}J_2 \} \quad (2)$$

を提唱している。

(2)より3軸非排水試験では、

$$\dot{\epsilon}_1 = \frac{2}{3} (\dot{\epsilon}_1 - \dot{\epsilon}_3) = \frac{1}{3G} (\dot{\sigma}_1 - \dot{\sigma}_3) + r \langle \sigma(F) \rangle = 0 \quad (3)$$

応力緩和試験では

$$(\epsilon_1 - \epsilon_3)^e(t) + (\epsilon_1 - \epsilon_3)^{vp}(t) = (\epsilon_1 - \epsilon_3)(t) = \text{Const.} \quad (4)$$

となる。また、

$$(\epsilon_1 - \epsilon_3)^e(t) = \frac{1}{2G} (\sigma_1 - \sigma_3)(t) \quad (5)$$

であるから、(1), (5)を(4)に代入すると、

$$\frac{1}{2G} \{ (\sigma_1 - \sigma_3)(t) - \beta \log(t/t_1) \} + (\epsilon_1 - \epsilon_3)^{vp}(t) = (\epsilon_1 - \epsilon_3)(t) \quad (6)$$

この(6)式より、 $(\epsilon_1 - \epsilon_3)^{vp}(t)$ 、すなわち、応力緩和時の時間 t における非弾性ひずみが一時間関係を図5に示す。

さらに(1)から、

$$(\dot{\sigma}_1 - \dot{\sigma}_3)(t) = -2.3 \beta / t \quad (7)$$

(3), (7)より

$$\langle \sigma(F) \rangle = 2.3 \beta / 3G r t = c/t, \quad \text{ここに } c = 2.3 \beta / 3G r \quad (8)$$

(1)より $F = F(-\ln t)$ であるから、結局(8)は

$\langle \sigma(-\ln t) \rangle = c/t$ と表わせ、超過応力関数 $\langle \sigma(F) \rangle$ は $2 \times P$ 関数で与えられることがわかる。

参考文献

- *1 村山, 奥口, 上田 粘土の応力緩和特性について 昭和47年度奥西支部年次学術講演概要
- *2 足立, 安藤 土質材料の動的降伏曲面について 第8回土質工学会研究発表会講演集, 1973 P.335 ~ P.338