

II 3 砂の変形について

京大防災研究所 正員 村山 朔郎
京大大学院 学生員 八木 則男

土質力学では土の stress-strain 関係が根本問題となる。そこでわれわれは以前より砂質土の stress-strain 関係を調べてきたが、その一部と今年5月の年次学術講演会で報告した⁽¹⁾。

砂質土の変形変化には次の三種がある。(1)平均主応力の変化による体積変化、(2)主応力差による体積変化 (dilatancy)、(3)主応力差によるせん断ヒズミ、である。またこれらは次の諸性質によっても異なってくる。(1)砂の粒形および粒径、(2)飽和度、(3)間隙率比 (間隙率)、(4)粒子の材質、(5)ヒズミ履歴、(6)荷重速度、その他の条件である。今回はこれらのうち間隙率比によりいかに変化するかを三軸圧縮試験で調べて結果を報告する。

試料および試験方法

試料は角ばった粒形で比重 2.65 均等係数 20 であり、これを高さ 8.5cm 内径 3.6cm の成形用モールドの内部に厚さ 0.2mm のゴムスリーフをはり水中で充填し 1.5cm の直径の棒で力打撃回数により間隙率比を変化させた。そしてめいめい真空をかけたセットした。

試験方法は次の三種である。(1)弾性状態でのせん断ヒズミの測定 (ここで弾性状態とは軸差応力のくり返しにより残留ヒズミがゼロの状態である。)、この場合 $\sigma_3 = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ で $(\sigma_1 - \sigma_3)$ は $0 \sim 2.0 \text{ kg/cm}^2$ である。(2)等方圧縮試験、等方圧力を $0.2 \sim 6.0 \text{ kg/cm}^2$ にして 1 kg/cm^2 ごとに十分しめ固まるまでくり返した。(3) $\sigma_m = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3$ を一定に保ちつつ $(\sigma_1 - \sigma_3)$ を増加させて、軸方向ヒズミおよび体積変化を測定した。

試験結果

(1)弾性状態でのせん断ヒズミ γ_{max}

5月の年次学術講演会で γ_{max} と $(\sigma_1 - \sigma_3)/(\sigma_1 + \sigma_3)$ は $\sigma_3 = \text{const}$ では普通目盛で直線になると述べたが、直線を示す範囲は $\sigma_3 = 1.0 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_1 - \sigma_3 = 2.0 \text{ kg/cm}^2$ では $(\sigma_1 - \sigma_3)/(\sigma_1 + \sigma_3)$ が 0.3 ぐらいまでで後は曲線となる。したがって間隙率比と γ_{max} の関係を求めるのに $(\sigma_1 - \sigma_3)/(\sigma_1 + \sigma_3)$ の値が 0.3 のときの $\gamma_{max} (= \gamma_{0.3})$ を間隙率比に対してプロットしたのが図-1 である。これによると多少のばらつきはあるが一つの傾向がみられ、同じ $\eta = (\sigma_1 - \sigma_3)/(\sigma_1 + \sigma_3)$ によって生ずる γ_{max} はゆるい砂程大きいことを示している。

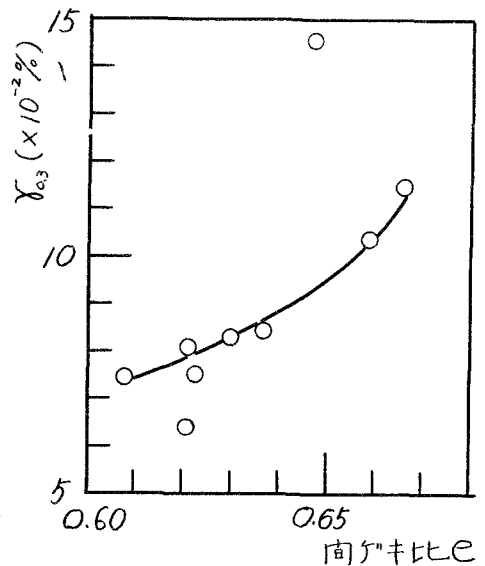


図-1

(2) 等方圧縮試験

等方圧 σ_3 を $0.2 \sim 1.0 \text{ kg/cm}^2$, $0.2 \sim 2.0 \text{ kg/cm}^2$... $0.2 \sim 6.0 \text{ kg/cm}^2$ で各々十回くり返し、しめ固めた場の体積変化率 $\Delta V/V$ と σ_3 の関係を両対数紙にプロットしたのが図-2であり直線関係にある。したがって Willson & Sutton⁽²⁾や Jakobson⁽³⁾の与えた $\epsilon = C\sigma^a$ と同型である。(a, CはConst) しかし Willson & Suttonはこの式を砂粒子の弾性変形だけを考慮して求めたが、その他に粒子が間隙に入る圧縮も考えられる。本実験結果ではこの二つの圧縮の合計が $\epsilon = C\sigma^a$ で示され、間隙比は a にあまり影響を与えず C のみに変化を与えることが認められた。

(3) dilatancy

砂質土の dilatancy と $\sigma_3 = \text{const}$ の条件で求めると σ_m の増加による体積圧縮が起り真の $(\sigma_1 - \sigma_3)$ による体積変化でない。したがって $\sigma_m = \text{const}$ にして dilatancy を求める。その結果は図-3のごとくで ($\sigma_m = 2.0 \text{ kg/cm}^2$)、体積圧縮はみられなかった。限界間隙比を $\sigma_m = \text{const}$ でいかに σ_1, σ_3 を変えても体積変化が起らないものと定義すれば供試体はすべて限界間隙比以下にあり、間隙比の小さい程最終体積変化は小さくなり限界間隙比に近づくものと思われる。今後 σ_m を種々の値にして実験を行ない講演時に補足する。

参考文献

- (1) 村山朝郎・岩井国臣 “砂の弾性について”
土木学会年次学術講演概要 (1962年)
- (2) Guthrie Willson & J. I. E. Sutton “A contribution to study of elastic properties of sand”
Proc. 2nd Int. Conf. S. M. F. E. Vol. 1
- (3) B. Jakobson “Some Fundamental Properties of Sand”
Proc. 5th Int. Conf. S. M. F. E. Vol. 1

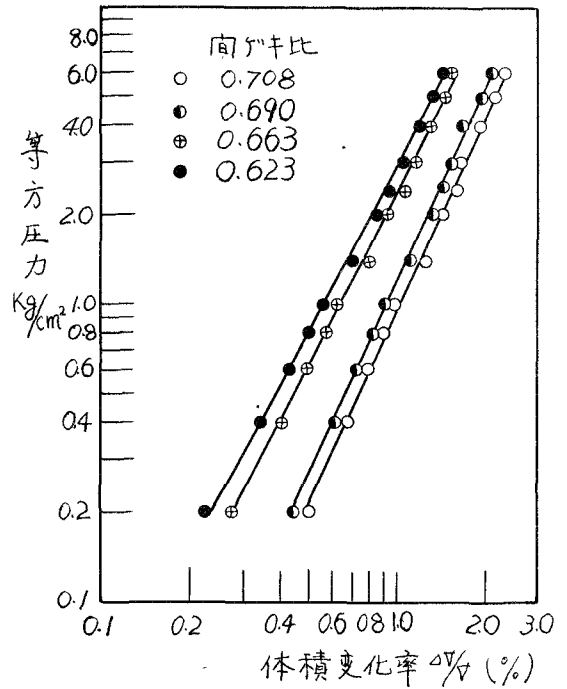


図-2

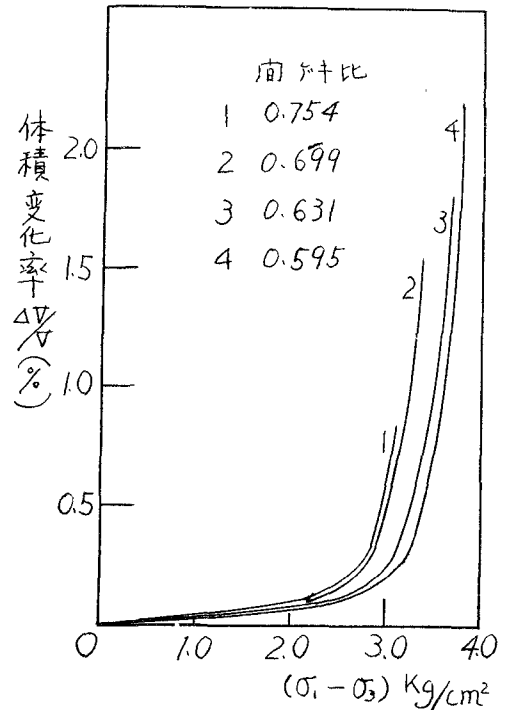


図-3