

砂のクリープ特性について

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
 大阪工業大学大学院 学生員 ○坂上敏彦

1. まえがき 粘性土のクリープ特性に関する研究は、数多く行なわれているが、砂のクリープ特性の研究は、ほとんど行なわれておらず、今後砂の構成式に、変形の時間依存性を導入する場合にも、その解明が必要である。そこで今回、乾燥砂および飽和砂を用いた砂のクリープ試験を行ない、砂のクリープ特性および砂の弾性状態と上限降伏値の関係について研究した。

2. 試料・実験装置 実験に用いた砂試料は、豊浦標準砂A(比重2.66)および、淀川太間付近で採取した砂B(比重2.65)を用いた。(粒度分布は、図-1) 実験装置は、三軸圧縮試験機および、N.G.I.型の単結せん断試験機を用いた。三軸試験の供試体は、ルーズな状態に作成した飽和豊浦標準砂Aを、 -17°C の冷凍庫内で凍結させた後に、直径5.0cm、高さ約12cmに成形し、初期圧密圧力 0.2 kgf/cm^2 のもとで融解させたものである。単結せん断試験の供試体は、乾燥状態の太間砂Bを、除々に容器内に落下させ、ルーズな状態になるように作成したもので、供試体寸法は、直径8.0cm、高さ約1.6cmの円柱形である。

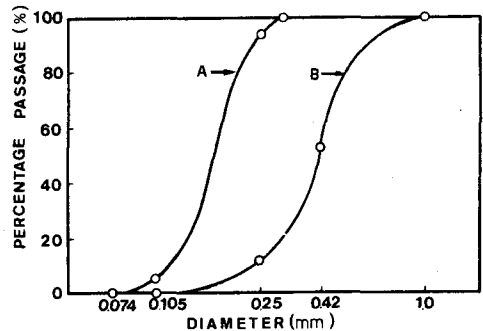
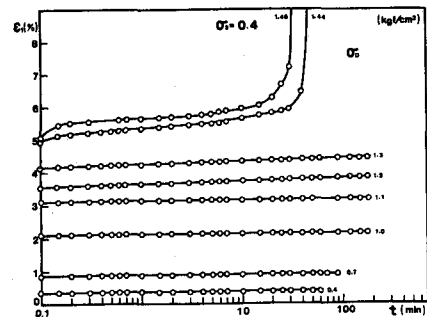


図-1 粒度加積曲線

3. ひずみ-時間関係 排水三軸圧縮試験で側圧 $\sigma_3 = 0.4\text{ kgf/cm}^2$ を一定にし、軸圧 σ_1 を変えたときの、軸ひずみ ε_1 -経過時間の対数 $\log t$ 関係を求めた。(図-2) 図より、ある偏差応力まで ε_1 - $\log t$ 関係は、直線性を示し、その勾配は偏差応力 $\sigma_0 (= \sigma_1 - \sigma_3)$ の増加に伴って大きくなっている。また、作用偏差応力が、ある限界値を過えると、上ちに凹の曲線となり、クリープ破壊の状態に到っている。このように、砂の ε_1 - $\log t$ 関係は粘性土と同様な挙動を示すことから、2つの降伏値(下限降伏値、上限降伏値)の存在が予想される。

図-2 ε_1 - $\log t$ 関係

4. 流動特性 図-2のデータを、ひずみ速度 $d\varepsilon_1/dt$ -偏差応力 σ_0 関係に整理すると、図-3の流動特性が得られる。この図から、 $d\varepsilon_1/dt$ は σ_0 とともに直線的に増加する領域

と、指数的に増加する領域とに分類され、両領域の境(B点, $\sigma_0 = 0.55 \text{ kgf/cm}^2$)は、上限降伏値と考えられる。また、直線部分の横軸との交点(A点, $\sigma_0 = 0.13 \text{ kgf/cm}^2$)は、この値以下の偏差応力では、クリープ挙動を示さない、いわゆる下限降伏値と考えられる。

5. 上限降伏値 図-3に用いたものと同様な初期状態にある砂供試体を、三軸圧縮試験機で $\sigma_3 = 0.4 \text{ kgf/cm}^2$ のもので、1Stepを $\sigma_0 = 0.125 \text{ kgf/cm}^2$, 30分載荷として、破壊に至るまで σ_0 をくり返し増加させた結果を $\varepsilon_1 - \log t$ 関係に整理したものが図-4であり、11Stepで“クリープ破壊”を生じている。次に、 σ_0 と各Stepごとの最終ひずみ ε_1 を面対数で描くと図-5になり、第1折点から上限降伏値は、 $\sigma_0 = 0.55 \text{ kgf/cm}^2$ と推定され、先の流動曲線より求めた値に一致し、砂の上限降伏値を推定するうえでも、Step 荷重方式が有効な方法であることがわかる。

6. 砂の弾性限界値と上限降伏値 単純せん断試験機を用いて、垂直応力 $\sigma = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ 一定のもとで、一定片振幅くり返しせん断を行ない、弾性限界値 $S_d (= \gamma_0)$ を持つ弾性状態の砂を作成し、この試料に対しStep 荷重方式のクリープ試験を行なった。この場合、砂の弾性降伏値は与えたせん断応力振幅に一致する。図-6は、この一例で $S_d = 0.5$ の弾性限界値を持つ砂の $\log \sigma_0 - \log \gamma$ 関係を示している。図の直線の折点は0.5となり弾性限界値と一致していることがわかる。このことから、砂の上限降伏値は、砂の弾性限界値に一致し、砂のクリープ特性を述べる場合にも、砂の弾性状態の概念が有効であることがわかる。

7. まとめ (1)弾性状態にある砂のクリープひずみは、経過時間の対数に対して直線性を示し、直線の傾きは、偏差応力に比例して大きくなる。(2)砂のクリープ特性は、粘性土と同様に下限降伏値、上限降伏値により、3つに分類される。(3)砂の下限降伏値および上限降伏値は、新鮮試料を用いた流動曲線上に明確に表われ、従来から粘性土の上限降伏値の推定に用いられるStep荷重方式のクリープ試験は、砂においても有効な手法である。(4)砂の弾性限界値は、上限降伏値と同一値である。

参考文献 1) MURAYAMA, S.: I-X ICSMFE Constitutive Equation of Soils PP. 183~199

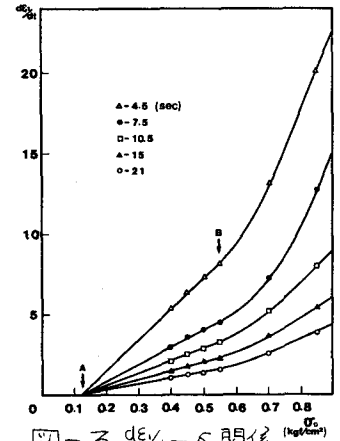


図-3 $d\varepsilon/dt - \sigma_0$ 関係

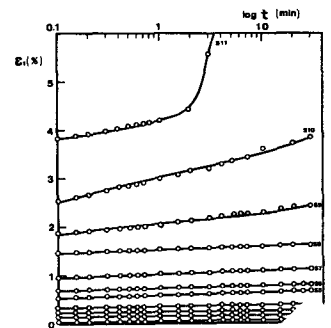


図-4 $\varepsilon_1 - \log t$ 関係

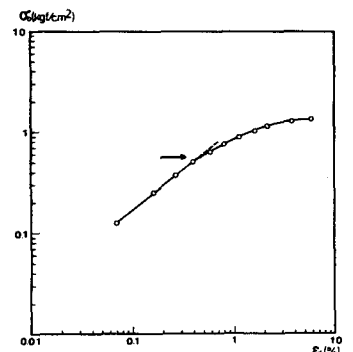


図-5 $\log \sigma_0 - \log \varepsilon_1$ 関係

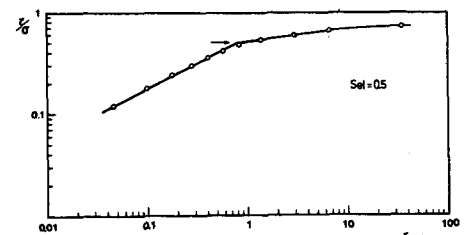


図-6 $\log \gamma_0 - \log \gamma$ 関係