

摂南大学 工学部 正員 村山 朔郎
 摂南大学 工学部 正員 道広 一利
 川崎地質(株) 正員 坂上 敏彦

1. まえがき

地盤の変形を正確に予測するためには、土の応力～ひずみ、および時間の関係を明確にする必要がある。そこで今回は、試験材料として、変形中の間げき水圧の変化が小さい砂試料を用いて、種々の応力条件下での、排水クリープ試験を行ない、土粒子骨格の変形の時間依存性について述べる。

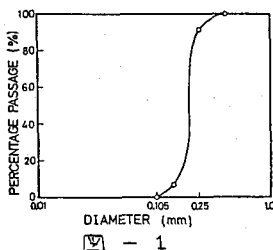
2. 試料および実験方法

試料は、豊浦標準砂の0.074 mm以下、0.297 mm以上を取り除いたものを使用した。その砂の粒度分布および、諸物性は、図-1、表-1に示す。供試体は、水で満たしたモールド内に、一定高さより砂を落下させ、飽和状態のまま凍結し、高さ12 cmに切断した後、三軸セル内で解凍させた。このような凍結法による供試体作成は、供試体自体に、凍結・解凍に伴う応力履歴の影響が生じる。その詳細は、現在のところ不明な点が多い。そこで、ここでは、凍結・解凍に伴う応力履歴を、 $e \sim \log \sigma_m$ 曲線を用いて先行圧密応力として推定し、それより十分に大きいと判断される平均主応力 σ_m (今回の場合0.9 kgf/cm²以上)で、残留体積ひずみが、ほぼ消失するまで、くり返し圧縮を行なったものをクリープ試験の試料とした。これにより、凍結・解凍による応力履歴の影響を取りのぞくとともに、一定の弾性限界値を持つ供試体を作成した。

クリープ試験は、三軸圧縮試験機を用い排水条件で行ない、種々の偏差応力 σ_d を20～30分間載荷し、クリープ中における平均主応力 σ_m が一定を保つように、断面補正を行ない、側圧を調節した。また、試験結果は、体積ひずみ ϵ_v および軸ひずみ ϵ_1 より算出したせん断ひずみ $\gamma (= \frac{3}{2}(\epsilon_1 - \epsilon_v/3))$ を用いて整理した。

3. 実験結果とその考察

3-1 応力～ひずみ関係 くり返し締固めに用いた一定平均主応力 σ_m (たとえば1.5 kgf/cm²)下で、種々の偏差応力 σ_d を載荷した場合の $\gamma \sim \log t$ 関係(は経過時間)を図-2 a, bに示す。また、他の大きさの一定 σ_m 下で行なった $\gamma \sim \log t$ 関係も同様な傾向であった。種々の一定 σ_m で求めた $\gamma \sim \log t$ 関係より、 $t=1, 20 \text{ min.}$ における応力～ひずみ関係を、応力比(σ_d/σ_m)を用いて整理すると、それぞれ、図-3, 4となり、それぞれの曲



G_s	D_{10}	C_u
2.635	0.14	1.47

表-1

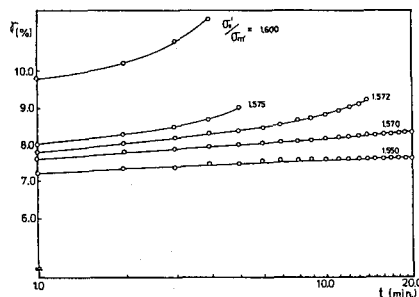


図-2. a

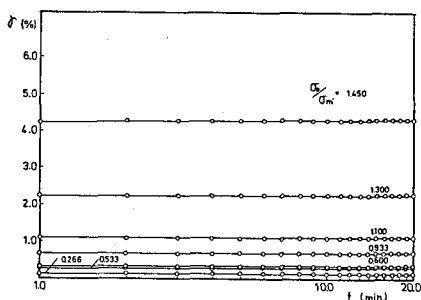


図-2. b

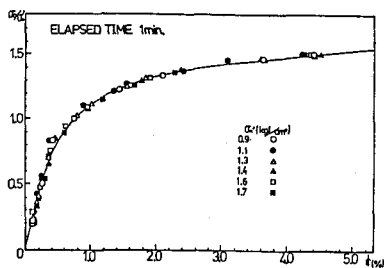


図-3

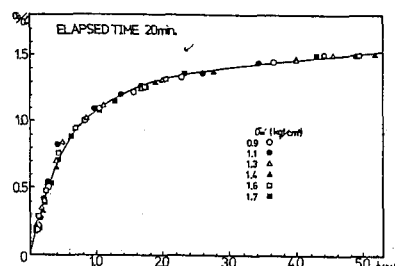


図-4

線は、 σ_m にかかわらず、ほぼ一本の曲線で表わされる。また図-3.4の直線部分を明確にするために、 $\gamma \sim \sigma_m$ 関係を対数紙上にプロットすると図-5.6となり、第一折点として、近似的ではあるが、弾性限界値(粘弾性限界値): $(\sigma_m)_{el} = 0.8$ が得られ、平均主応力 σ_m の等値くり返し履歴によって、その砂に生じる弾性限界応力 (σ_{el}) は、 σ_m と一定の割合 (σ_m の約 80%) を示すといふことができる。

3-2 各種限界値 図-5, 6より $\sigma_m \sim d\epsilon/d\log t$ に整理すると、図-7, 8となる。図から $\sigma_m \sim d\epsilon/d\log t$ 関係は、第一折点まで直線性を示し、以後指数的に増大している。この第一折点は、粘弾性限界値に相当し、その値は、 $\sigma_m = 0.8$ で図-5.6の折点と一致している。また、流動曲線 $\sigma_m \sim d\epsilon/d\log t$ 関係(図省略)からは、従来より粘性土に見られる下限降伏値は、砂の場合存在しないことが認められる。図-3.4の応力比 $\sim$ ひずみ関係の粘弾性限界値以上の解析については、村山の誘導した砂の塑性状態の構成式で整理する。 $(\epsilon - \epsilon_{el})/\gamma_p = A - K \epsilon$ (1)ここに、A, K: Constant.

$$\epsilon = \sigma_p / \sigma_m', \quad \epsilon_{el} = (\sigma_m)_{el}, \quad \gamma_p = \gamma - \gamma_{el}$$

図-3から $(\epsilon, \epsilon_{el}, \gamma_p)$ を求め、(1)式の左辺を縦軸に、応力比を横軸にとると図-9となり、負の傾きを持つ直線を示し、式(1)と同様な関係で表現される。また、ここでクリープ破壊を生じた γ -sを含めて(たとえば $\sigma_m = 1.5 \text{ kgf/cm}^2$ の場合)

$(\epsilon - \epsilon_{el})/\gamma_p \sim \epsilon$ 関係を図-10に示すと、丸の違ひにかかわらず、図-9と同様な負の傾きを持つ直線で示されるが、この場合、 $\sigma_m = 1.55$ 付近で急に勾配がきつくなる。この折点は、粘弾塑性域の上限に相当しているのので、破壊限界値と考えて差し支えない。また、図-2、からわかるように、 $\sigma_m = 1.55$ 以上のクリープ曲線は、いずれも凹の曲線を示すとともにクリープ破壊を生じており、 $\sigma_m = 1.55$ が破壊限界値であることがわかる。このように従来からいわれる下限降伏値は、粘弾性限界値を意味し、クリープ破壊の限界とはいえない。

4. あとがき

砂のクリープ特性は、粘弾性、粘弾塑性、破壊の3領域に分類することができ、それぞれの限界値は、応力比 σ_m で表わせば、3-2で述べたように、一定の値を示し、それらは、このようなクリープ試験によって観測することができる。なお、本実験に多大の協力を得た昭和56年度 摂南大学卒業生 早川清、中世古敦司、菅野泰功君に、謝意を表する。

参考文献 1) S. MURAYAMA: IX ICSMFE Constitutive Equation of Soils pp. 183 ~ 199.

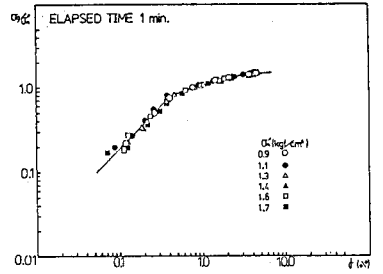


図 - 5

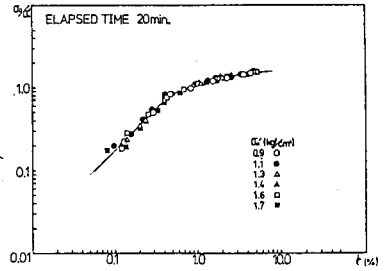


図 - 6

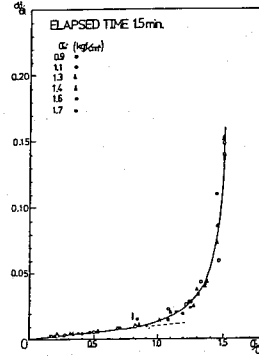


図 - 7

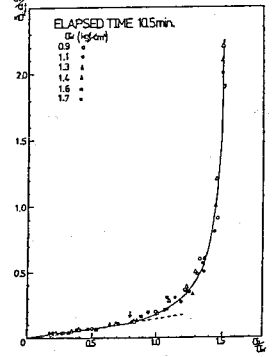


図 - 8

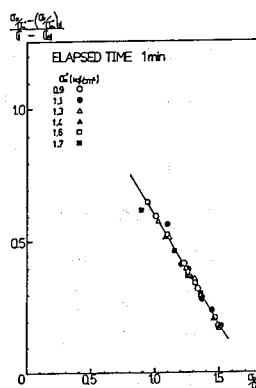


図 - 9

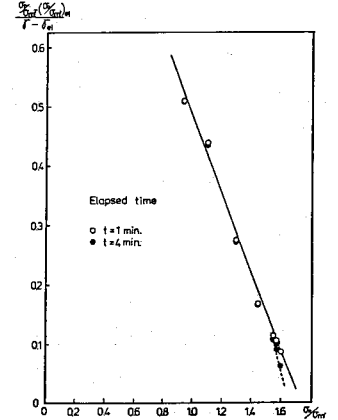


図 - 10