

一定の締固めをした砂のクリープ試験

摂南大学工学部
摂南大学工学部
川崎地質(株)

正員 村山朔郎
正員 道広一利
正員 ○坂上敏彦

1. まえがき

土の応力～ひずみ関係が時間依存性を示すのは、周知の事実であるが、粘性土のクリープ試験では、変形に伴う間隙水圧の変化があるので、ここでは、変形中の間隙水圧の変化がほとんどない砂試料を用いて、排水三軸クリープ試験を行なった。なお、砂試料の状態を一定にするため、試料は平均有効主応力 $\sigma'_m = 0.2 \sim 1.5 \text{ kgf/cm}^2$ の等方くり返し圧縮を行なって、試料砂の弾性限界値を一定にしたものを用いた。

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 以上を除いたものを用いた。図-1は、その粒度分布、表-1は、その物性である。供試体は、水で満したモールド内に、砂を一定高さより落下させ、飽和状態のまま凍結し、高さ約 12 cm に切断した後、三軸セル内で解凍させた。供試体に及ぼす、凍結、解凍による応力履歴の影響を除き、かつ供試体の弾性限界値を一定にするため、クリープ試験前に、凍結圧力以上の平均有効主応力 $\sigma'_m = 1.5 \text{ kgf/cm}^2$ の等方くり返し圧縮を、残留体積ひずみがほぼ消失するまで行なった。排水クリープ試験には、種々の偏差応力 σ'_0 を20分間載荷するが、クリープ中は、断面補正を行ない、常に平均有効主応力 $\sigma'_m = 1.5 \text{ kgf/cm}^2$ になるように側圧を調節した。クリープ試験では、体積ひずみ ϵ_v 、軸ひずみ ϵ_1 を測定し、それより、せん断ひずみ γ を算出した。

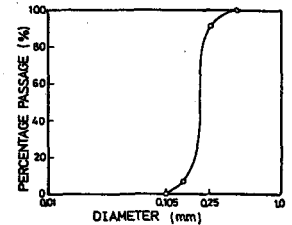


図-1

G_s	D_m	C_u
2.635	0.14	1.47

表-1

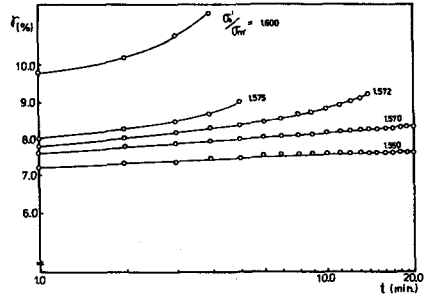


図-2・a

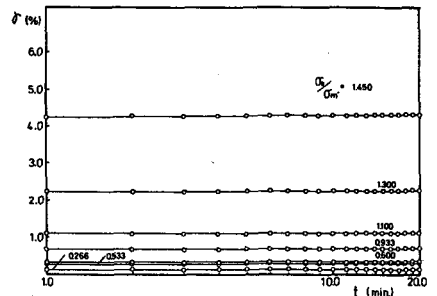


図-2・b

3. 実験結果およびその考察

3-1 応力～ひずみ関係 種々の偏差応力 σ'_0 を載荷した $\gamma \sim \log t$ (t は、経過時間) 関係は、図-2 a, b になる。図-2 より、 t をパラメータに取り、 $\sigma'_0/\sigma'_m \sim \gamma$ 関係に整理すると、図-3 のように、 σ'_0 の小さい所では、直線となる。また、図-3 の直線部分を明白にするために図-4 のように、両

MURAYAMA, Sakuro. MICHIIRO, Kazutoshi. SAKAGAMI, Toshihiko.

対数に取ると、 σ_1 折点³⁾が明確に表われ、その値はこの砂の粘弾性限界値に相当し、応力比で 0.80 ($\approx \sigma_0/\sigma_m$) であることがわかる。

3-2 各種限界値 図-2より、 $\sigma_0/\sigma_m \sim d\epsilon/d\log t$ 関係に整理すると、図-5になる。図-5の関係は、 σ_1 折点まで直線性を示し、以後指数的に増大している。この σ_1 折点は、粘弾性限界に相当し、その値は、 $\sigma_0/\sigma_m \approx 0.80$ で、図-4の折点の値と一致している。また、流動曲線 $\sigma_0/\sigma_m \sim d\epsilon/dt$ 関係 (図省略) からは、従来から粘性土に見られる下限降伏値が、砂の場合存在しないことが認められる。図-3の応力 $\sim$ ひずみ関係の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²⁾で整理する。

$$(\epsilon - \epsilon_{el})/\gamma_p = A - K \cdot Z \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 A, K : Constant, $Z = \sigma_0/\sigma_m$, $\epsilon_{el} = (\sigma_0/\sigma_m) \epsilon$, $\gamma_p = \epsilon - \epsilon_{el}$.

図-2から ($\epsilon, \epsilon_{el}, \gamma_p$) を求めると、図-6になる。図-6は、 ϵ をパラメータにした関係を示しており、 ϵ の値にかかわらず、負の傾きを持つ直線で示される。この直線は、 $\sigma_0/\sigma_m \approx 1.55$ 付近で急に下降する。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、 $\sigma_0/\sigma_m = 1.55$ 以上のクリープ曲線は、図-2にみられるように、いずれもクリープ破壊を生じており、 $\sigma_0/\sigma_m = 1.55$ が破壊限界値であることがわかる。

このように、従来から言われる上限降伏値は、粘弾性限界値を意味し、クリープ破壊の限界ではない。

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、それぞれの領域の限界値は、3-2 から求められる。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.

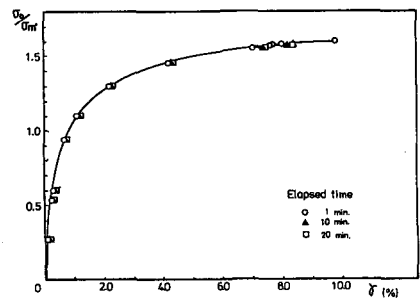


図-3

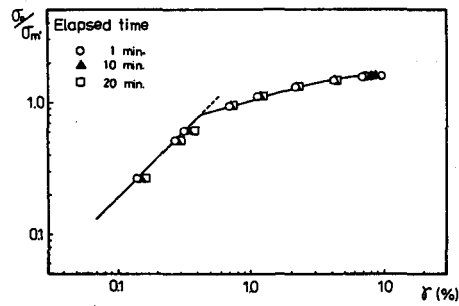


図-4

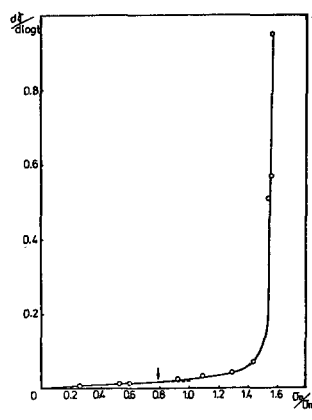


図-5

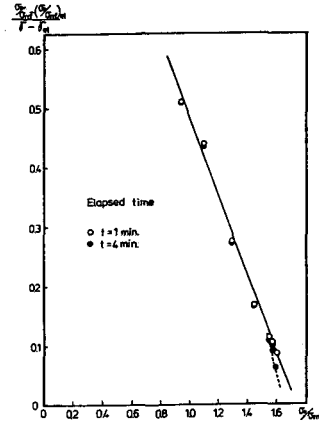


図-6