

日大理工・土木・学生会員・ 荻原 有加
日大理工・土木・正会員・ 梅津 喜美夫

1.はじめに 乾燥砂を箱に入れて傾斜させ、測定される砂斜面の崩壊角度は安息角の1つと呼ばれる。この安息角は、理論的に緩詰め状態の低拘束圧下での内部摩擦角に一致すべきものと考えられるが、明確な力学定数として扱われていないのが現状である¹⁾。しかしながら、筆者らは、すべりが一気に生じるよう工夫した乾燥砂の傾斜実験について様々な実験を行った結果、壊角度 θf は間隙比の依存性と、堆積面の変化による異方性を示し、またその角度は平面ひずみ圧縮試験で得られる摩擦角 ϕ より数度高い値が得られることが分かった。筆者らは、さらにこの傾斜崩壊角度を簡単に測定できる傾斜箱を考案し、岐阜産珪砂につ

いて崩壊角度と内部摩擦角の関係を検討してみた。

2. 試料について 今回用いた試料は豊浦砂、シルバーレイトンバザード(SLB)砂、岐阜産珪砂で図-1にこれらの粒径加積曲線を示す。

3. 実験装置及び実験方法 3-1. 傾斜箱 図-2に傾斜箱の概要を示す。この傾斜実験の特徴は、傾斜箱に無限傾斜地盤の状況に近づけるために先端に傾斜30°のアングルを設けてあること、砂層の崩壊を乾燥部で一気に生じさせるために傾斜箱底部と砂表面を湿らせ、さらに局部破壊を避けるため濡れ新聞紙を表面にかぶせて傾斜させることである。また砂層の密度は、落下高さにより調整し、異方性の砂層は傾斜箱を所定の角度に傾けて堆積させて作製した。尚、この傾斜実験での最大主応力 σ_1 の方向 δ は、すべり面が砂表面と平行に生じると仮定して図のように計算した。

3-2. 簡易傾斜箱 簡易傾斜箱は、上述の点をふまえて図-3に示すようなものを考案した。この傾斜箱(アクリル製)は、(1)図左に示すように角度 $\alpha = 24^\circ$ 、 40° 、 64° で分割されたものを用い、 $\alpha = 0^\circ$ の場合は、分割されていない平箱(2)図左)を用いた。分割部には(2)図左の拡大図に示す様に厚さ3mmのスチレンボード(重さ=1.05g)が箱の枠に挟まれており、上から砂を落下させて詰める。尚、スチレンボードと下の箱との間には紙(厚さ=0.08mm)が挟まれてありスチレンボードと傾斜箱は棒で固定されている(紙と固定棒は、せん断箱を傾斜させる際には抜き取る)。実験は、砂を傾斜箱に詰めた後、上部の箱を取り外しスチレンボードに沿って表面を成形し霧吹きで湿らし(2)図(右)に示すように異方性を考慮して傾斜させ、スチレンボードと箱の隙間で試料をせん断させ崩壊角度 θf を測定する。

4. 実験結果と考察 4-1. 傾斜実験 図-4に豊浦砂とSLB砂の傾斜実験の結果を示す。これは、堆積面と最大主応力との角度 δ に対する傾斜実験の崩壊角度 θf を示したものであるが、参考に同じ砂の $\delta = 90^\circ$ の平面ひずみ試験による内部摩擦角 ϕ も記してある。尚、各点とも θf 及び ϕ は間隙比 e が0.1変化すると豊浦砂の場合もSLB砂の場合も約6°変化することから図中に示したそれぞれの e に補正したものである。このように、傾斜実験による崩壊角度 θf は内部摩擦角 ϕ より高い値を示すものの各砂の異方性をよく表している。

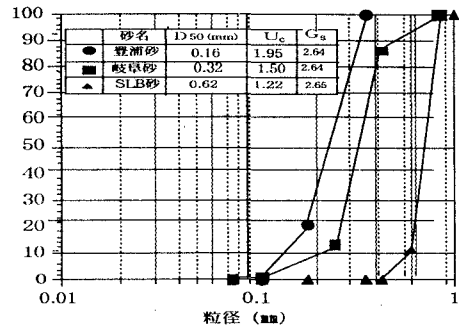


図-1 粒径加積曲線

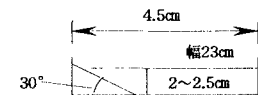
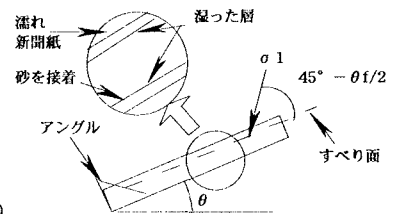
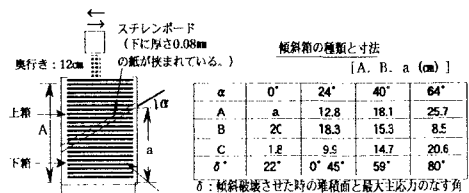
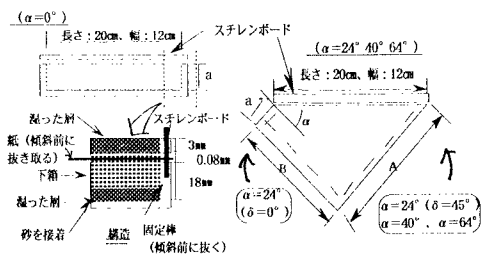


図-2 傾斜箱と実験の概要



(1) 簡易傾斜箱寸法と砂の堆積面



(2) 下箱の状況と傾斜方法

図-3 簡易傾斜箱と実験の概要

キーワード：傾斜実験、崩壊角度、平面ひずみ圧縮試験、内部摩擦角

連絡先：〒101 東京都千代田区神田駿河台1-8 日大理工土木 梅津研究室 Tel (Fax) 03-3259-0688

尚、この θf は傾斜箱の寸法を様々変えて検討実験を行い、傾斜箱寸法の影響を受けていないことを確認してある。

4-2. 簡易傾斜実験及び崩壊角度と内部摩擦角の関係 岐阜産珪砂について簡易傾斜実験を行い傾斜箱と比較を行い、さらに、平面ひずみ試験を実施しその比較を行った。これらの結果を図-5に示す。尚、各点とも岐阜砂の場合、 θf 、 ϕ は間隙比 e が0.1変化すると約 4° 変化することを考慮し $e=0.85$ に補正したものである。このグラフより以下の諸点が認められる。

①傾斜実験での崩壊角度 θf (○印)と簡易傾斜実験での崩壊角度 θf (●印)は、ほぼ同様の値を示す。

②傾斜崩壊角度 θf は $\delta=0^\circ$ 付近の場合平面ひずみ圧縮試験での内部摩擦角 ϕ に接近しているが、お

おかた θf は ϕ より約 4° 高い値を示している。

ここで②の原因として、筆者は図-6に示すような拘束圧の影響を考えた。

すなわち拘束圧が充分大きい場合には $\phi=\theta f$ の関係が言えるが、傾斜実験のように拘束圧が極めて小さい場合には、粒子が粒子を乗り越えようとする力(インターロッキング：見かけの粘着力)が無視しえなくなるため、崩壊角度 θf の方が内部摩擦角 ϕ より数度高い値を示すこととなる。

このようなインターロッキングによる粒子のずれる状況を図-7のように考えた。図-7の右図は、外力 F (インターロッキングによる見かけの粘着力に対応)により2粒子がずれる直前の状況を示しており、左図は傾斜実験の状況を示してある。両者の粒子のずれる状況は同様と考えられ、外力 F は次の(1)式で示される。 $F=W \times \tan \theta f$ (1)

この式より、砂粒子1個($D_{50}=0.32\text{mm}$)の重量 W より F を求め、1cmに占める個数を掛けてこれを見かけの粘着力 C とする。この C を無限傾斜の力のつり合い式に代入すると次の(2)式が得られる。

$\tan \phi = (\gamma \times Z \times \cos \theta f \times \sin \theta f - C) \div (\gamma \times Z \times \cos^2 \theta f) \dots (2)$ Z ：傾斜時のすべり面の深さ γ ：単位体積重量

この(2)式により θf から ϕ を計算したのが図-7の点線である。このように計算式は、実測値とほぼ同様の値を示している。

5. おわりに 今回、岐阜産珪砂について(2)の関係式を用いることで θf から砂の内部摩擦角 ϕ が求められることがわかった。今後、傾斜箱のさらなる簡易化をはかるとともに、様々な種類の砂について検討していきたい。

最後に実験を行ってくれた卒研生の沼尻、古屋、山元君等および、様々な検討実験を行ってくれた卒業生の石神さんをはじめ北澤、乙部、小野田、溝口、牧野君らに感謝をいたします。

《参考文献》1)土質工学会(現地盤工学会)編 土質用語辞典

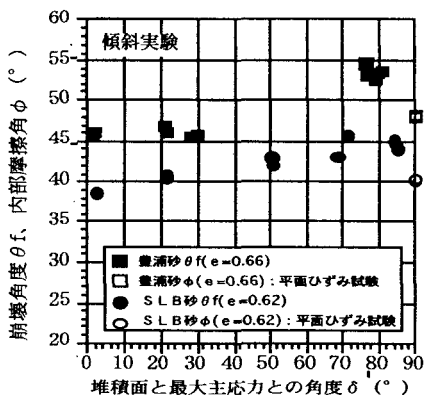


図-4 豊浦砂とS.L.B砂の傾斜崩壊角度

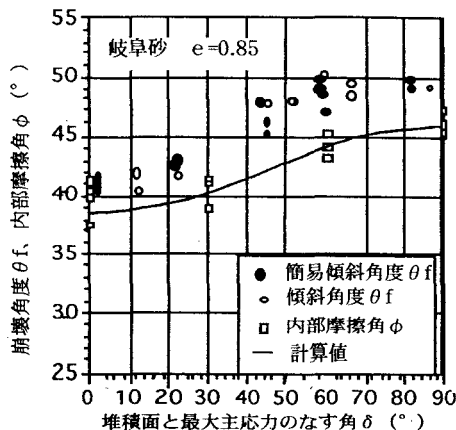


図-5 岐阜砂の傾斜崩壊角度と内部摩擦角

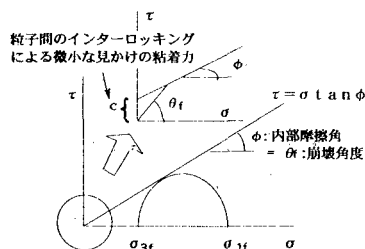


図-6 拘束圧の影響

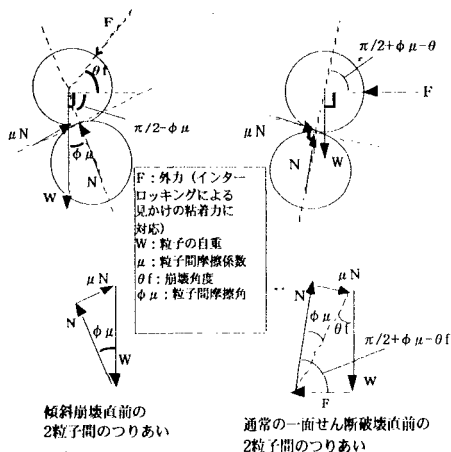


図-7 砂の粒子がずれる直前のつり合い状態