

岐阜砂4号の内部摩擦角と傾斜崩壊角度

日本大学理工学部 正会員 梅津 美喜夫 日本大学大学院 学生会員 ○小林 真

1. はじめに 砂斜面の傾斜崩壊角度  $\theta_f$  は無限傾斜地盤の考え方を適用すると内部摩擦角  $\phi$  として考えられる。そこで、当研究室ではSLB砂 ( $D_{50}=0.62\text{mm}$ )、豊浦砂 (同 $0.16\text{mm}$ )、岐阜砂6号 (同 $0.32\text{mm}$ ) について傾斜実験を行い<sup>1)~3)</sup>、さらにこの崩壊角度を簡単に計測できる簡易傾斜箱を考案し<sup>4)</sup>、岐阜砂6号と4号 (同 $0.96\text{mm}$ ) について検討実験を行ってきた<sup>4) 5)</sup>。その結果、どの場合にも、 $\theta_f$  は平面ひずみ圧縮試験による  $\phi$  より数度高くなる (SLB砂;  $3\sim4^\circ$ 、豊浦砂; 約 $5^\circ$ 、岐阜砂6号;  $3\sim4^\circ$ ) もの、間隙比や異方性の影響は両者ともよく対応していることがわかった。しかしながら、平均粒径の一番大きい岐阜砂4号については  $\theta_f$  と  $\phi$  の差が他のものに比べて小さめの結果 (4号砂; 約 $2^\circ$ ) が得られた。内部摩擦角  $\phi$  を測定する平面ひずみ圧縮試験は、通常側方の拘束を剛板で行うので、砂粒子の径が大きくなると、この測方の摩擦が  $\phi$  に大きく影響し、実際の  $\phi$  より高めの方が測定されると考えられる。そこで今回、この平面ひずみ圧縮試験について4号砂を用いて検討実験を行い、あわせて簡易傾斜箱による  $\theta_f$  と比較を行って見たので、その報告をする。

2. 装置と実験方法

2-1. 平面ひずみ圧縮試験 図-2に今回実施した2種類の平面ひずみ圧縮試験における供試体の概要を示す。(a)図は、通常用いられる供試体(本供試体)の両側に、ゴムスリーブで密閉された独立のダミー供試体を設置したものである。実験は空中落下法によりモールドに詰めた供試体(本供試体 $6.8\times 12\times 12\text{cm}$ 、ダミー供試体 $6.8\times 3.5\times 12\text{cm}$ )を飽和度60%で凍結させゴムスリーブで密閉した後、負圧 $20\text{kPa}$  ( $0.2\text{kgf/cm}^2$ )で解凍し、飽和状態で負圧 $50\text{kPa}$  ( $0.5\text{kgf/cm}^2$ )をかけ、非排水条件で、3供試体を同時に圧縮していった。(最大主応力 $\sigma_1$ と体積面のなす角 $\delta$ は $90^\circ$ )なお、ダミー供試体と本供試体の間にはシリコングリースを塗布したが、この面のゴムスリーブ張力の影響を除去する目的で接着剤を塗布した実験も行った。次に、(b)図は、通常の平面にずみ圧縮試験の荷重板(幅 $L=12\text{cm}$ )にロードセルを内蔵させたもので、荷重測定の荷重板は中央の $L_t$  ( $=6\text{cm}, 10\text{cm}$ )の部分である。実験は上記と同様の方法で供試体を作成して行った。以上の平面ひずみ圧縮試験の種類をまとめると表-1のようになる。なお、表中のマークは図-4のマークと対応している。

2-2. 簡易傾斜箱 簡易傾斜箱の概要を図-3に示す。傾斜箱(アクリル製)は(a)図に示すように上下に傾斜角 $\alpha^\circ$ で分割されており、上から砂を堆積させて詰めるが、実験には下箱を用いる。この下箱の寸法は表のように分割面の面積( $12\times 20\text{cm}$ )が変わらないように分割面の角度により4種類用意した。分割部には、(b)図に示すような厚さ $5\text{mm}$ 及び $8\text{mm}$ のステンレボード(それぞれの重さ $2.0\text{g}$ 、 $2.9\text{g}$ )が挟まれてお

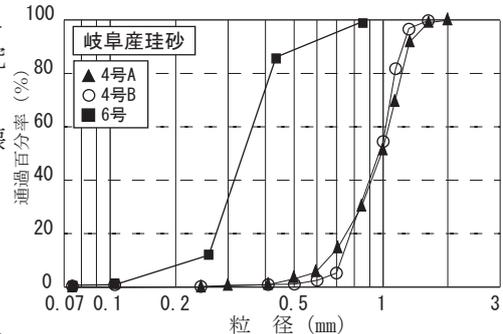


図-1 粒径加積曲線

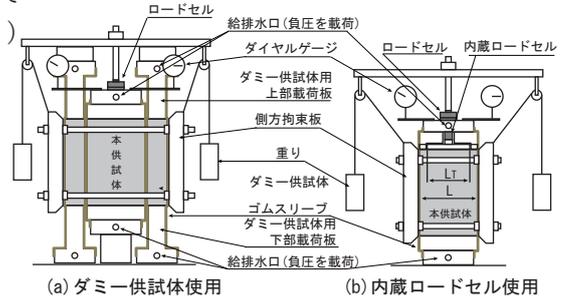
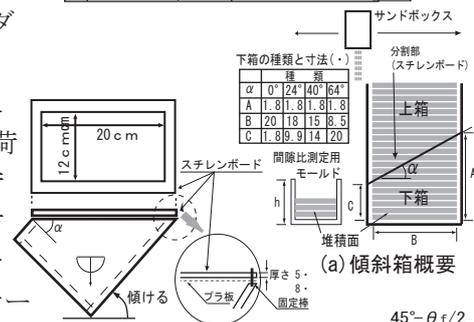


図-2 平面ひずみ圧縮試験装置

表-1 平面ひずみ圧縮試験の種類(岐阜砂4号)

砂	ロードセル ( $\sigma_1$ )	側方の拘束	マーク
A	外部 (載荷板外)	剛板	□
		ダミー供試体との境界	◇
B	内部 (載荷板内)	剛板	○
		ロードセル幅 $L_t$	●



(c) 最大主応力の方向と堆積面の角度  $\delta$

図-3 簡易傾斜箱と実験方法の概略

キーワード 内部摩擦角, 傾斜崩壊角度, 砂, 平面ひずみ圧縮試験

り、砂を詰めた後、上箱を取り外して表面を整形する。尚、スチレンボードと下箱との間には、プラ板（厚さ0.1mm）が挟んであり、下箱を傾斜させる直前に抜き取る。実験は、固定棒を抜いて傾斜させ、スチレンボードの下で砂試料をせん断破壊させて崩壊角度  $\theta_f$  を測定する。なお、最大主応力  $\sigma_1$  の方向は粘着力を0として破壊基準に接するモール円の関係から (C) 図に示すように推測した。従って、 $\sigma_1$  方向と堆積面の角度は  $\delta = 45^\circ - \theta_f/2 + \alpha$  となる。

3. 実験結果と考察

3-1. 平面ひずみ圧縮試験 図-4は、A砂B砂について平面ひずみ圧縮試験による内部摩擦角を間隙比に対してプロットしたものである。これより以下の諸点が認められる。(1) 同じ4号砂でも購入時期の異なるA砂、B砂では強度が異なり、 $3^\circ$  ほどB砂の方が高い。

(2) A砂について、ダミー供試体の効果をみてみると、本供試体との間にグリースを塗布したもの(◇印)は、若干であるが効果が表れ  $\phi$  が小さくなっている。しかしながら間に接着剤を塗布したもの(◆印)は、グリース塗布の場合に比べ  $\phi$  は大きめの値になっており、グリースを使用していないもの(□印)に近い値になっている。(3) B砂について、内蔵ロードセルのデータ(◎印、●印)を見てみると外部ロードセルの場合(○印)より小さくなっており、若干の効果が認められる。なお、内蔵ロードセルの載荷板の幅(Lt)の影響はない様である。

3-2. 傾斜崩壊角度と内部摩擦角 図-5に傾斜実験の結果(体積面と  $\sigma_1$  方向のなす角度が  $\delta = 90^\circ$  の場合)を示す。図中の●、□印はスチレンボード厚  $t = 5\text{mm}$ 、◇印は  $t = 8\text{mm}$  の  $\theta_f$  を示している。なお、図には前述の平面ひずみの  $\phi$  (一線)、および参考までに、A砂についてのみだが三軸圧縮試験の  $\phi$  も示した。これより次のことが認められる。

(1) 傾斜崩壊角度  $\theta_f$  は前述の内部摩擦角  $\phi$  と同様、A砂よりB砂のほうが高い値を示している。(2) A砂、B砂、それぞれについて見てみると、いずれの場合も  $\theta_f$  は  $\phi$  より  $2\sim 3^\circ$  程高い値になっている。(3) A砂の  $\theta_f$  については、スチレンボード厚が薄い  $t = 5\text{mm}$  (□印)の方が  $t = 8\text{mm}$  (◇印)より若干高い値になっている。

以上、 $\theta_f$  が  $\phi$  より高くなる理由は、前報<sup>5)</sup>でも述べているように図-6にしめす粒子間の微小なインターロッキングの影響と拘束圧の大きさの違いによるものと考えられる。なお、上記・のスチレンボード厚さの影響も、この観点から考えることができる。

4. まとめ 以上の結果をまとめると以下のようになる。

(1) 平面ひずみ圧縮試験の拘束方向の摩擦の影響を除くためにダミー供試体を用いる方法と内蔵ロードセルにより測定する方法の2つについて実験を行なった結果、拘束方向の摩擦の影響はそれほど大きくないようである。(2) 傾斜崩壊角度は、使用するスチレンボードの厚さにより若干異なるが、内部摩擦角  $\phi$  より  $2\sim 3^\circ$  高くなる。

5. おわりに 当初、粒径の大きい岐阜砂4号は、平面ひずみ圧縮試験の際、拘束方向の摩擦を大きく受けるのではと考えていたが、それほど大きな影響はないようである。従って、今までの結果を総合すると、崩壊角度  $\theta_f$  と内部摩擦角  $\phi$  の差は粒径が大きくなるとその差が小さくなる傾向があるということになる。(豊浦砂 (D50=0.16mm) ; 約  $5^\circ$  , 6号砂 (同0.32mm) ;  $3\sim 4^\circ$  , SLB砂 (同0.62mm) ;  $3\sim 4^\circ$  , 4号砂 (同0.96mm) ;  $2\sim 3^\circ$  ) 今後は、この点についても検討していこうと考えている。

最後に実験を行ってくれた卒業研究生の野村、武井、中村君等に感謝いたします。

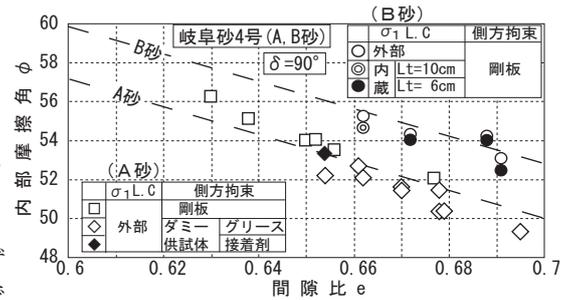


図-4 平面ひずみ圧縮試験結果 ( $\phi$  と  $e$  の関係)

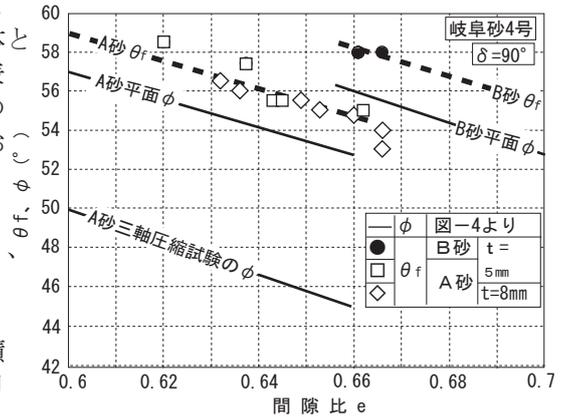


図-5 内部摩擦角  $\phi$  と崩壊角度  $\theta_f$

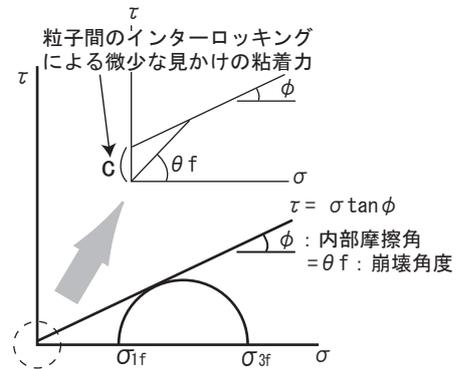


図-6 拘束圧の影響

【参考文献】

- 1) 梅津：Silver Leighton Buzzard砂と豊浦砂の傾斜実験 第30回土質工学研究発表会 p515 (H.7)
- 2) 梅津、石神：砂の傾斜実験における崩壊角度について 土木学会第51回年次学術講演会 p30 (H.8)
- 3) 梅津、石神：砂の傾斜実験と一面せん断試験 第32回地盤工学研究発表会 p517 (H.9)
- 4) 梅津、石神：岐阜産珪砂の簡易傾斜実験と平面ひずみ圧縮試験 第33回地盤工学研究発表会 p527 (H.10)
- 5) 梅津、小林：簡易傾斜箱による岐阜産珪砂の崩壊角度の測定 土木学会第56回年次学術講演概要集 p22 (H.13)