

鳥取大学 正員 ○ 藤村 尚
 " " " " 木山 英郎
 " " 学員 太田 圭哉

1. はじめに

土、鉱石、セメント、小麦粉のような粒状体がビン、サイロ、バンカーなどの容器構造物中に堆積、流動したときに、構造物にしばしば亀裂を主じたり、破壊を起こしている。この事実を踏えて、筆者らは鉛直管中の岩質粒状体の重力流動の問題を探り挙げ、模型実験と数値解析を種々試み、静止および流動中の粒状体圧を究明している。模型実験では理論式の数値解析結果を裏付けるために試料の密度、摩擦角、粘着力、壁面摩擦角などの諸物性値を用いて静止および流動時における壁面に作用する応力などを測定した。その結果、試料の諸物性値が土圧係数、応力の算定に大いに影響を及ぼすことが明示された。

そこで、本報告では、流動時の摩擦角を求めることを目的として、リングせん断試験機を試作し、鉛直応力下での試験を実施した、その結果について述べる。

2. 試料と実験方法

試験に用いた試料土は鳥取市賀露産の砂である。砂の基本的性質は、比重 2.60、均等係数 2.35 である。試験に用いたリングせん断の原理は図-1 に示す。リング状の供試体は上板を半固定、下板を回転せしめてせん断する。供試体は内径 15 cm、外径 24 cm、高さ 8.0 cm の円環状である。試験装置の概略は写真-1 に示す。図中 ① のアクリル製の拘束リングは試料間との側面摩擦を軽減、せん断面を肉眼視できる。垂直荷重はレバー ② によって載荷する。せん断時には、供試体のダイレタンシーを許す機構が必要となるので、③ の 2 組のベアリングを設けた。せん断はギヤに連結した下板を回転して行なう。このとき ④ の軸に貼ったゲージでトルクを測定しせん断力を計算した。供試体は空気乾燥試料を自然落下せしめてゆるぎめ状態とした。このとき供試体の間げき比は約 0.70 ~ 0.74 の範囲であった。下板の回転速度は 1 ~ 6 °/min で行なった。垂直応力は約 30 ~ 100 g/cm² の範囲の一定圧力である。

3. 結果と考察

岩質粒状体の重力流動中における管内壁面応力の算定には有効摩擦角の果す役割が非常に大きい。Jenike は流動中の粒状体圧の実験から、土圧係数が一定であることを見出し、この結果に基づいて有効摩擦角 δ をつぎのように定義している。 δ は yield locus を求める際に描くモール円が圧縮力を変えることにより effective yield locus (E.Y.L) に接する円群となることを意味し、モール円群の包

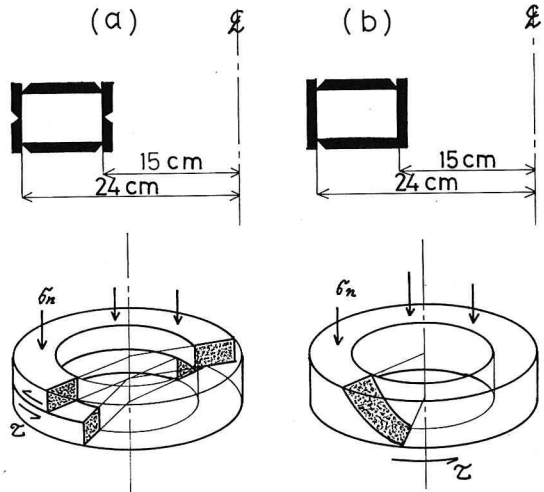


図-1 リングせん断の原理

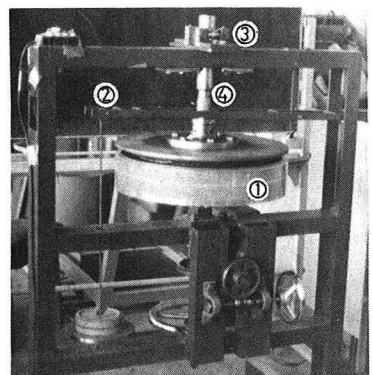


写真-1 試験装置

絡線は E.Y.L. のものであり、原点を通る軸と成す角である。さらに砂の場合には δ は一面せん断試験から求めた内部摩擦角中に等しくなるとしている。筆者らは、流動中の定常状態の場合には、 δ は最大強さから求めた ϕ_f よりも残留強さから求めた内部摩擦角 ϕ_r に近いのではないかと考え、上記のリングせん断試験を実施した。

図-2 はひすみ制御の試験から得られたせん断応力 τ ~ 角変位 ω の関係の例示である。実験時の垂直応力 σ_n は 76 と 33 g/cm² であり、一般のせん断試験に比べて低垂直応力である。図-2(a) にみられるように、低垂直応力の砂ではせん断強さの最大値 (τ_f) が約 $\omega = 13^\circ$ 付近にあらわれ、その後変位の増大に伴ってせん断力はわずかに減少し、残留強さ (τ_r) になった後には変化がない。図-2(b) にみられるように、せん断力が最大値に達した後急激に減少し、 τ_r となってもはや変化しない。なお、(a)、(b) 両図において τ_f 後にみられる変化の原因については明らかでない。

図-3 は図-1(b) に示した側面リングが1つの状態で試験したときのせん断応力 τ ~ 応力 σ の関係を示す。図によると最大せん断強さによって求めた強度定数 (ϕ_f) と残留強さによって求めた強度定数 (ϕ_r) の値は異なっている。 τ_f 、 τ_r の値は散りがあるが、これらの結果から得られた内部摩擦角は $\phi_f = 27^\circ$ 、 $\phi_r = 24^\circ$ 位である。

図-4 は図-1(a) に示すように側面リングが上、下2つに分割した状態で試験したときの τ ~ σ の関係を示す。同図に示せば τ_f から得られた強度定数は $\phi_f = 25.5^\circ$ 、 $C_f = 6$ g/cm²、 τ_r による強度定数は $\phi_r = 26^\circ$ 、 $C_r = 0$ である。 ϕ_f と ϕ_r の値はほとんど変わらない。このようにリングせん断試験で得られた ϕ_f の値は標準型の一面せん断試験によって得られた $\phi_f = 38^\circ$ のものと比べて約 10° ほど小さい。

以上のように、ゆるづめ状態の砂について低垂直応力のもとで実施したリングせん断試験結果はせん断応力の散らばりが大きく、満足なものでない。だが、この種の研究にリングせん断試験機を適用しうる見通しを得た。

参考文献：1) 本山他(1979) 岩屑粒状体の重力流動に関する基礎研究 地球学会年講, pp.277~280.

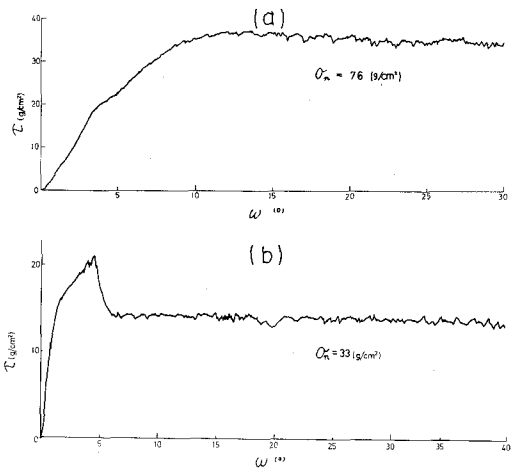


図-2 せん断応力と角変位の関係

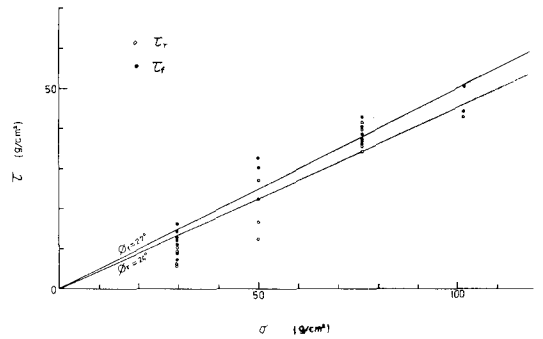


図-3 破壊包絡線

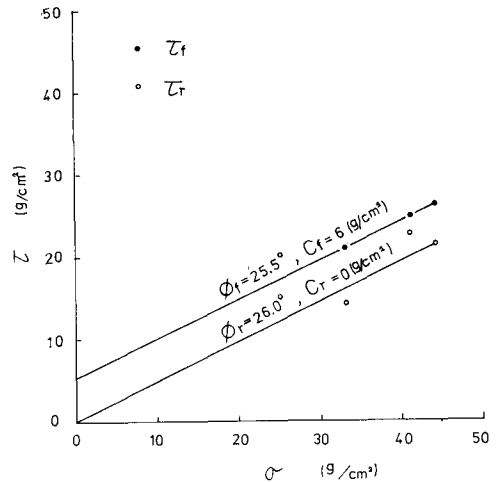


図-4 破壊包絡線