

1. まえがき 粒状体の強度・変形を支配する微視的要因の1つに、粒子表面の物理まっ角(粒子間まっ角) ϕ_m が挙げられる。本報告は表記について、著者が従来より行なっている光弾性を利用した2次元モデルの単純せん断試験によって得られた結果に考察を加えたものである。試験機、実験方法などは従来と同じであるのでここでは省略する¹⁾。

2. 使用した粒子 従来より用いている3種の径のエポキシ樹脂丸棒の表面に、乾燥したベントナイト粉末を付着させる(まぶす)ことにより、 ϕ_m の値を増大させた。厳密な意味では、必ずしも物理まっ角の増大とは異なるかもしれないが、一面せん断試験機を用いて、丸棒を十文字状に、こすり合えると、図-1に示したように、見かけのまっ角が変化する。平均的

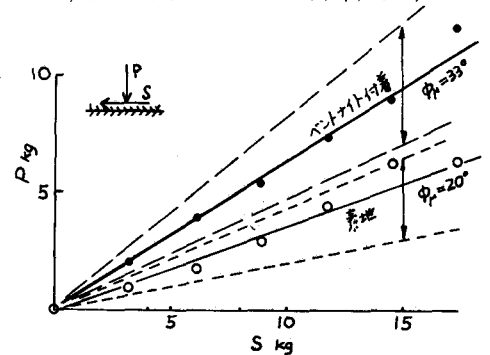
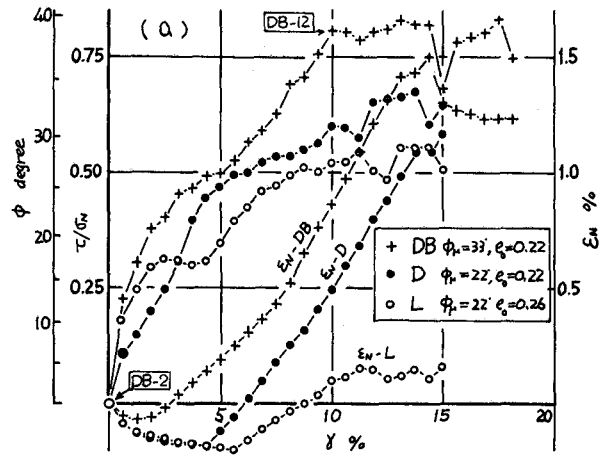


図-1 ベントナイト付着粒子の粒子間まっ角

な値をとると、 $\phi_m \approx 33^\circ$ となる。図中の破線は、ばらつき範囲を示している。

3. 試験結果 2次元単純せん断試験結果と図-2(a)に示す。DBと記したものが今回の試験結果であり、D、Lと記したものは既報より引用した $\phi_m = 22^\circ$ の結果である。いま初期間げき比 $e_0 = 0.22$ のDB($\phi_m = 33^\circ$)とD($\phi_m = 22^\circ$)を比較すると、垂直応力 σ_N の増分 $d\sigma_N/d\gamma$ はピーク付近ではほぼ同じであるが、 τ/σ_N は、 ϕ_m が大きくなる方が大きくなっている。



4. 粒子接点の方向 粒子接点における接平面の法線方向 N_i の頻度分布を調べた結果を図-3に示す。なお解析した位置は図-2(a)中に記されている。このような分布の、集中方向 ψ' と集中度 $\bar{M}$ ($\psi' = \frac{1}{2} \tan^{-1} (\sum n_i \sin 2\beta_i / \sum n_i \cos 2\beta_i)$, $\bar{M} = (100/M) \times \sqrt{(\sum n_i \sin 2\beta_i)^2 + (\sum n_i \cos 2\beta_i)^2}$, ただし β_i は垂直応力方向と 0° とし $\pm 90^\circ$ の間 10° ごとにとった角度、 n_i は $\beta_i \pm 5^\circ$ に入る N_i の頻度、 $M = \sum n_i$ である)を計算して図示したのが図-2(b)である。せん断過程における ψ' および $\bar{M}$ の変化は、DB、D、Lとも同じ傾向を示しているが、 $\phi_m = 33^\circ$ のDBの方が、いすれの値も大きくなっている。小西・小田²⁾、小田・小西³⁾によれば、 N_i の集中方向 ψ' は概ね、最大主

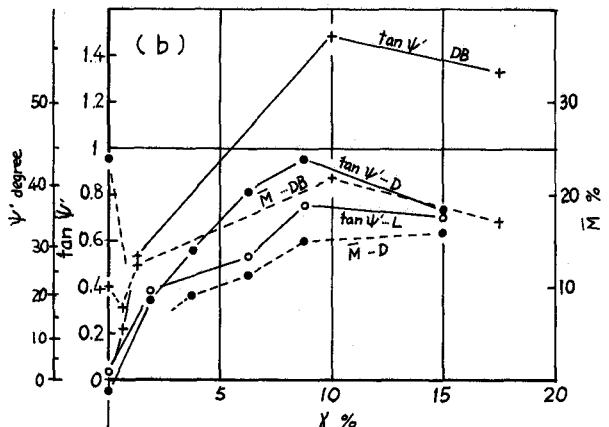


図-2 (a) $\tau/\sigma_N \sim \gamma \sim e_N$ 関係 (b) $\tan \psi', \bar{M} \sim \gamma$ 関係

応力の方向 ψ と一致するので、 $\tan \psi$ を $\tan \psi$ と読みかえても大過ない。ピーク強度に至るひずみ硬化過程においては、小田⁴⁾が述べているように、 N_i の方向は最大主応力の方向に集中し、集中度は次第に大きくなっていることが、 $\phi_p=33^\circ$ の場合にも明らかである。

5. 粒子間まっさつ角の発揮について 粒状体内部の各接点では、種々の大きさに、まっさつ角が発揮されている。いるある接点における伝達力の方向 θ_i と N_i の方向 β_i の差を δ_i と置く (ie. $\delta_i = \theta_i - \beta_i$) と、 δ_i はこの接点において発揮されているまっさつ角であり、 $|\delta_i| = \phi_p$ となれば、すべりが生じる。この δ_i を測定した1例を図-4に示した。伝達力が小さい接点では、 δ_i が測定しにくく、 $|\delta_i| < 10$ では $\delta_i = 0^\circ$ と読み勝ちなため、 0° 付近に凹凸があるが、全体としては、正規分布状(平均値 0°)とみなせよう。ばらつきを考慮に入れた ϕ_p の値の範囲内に δ_i が分布していることは、著者が $\phi_p=22^\circ$ の場合について報告した内容と一致している。

6. 最大主応力方向と τ/σ_N の関係について 小田・小西³⁾は、 τ/σ_N と $\tan \psi$ の間に次のような関係があることを導いた:

$$\frac{\tau}{\sigma_N} = k \tan \psi. \quad (1)$$

式(1)中の定数 k は、間げき比、垂直応力、粒子構造などに無関係であるとした。そして Roscoe et al⁵⁾ のデータを用いて、式(1)の妥当性を検証し、Leighton Buzzard Sand については $k=0.58$ であるとした。図-5において、実線の直線で示したのがそれである。

いま、2次元単純せん断試験の結果を、 ψ と ψ' とが概ね等しいと考えて、図-5中にプロットしてみた。見方によっては、 $k=0.58$ の直線に載っているとも言えそうである。もし同一直線にのると考えると、 k は ϕ_p にも無関係で、何か重要な意味をもつ物理定数であるのかもしれない。主応力方向に関する正確なデータの集積が望まれる。

7. あとがき 砂などで ϕ_p の影響を調べようとするとき、他の要因と完全に区別することがあつかしい。また伝達力、発揮されているまっさつ角などもわからない。このような点を補完する意味で、簡単な2次元モデルによる実験結果を紹介した。実験に当っては、西本 宏君が多々の労をとってくれた。感謝します。文献 1) 土木工紀要 34, 1973 2) 第9回土質工学研究発表会, 1974 4) Oda, Soils and F. 1972 5) Roscoe et al. Proc. Geotechn. Conf. Oslo 1967

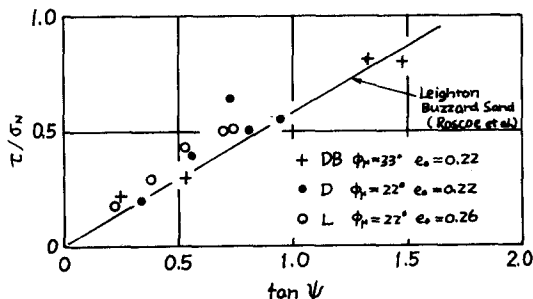


図-5 τ/σ_N と $\tan \psi$ の関係

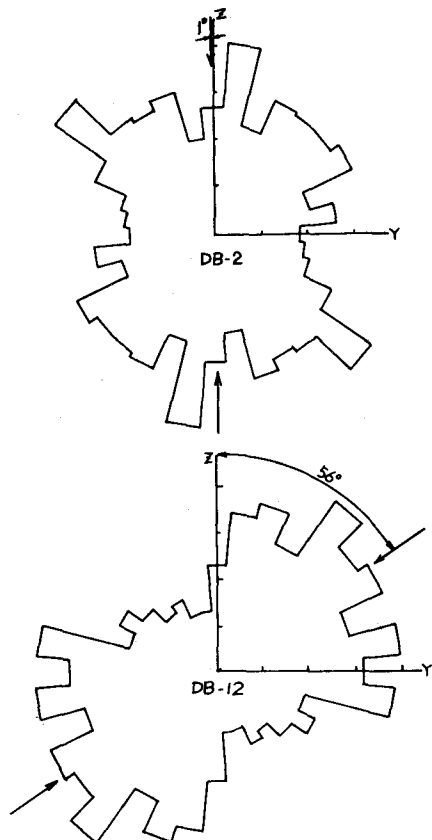


図-3 法線方向 N_i の頻度分布

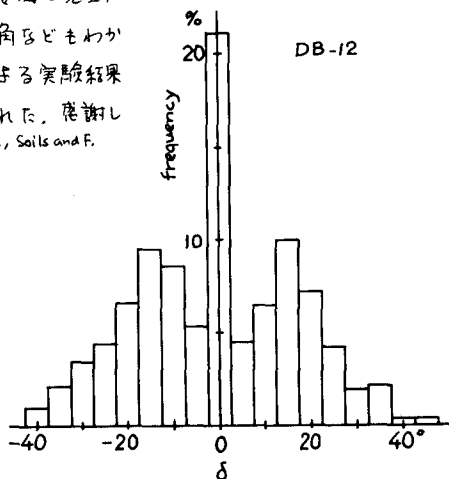


図-4 発揮されたまっさつ角の頻度分布