

日本大学 理工学部

東京大学 大学院

東京大学 生産技術研究所

学生員 〇木下 勤志

学生員 福島 伸二

正会員 龍岡 文夫

1. 《まえがき》：現在土のせん断特性を調べるのに最も多く使用されているのが三軸試験機であるが、この試験機は斜面などの応力状態を再現するには適当ではない。これに対してねじり単純せん断試験機は、垂直応力とせん断応力を独立に制御できるので、原位置により近い応力状態が再現できる。しかしながらこの種の試験機を用いて、砂の静的なせん断特性について調べられた例は少ない。そこで今回はこのねじり単純せん断試験機を用いて、砂のせん断特性に及ぼす拘束圧の影響について調べたので報告する。

2. 《試験方法》：試験は、等方圧密後せん断したもの、 K_0 圧密後平面ひずみ状態でせん断したものとの二種類行なった。供試体は断面寸法、外径10cm、内径6cm、高さ20cmの中空円筒形のもので、試料は豊洲砂($G_s=2.64$, $e_{max}=0.96$, $e_{min}=0.64$)を用いた。供試体の作製は乾燥状態の砂を漏斗により雨を降らす様にして、モールド内に自由落下させて作製した。密度の調節は漏斗からの砂の落下高さを変えて行った。供試体作製後、等方圧密後せん断するものは、 $-0.3\%/min$ 、 K_0 圧密後平面ひずみ状態でせん断するものは、 $-0.2\%/min$ の真空を供試体に加えて自立させ、供試体をせん断室にセット後、真空と拘束圧を入れ換え、このあと間けき内の空気を二酸化炭素と置き換えてから、脱気水を流し飽和させた後、背圧 $\sigma_{bp}=2.0\%/min$ を加えた。

〈等方圧密後せん断した試験〉 $\sigma_a = \sigma_r = \sigma_v$ で圧密しその時に拘束圧(σ_c)を0.5

1.0, 2.0, 4.0(ねじり始めのみ) $\%/min$ に変え変位制御($\dot{\gamma} = 0.24\%/min$)で排水せん断試験を行った。

〈 K_0 圧密後平面ひずみ状態でせん断した試験〉

K_0 圧密は K_0 三軸試験によって求められた K_0 - e 曲線を用いて、供試体の密度に相当する K_0 値($=\sigma_r/\sigma_a$)で異方的に圧密を行った。その後の平面ひずみ状態のせん断は、断面積一定を保つように側圧(σ_r)を変化させてせん断試験を行った。尚、このとき軸方向応力(σ_a)は一定とした。具体的には、差

圧計から求められる供試体の体積変化 ΔV (電圧表示)と、供試体の高さ変化 ΔH と供試体のせん断初期の断面積 A_0 をかけた $\Delta H/A_0$ (電圧表示)との電圧差を0にするように側圧を増減して試験を行った。

3. 《試験結果》：Fig 2はせん断ひずみ(γ)に対して応力比(τ/σ_a)の変化を拘束圧別にプロットしたもので、拘束圧が低いものほど応力比が大きくなっている。またFig 3はせん断ひずみ(γ)に対して体積ひずみ(ϵ_v)の変化を拘束圧

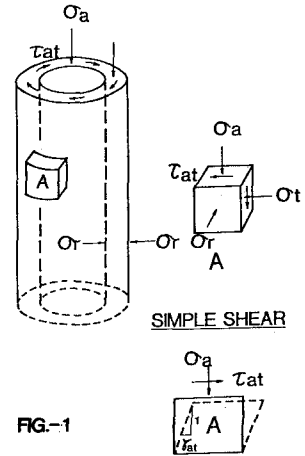


FIG-1

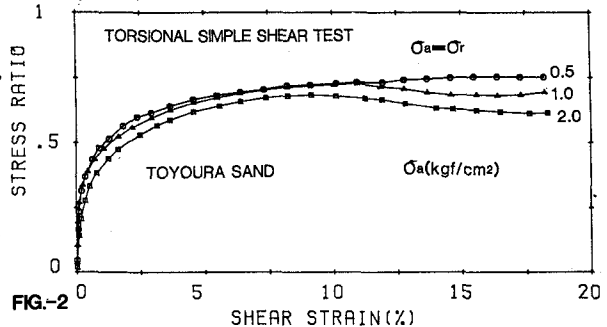


FIG-2

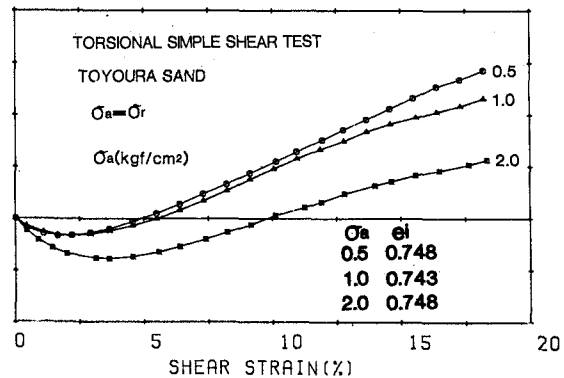


FIG-3

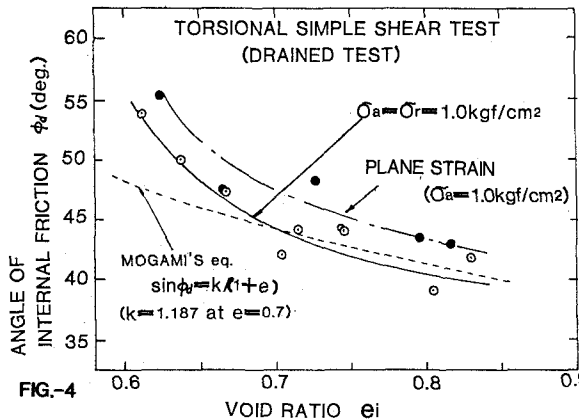


FIG-4

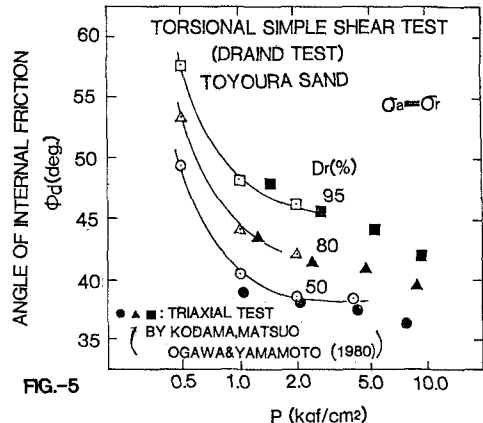


FIG-5

別にプロットしたもので、拘束圧が低いものほど体積が膨張し密度が同じでも密な砂のような挙動を示している。Fig 4には、間げき比(e)と内部摩擦角(ϕ_d)の関係を示している。尚、図中には平面ひずみ($\sigma_a = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$)の値もプロットしてある。ねじり単純せん断より求めた ϕ_d は e の小さい所で急に大きくなる。さらに平面ひずみの ϕ_d は等方的場合よりほぼ2°くらい高いことがわかる。また図中には最上の式 $\sin \phi_d = k/(1+e)$ を(Q_7 の所で k を決定)示めた。 e の大きい所では、ねじり単純せん断の ϕ_d にかなり一致を示すが、 e が小さい所では合わないようである。次にFig 4のような図

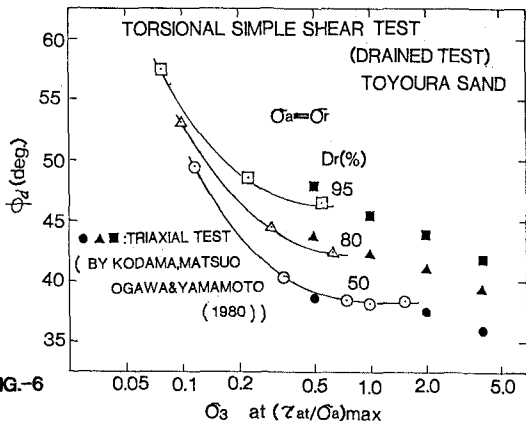


FIG-6

を $\sigma_a = \sigma_r = 0.5, 2.0, 4.0 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$ に対して求め、これらの図から $Dr = 50, 80, 95\%$ に相当する ϕ_d を応力ひずみ曲線の最大値に相当する平均主応力 $P = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3$ 、 σ_3 に対してプロットしたのが、Fig 5, Fig 6である。これよりどちらの図でも拘束圧(P あるいは σ_3)が小さくなると ϕ_d は大きくなる傾向があり、特に P が $1.0 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$ 、 σ_3 が $0.2 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$ 以下になると顕著である。また比較のために三軸試験の結果端面はボラスストンをプロットしたがこのデータから見る限りねじり単純せん断との連続性はかなり良いようである。Fig 7では拘束圧(σ_a)に対してせん断ひずみ(γ_{at})が3%のときの体積ひずみ(ϵ_v)の変化を相対密度をパラメータにしてプロットした。拘束圧(σ_a)が小さくなると、密度に関係なく体積は膨張する傾向を示している。

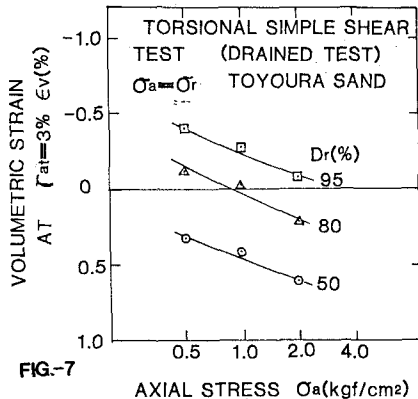


FIG-7

4. 《結 論》：拘束圧が小さくなると応力比が大きくなる理由として、拘束圧が小さくなると体積変化が膨張する傾向をもち密な砂のような挙動を示しており、さらに内部摩擦角も高くなる傾向を示している。このことから粒子が互いに噛み合っていた状態がはずれることによって強度成分が増加するためであると思われる。

5. 《謝 辞》：この試験を行うにあたり東京大学生産技術研究所三木五三郎教授のご指導と、東京大学大学院大河内保彦氏、研究員の児玉、松尾両氏、卒業生小川、山本両君のご協力をいただきました。ここに末筆ながら感謝いたします。6.《参考文献》：1)大河内(1980)：生研内部資料($k_0 - e_i$ 関係)

2)児玉、松尾、小川、山本(1980)：生研内部資料(三軸圧縮試験における $\phi_d - e_i$ 関係)