

Ⅲ-59

傾斜実験と一面せん断試験による 砂とガラスビーズのせん断強度特性

日本大学理工学部 学生会員 ○中村 祐介 学生会員 高橋弘元

正会員 梅津 喜美夫

1.はじめに 傾斜箱による乾燥砂の傾斜実験は、別報¹⁾に記されているように比較的簡単に砂の強度特性を把握できる。また、一面せん断試験は装置や試験方法が比較的単純で簡便性があり、また長年の実績もあるので実務性のある試験装置といえる。一方、平面ひずみ圧縮試験は、このような試験の簡易性には欠けるが三軸圧縮試験と違い実際の地盤の応力状態を反映し、かつ設計に有利な土の特性が得られるなどの理由から室内試験として広範囲に用いられている。当研究室では、このような背景から、これらの試験装置による砂の強度特性について研究を行っている。特に、この3つの試験は共通して平面ひずみ状態にあることから、理論的な関係についても装置の改良や開発^{2)~5)}を行ないながら検討を行なっている。別報¹⁾では「傾斜実験と平面ひずみ試験」¹⁾および「一面せん断試験と平面ひずみ試験」⁶⁾について記してあるが、ここでは、共に主応力の回転する「傾斜実験と一面せん断試験」について行った豊浦砂とガラスビーズの実験について報告する。

2. 試料 使用した試料の比重、平均粒径、均等係数を表-1示し、図-1に粒径加積曲線を示す。

表-1 試料のGs, D50, Uc一覧

	豊浦砂	ガラスビーズ
Gs	2.63	2.48
D50	0.24	2.00
Uc	2.93	1.00

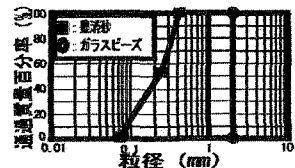


図-1 粒径過積曲線

3. 装置および実験方法 **3-1 傾斜実験** 傾斜実験は、後述の傾斜分割箱一面せん断試験との比較の関係から、堆積面とすべり面の関係を別報¹⁾と同様に直交するような実験を行なった。この実験方法を図-2に示す。実験方法の詳細については、別報¹⁾と同様なので割愛する。

3-2 傾斜分割箱一面せん断試験 従来の一面せん断試験は、上箱と下箱を強制的にずらして箱内の土試料を一面せん断させようとするもので、このためせん断箱の前後端から破壊が進行していく進行性的な破壊が生じ、そしてまた、せん断箱内の供試体は上下せん断箱の前後の側面から主働と受働の両方の土圧を受け、さらに上部下部の垂直応力は偏心分布をするため複雑な応力状態になる。したがって、要素試験として具備すべきとされる「応力と変形の一様性」が損なわれることになるので、他の試験とこの一面せん断試験とで強度等の関係を論理的に考えようとする場合には極めて不適切となる。そこで、以下に述べるような一面せん断試験装置を考案した。図-3に、このせん断箱の概要（(a)図、(b)図）と供試体の概要（(c)図）を示す。せん断箱は、(a)、(b)図に示すように、傾斜角 60° で分割された上下のせん断箱で、中に(c)図の矩形供試体収められ、せん断箱ごとゴムスリーブで覆われ、負圧が载荷される。また、上箱には図のように、鉛直方向に荷重が载荷される。まず、供試体についてであるが、供試体は試料を空中落下法でモールドに詰めた後、不飽和状態で凍結させてせん断箱に納められる。この時上記の傾斜実験と同様、堆積面の影響が現れないよう(c)図のように堆積面とすべり面が直交するようにする。次に、試験方法についてであるが、以下のような手順で行なった。①上述の凍結供試体の入ったせん断箱をゴムスリーブで密閉し、 49kN/m^2 の負圧下で解

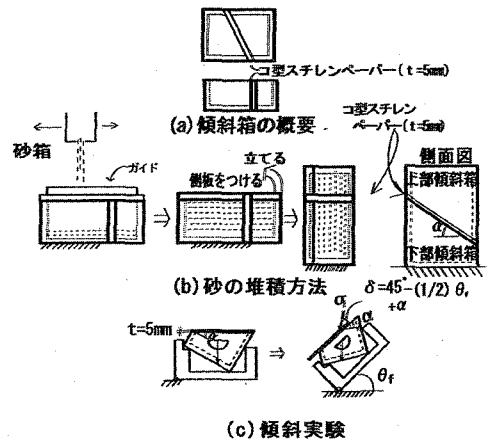


図-2 堆積面とすべり面が直交する傾斜実験

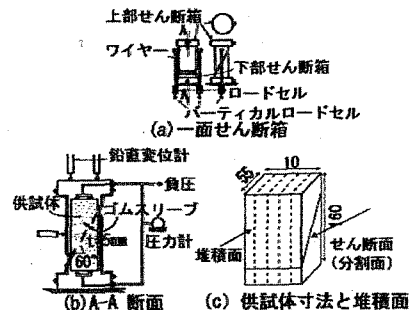


図-3 一面せん断試験の図

凍する。②解冻した供試体に通水し飽和させる。③その後所定の負圧を載荷する(このときの分割面での応力状態は図-4のAとなる)。④図-3(b)に示すように各変位計をセットする。⑤所定の鉛直荷重を上部せん断箱に載荷する(このときの分割面での応力経路は図-4のA→B'となる)。⑥負圧の大きさを減少させ、分割面でせん断破壊を生じさせる(このときの分割面での応力経路は図-4のB'→Bとなる)。⑦上記④⑤の過程を徐々に同時に行うことで、通常的一面せん断試験と同様の垂直応力一定の試験が行なえる。このように、考案した傾斜分割箱一面せん断試験は、従来的一面せん断試験のように上下のせん断箱をずらして強制的に供試体を一面せん断させるのではなく、供試体の鉛直応力と間隙水圧を制御して斜めに分割された上下のせん断箱の間でせん断破壊を生じさせるという方法をとっている。

4. 実験結果と考察 4-1 傾斜分割箱一面せん断試験による

応力曲線 図-5に実施した豊浦砂の一面せん断試験の代表例を示す。この試験は応力制御であるため、ピーク後の応力は測定されないが、密詰めダイレイタンスー特性が良く現れており、また、応力経路も従来的一面せん断試験と同様、垂直応力 σ 一定の応力経路が実現されている。

4-2 傾斜崩壊角度と内部摩擦角 図-6は豊浦砂とガラスビーズの崩壊角度 θ_f と内部摩擦角 ϕ_{ds} の関係を示したものである。

このように崩壊角度 θ_f は内部摩擦角 ϕ_{ds} より大きい値を示し、ばらつきがあるが豊浦砂については約 8° 、ガラスビーズについては約 5° の差が認められる。この差については、当面図-7に示すような内部摩擦角の拘束圧依存性にその原因があると考えている。すなわち、一面せん断試験の垂直応力 σ が約 40 kN/m^2 であるのに対し、傾斜実験での垂直応力 σ は 5 mm 程度の土被圧なのでせいぜい 0.1 kN/m^2 程度しかない。つまり傾斜実験の σ は一面せん断の $1/400$ 程しかなく、したがって、砂の強度特性に図-7に示すような微小な粘着成分があるとすれば、崩壊角度 θ_f は内部摩擦角 ϕ_{ds} より大きくなる。

5. おわりに 今回、傾斜実験の θ_f と一面せん断試験の ϕ_{ds} の関係について検討するために、豊浦砂とガラスビーズについて実験を行なったが、その定量的な関係を検討するまでは至らなかった。今後、他の試料についての実験も行いながら検討していきたいと考えている。

<参考文献> 1) 高橋、梅津、菅(2006)「傾斜実験と平面ひずみ圧縮試験によるJamuna砂(バングラディッシュ)のせん断特性」土木学会東北支部技術研究発表会(平成17年度), H18年3月10日(八戸工大) 2) 梅津、吉本「応力の一様性をはかった一面せん断試験」第31回地盤工学研究発表会 pp. 675-676, 平成8(1996)年 3) 梅津・濱寄「岐阜砂6号による傾斜分割型一面せん断試験と従来型一面せん断試験の比較検討実験」土木学会第57回年次学術講演会講演概要集第三部、平成14(2002)年 4) 梅津・今野「平面ひずみ圧縮試験と傾斜分割箱一面せん断試験による砂の内部摩擦角の比較実験」土木学会第58回年次学術講演会講演概要集、平成15(2003)年 5) 梅津、森「豊浦砂とガラスビーズによる傾斜分割箱一面せん断試験と平面ひずみ圧縮試験」第40回地盤工学研究発表会、平成17(2005)年 6) 森川、梅津、高橋(2006)「砂とガラスビーズによる一面せん断強度と平面ひずみ強度の比較検討」土木学会東北支部技術研究発表会(平成17年度), H18年3月10日(八戸工大)

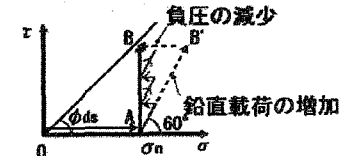
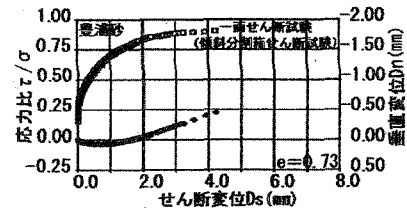
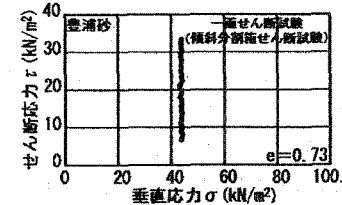


図-4 一面せん断試験の経路図



(a) 応力比(τ/σ)・垂直変位(D_n)一面せん断変位



(b) 応力経路

図-5 一面せん断試験の応力曲線と応力経路

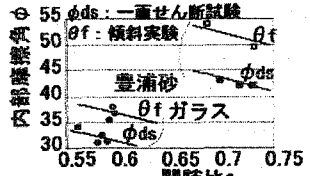


図-6 実験結果

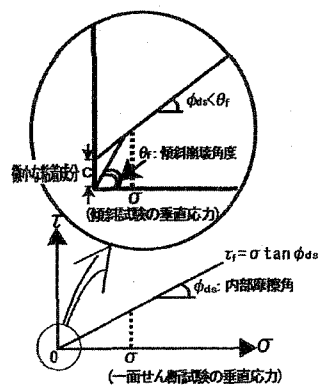


図-7 内部摩擦角 ϕ_{ds} と傾斜崩壊角度 θ_f