

京都大学防災研究所 正員 村山朔郎

京都大学防災研究所 正員 〇八本則男

われわれは以前より砂の変形特性について研究し、その中砂の弾性についてはすでに述べた。今回は砂の変形のうち特に時間に支配されるものすなわちクリープについて報告する。

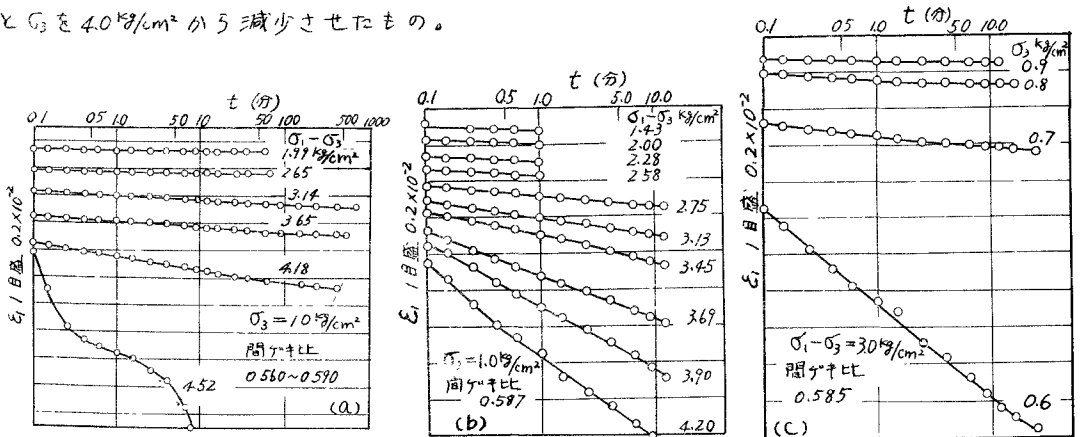
材料の変形には瞬時に変形が起る弾性的変形と変形速度を有する粘性的変形とがある。砂も粘土と同様に変形特性はみかけ上、この両方の性質をもつ。粘土のクリープ特性についてはこれまで数多く発表がなされているが、砂のクリープについてはそのデータは2,3を数えるのみで極めて少ない。(例えば Brinch Hansen) また砂のクリープに関する理論的考察もなく、その原因についてもまだ解明されていない現状である。ここでは砂のクリープを明らかにするため行なった2,3の実験結果について報告する。

砂にかかる応力は垂直応力 $\sigma_m = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3$ とせん断応力 $\tau = \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}/3$ に分けることができる。砂を等方的に圧縮すると透水性が大のため瞬間的に変形は停止するから時間的な支配を受けた変形は σ_m によるものではなく、 τ すなわち主応力差によるものと考えてよい。しかし主応力差 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ が一定であってもクリープの有無は σ_m にその速度は σ_m によって支配されると考えられる。なお三軸試験では $\sigma_2 = \sigma_3$ であるから $\sigma_m = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3 = (\sigma_1 - \sigma_3)/3 + \sigma_3$ 、すなわち、クリープ性状はまた σ_3 、 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ によって変化すると思われる。

試料, 試験方法

用いた試料は豊浦の標準砂であり、供試体は高さ 8.5cm, 直径 3.6cm, のものを用いて三軸試験機により行なった。

行なった試験の種類は(i) 側圧 σ_3 = 一定で、一つの主応力差 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ に対して一つの新鮮供試体を用いたもの。 $\sigma_3 = 1.0, 2.0, 3.0 \text{ kg/cm}^2$ の3種。(ii) σ_3 = 一定であるが $(\sigma_1 - \sigma_3)$ をより加的に加えたもので一段階12分としたもの。 $\sigma_3 = 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 \text{ kg/cm}^2$ の5種。(iii) $(\sigma_1 - \sigma_3)$ = 一定 $= 30 \text{ kg/cm}^2$ と σ_3 を 4.0 kg/cm^2 から減少させたもの。



14-1

試験結果

(1) クリープ曲線

実験より得られたたてヒズミ ε を時間 t の対数に対して図示すると図-1のようなクリープ曲線になる。図-1(a)は試験(i), (b)は(ii), (c)は(iii)である。ほとんどの $\log t - \varepsilon$ 関係は直線であるが、時間がかなり経過するとクリープが停止の傾向を示す。図-1(a)に示すようにクリープ破壊も生ずる。

(2) クリープ速度

種々のクリープ試験を比較するのにクリープ速度 $d\varepsilon/dt$, $d\varepsilon/d\log t$ を用いて整理すると便利である。 $d\varepsilon/dt$, $d\varepsilon/d\log t$ と $(\sigma_1 - \sigma_3)$ の関係を示すと図-2, 図-3, 図-4のようになる。図-2, 3は試験(i),

図-4は試験(ii)の結果である。これらの図より、クリープ速度は $(\sigma_1 - \sigma_3)$ のあまり大ききまでは $(\sigma_1 - \sigma_3)$ と直線関係であるが、それ以上の $(\sigma_1 - \sigma_3)$ では急にクリープ速度が増大する。この $(\sigma_1 - \sigma_3)$ を $(\sigma_1 - \sigma_3)_y$ とする。ゆえに、 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ で砂の応力-変形曲線に大きな変化があると考えられる。また $(\sigma_1 - \sigma_3)_y$ 以下の直線部分を延長してクリープ速度ゼロの $(\sigma_1 - \sigma_3)_e$ が求められる。この値は図-2, 3, 4にすれから求めてもほぼ一致することから $(\sigma_1 - \sigma_3)_e$ 以下ではクリープは生じないであろう。 $(\sigma_1 - \sigma_3)_y$ も $(\sigma_1 - \sigma_3)_e$ もほぼ σ_m に比例していることがわかるが $(\sigma_1 - \sigma_3)_y$ でのクリープ速度は σ_m が大きい程大きくなる傾向を示すようである。ゆえにクリープ速度は $(\sigma_1 - \sigma_3)/\sigma_m$ に支配されるといえる。また試験(i)と(ii)では同じ $(\sigma_1 - \sigma_3)/\sigma_m$ に対して $d\varepsilon/d\log t$ は(ii)の方が大きいこれは前の荷重の影響を受けているからであり、(i)と(ii)では(i)の方が大きいこれは応力履歴とクリープ速度の関係については今後の問題とする。

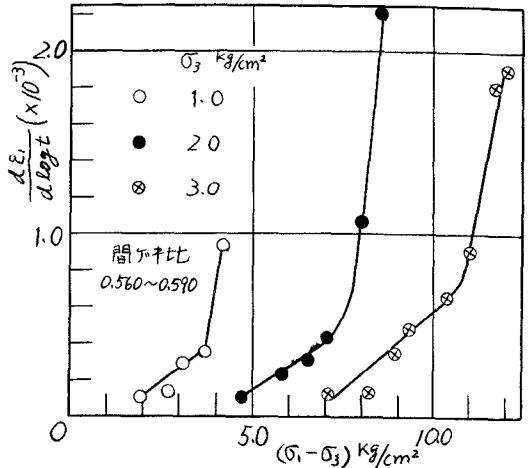


図-2

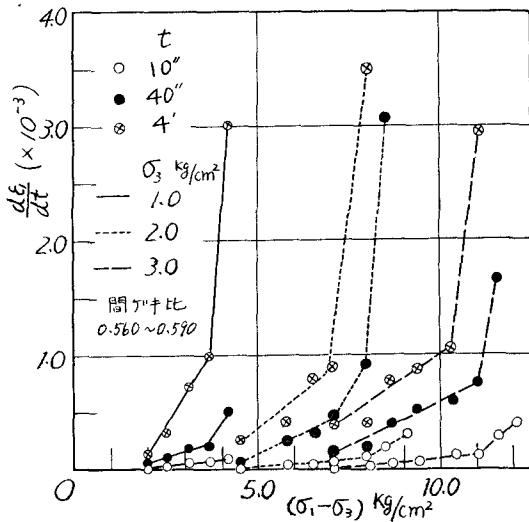


図-3

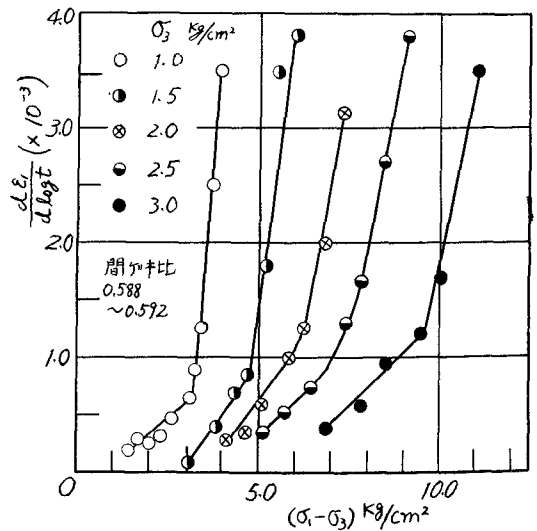


図-4