

III-60

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

日本大学理工学部 学生会員 菅 隆一 ○学生会員 高橋 弘元
正会員 梅津 喜美夫

1.はじめに バングラディッシュは、インドのガンジス川の東部流域にあるベンガル湾に面した北海道の約1.7倍の国土(約14万4千km²)を持つ国(旧東パキスタン:1972年独立・人口約1億3千万)で、ヒマラヤ山脈から流れる Ganges、Brahmaputra、Meghna の3河川が造るデルタ地帯が広範囲を占めている。表題にある Jamuna 砂は、この大河川の一つの Brahmaputra 河が北部のインド領から流れバングラディッシュ内で Jamuna 河と名前を変えたこの流域のものであり、河川では深さが30mにも及ぶ洗掘を生じたり、斜面では一気に数10mの斜面崩壊を生じたりすることもある。そこで今回、この Jamuna 砂のせん断特性を調べるために、傾斜実験と平面ひずみ圧縮試験を行ってみた。

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。Jamuna 砂はこのように粒子が小さく、しかも、豊浦砂と違って、扁平な形状の雲母質の粒子が多数ある。なお、豊浦砂の Batch-3 については、参考として取り上げたデータの試料である。

表-1 試料の主な物理定数

試料	G _s	D ₅₀	U _c
Jamuna	2.7	0.16	2.13
豊浦砂 Batch-3	2.64	—	—
Batch-N ₁	2.63	0.24	2.93
Batch-N ₂	2.63	0.24	2.93

3.装置および実験方法 3-1 傾斜実験 乾燥砂の入った箱を傾斜させて得られる崩壊角度は安息角といわれ、古くから着目されていたが力学定数としては扱われていない。しかしながら、本報告の傾斜実験は砂の異方性といったものも表現できる。以下にこの傾斜箱と実験方法について説明する。

まず図-2は、すべり面に対する堆積面の角度の影響を調べる傾斜箱とその実験方法を示したものである。この傾斜箱は、図に示すように斜めに分割されており、この間には(a)図に示すような軽量のステンレーパー枠(厚さ t=5mm)が挟められている。上箱は上部が開いており砂試料はここから空中落下法で堆積される。また、この箱は、分割角(α)を図のように変えて4種類用意されている。

次に、傾斜実験の方法について述べる。①まず、(a)図のように底にスリットのある砂箱に傾斜箱の中に砂を堆積させる。この時、モールドを箱の脇に置いて、これにより間隙比の測定を行う。②砂の堆積後、上箱のみを取り外し、(b)図に示すように傾斜箱の分割面を水平にして傾斜台の上にセットし、乱さないようにステンレーパー枠の上の砂を取り除き表面を成形する。③傾斜による表面の崩壊を防ぐため表面を霧吹きで湿らせた後、箱を傾斜させステンレーパーが中の試料ごとすべり出した角度を測定する。なお、平面ひずみ圧縮試験とこのような傾斜実験の異方性の比較を行なう際に必要となるのが最大主応力の方向と堆積面のなす角度(δ)であるが、これは図-2(b)の右図に示すように計算した。しかしながら、今回の Jamuna 砂については、上述のような異方性の平面ひずみ圧縮試験行えなかった。

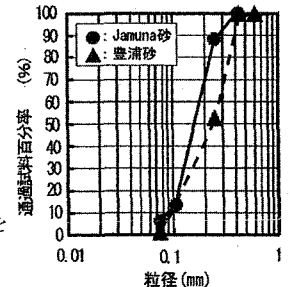


図-1 粒径加積曲線

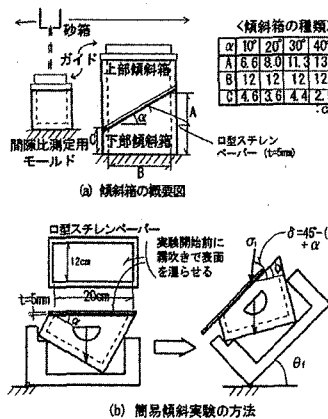


図-2 簡易傾斜箱による崩壊角度の測定

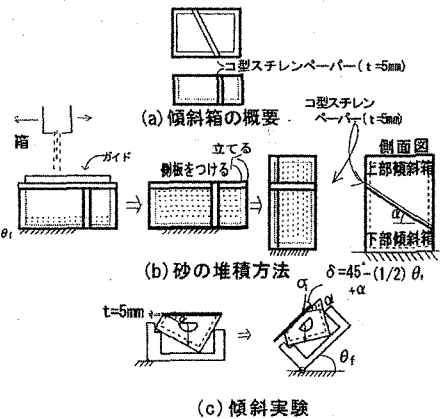
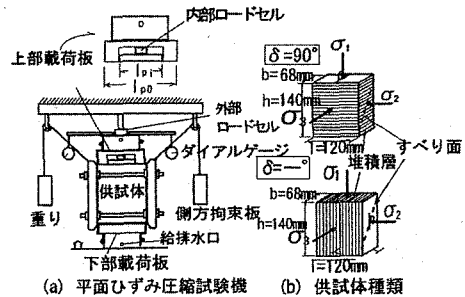


図-3 堆積面とすべり面が直行する傾斜実験

ので、図-3 に示すような堆積面がすべり面と直交する傾斜実験($\delta=90^\circ$)を行ない、平面ひずみ圧縮試験との強度比較を行なった。この傾斜実験について以下に説明する。まず、(a)図に示す傾斜箱は、図-2 の任意の分割部 α の傾斜箱で、側板を取り外したものであり、分割部にはコ型のスチレンペーパー(コ型の1辺を切り離したもので、この部分は後に取り付けられる)が挟められている。なお、図には示していないが、この傾斜箱は以後の作業中もずれないように器具でしっかり固定されている。試料の詰め方は前述の場合と同様(b)図に示すように行い、その後表面を成形して側板を再び取り付ける。この時、先ほどの切り離したスチレンペーパーも取り付け。そしてこの傾斜箱を縦にして上箱を取り去り、前述と同様の方法で実験を行なう。



(a) 平面ひずみ圧縮試験機 (b) 供試体種類
図-4 平面ひずみ圧縮試験装置と供試体

3-2 平面ひずみ圧縮試験

次に、平面ひずみ圧縮試験について説明する。この試験機は、図-4(a)に示すように負圧により拘束圧 σ_3 を载荷するタイプのものである。 σ_1 の測定は通常の载荷板上部にある外部ロードセルの他に、拘束板(供試体との間には一応グリスを塗布している)による摩擦の影響のない値を測定するために、载荷板(幅 $1p0=12\text{cm}$)に内蔵させたロードセルで载荷板中央 $1pi$ (幅 6cm)の荷重を測定した。供試体($l:120\times b:68\times h:140\text{mm}$)は、所定のモールドに空中落下法で砂を詰めて作製されるが、不飽和状態で凍結させた後、(b)図の $\delta=0^\circ$ に示すように堆積面とすべり面が直交するようにセットされ、メンブレン($t=0.3\text{mm}$)で密閉した後、負圧(80kPa)下で解凍される。なお上下载荷板の表面は、厚さ 0.3mm のゴムシートにグリスを塗布したもので摩擦の軽減をはかっている。供試体は解凍後、下部载荷板から通水し、飽和させた状態で、50kPa(0.51kgf/cm^2)の負圧(σ_3)をかけ、排水条件で圧縮される。

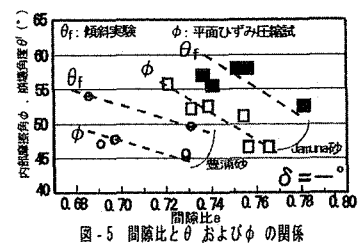


図-5 間隙比 e および ϕ の関係

4. 実験結果と考察 4-1 傾斜崩壊角度と内部摩擦角 Jamuna 砂と豊浦砂の傾斜崩壊角度 θ_f と内部摩擦角 ϕ の関係を図-5 に示す。これより、ばらつきがあるが Jamuna 砂も豊浦砂同様、傾斜崩壊角度は平面ひずみの内部摩擦角より数度高めの値となる。この理由については拘束圧の依存性の影響と考えられるが、別報²⁾に記載されているので割愛する。

4-2 強度異方性 図-6 は Jamuna 砂と豊浦砂の強度異方性の特性を最大主応力方向と堆積面の角度(δ)を横軸にとり示したものである。図には参考に他の研究のデータであるが豊浦砂の平面ひずみの $\phi^{3),4)}$ も示してある。

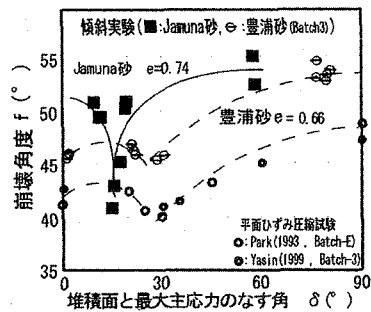


図-6 θ_f , $\phi \sim \delta$ の関係(豊浦砂, Jamuna 砂)

この豊浦砂について傾斜実験の結果を見てみると、上述のように強度の差はあるが異方性の傾向が平面ひずみ試験の場合とよく対応し、最小値の位置もほとんど一致しているのがわかる。Jamuna 砂については、残念ながらこの傾斜実験の結果しかないが、豊浦砂のような最小値が存在し、しかもかなり極端に低下している。

5. おわりに 今回行なった傾斜実験による Jamuna 砂の強度異方性の実験によると、ある方向の強度が弱くて大きく低下をするという特性を持つことがわかった。今後、この点についてさらに検討していきたいと考えている。

<参考文献> 1) 阪口秀, 村上章, 長谷川高士, 五十嵐徹 (1995) 「粒状体の安息角に関する考察」 土木学会論文集, No. 511/III-30, 221-227, 1995. 3 2) 中村, 梅津, 高橋 (2006) 「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」 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) 3) Park, C.S. (1993): "Deformation and strength characteristics of a variety of sands by plane strain compression tests", Doctoral thesis, The University of Tokyo. 4) Yasin, S. J. M., Umetsu, K., Tatsuoaka, F., Arthur, J. R. F., Dunstan, T. (1999): "Plane strain strength and deformation of sands affected by batch variations and different apparatus types" ASTM, 80-100, 1999