

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

日本大学理工学部 正会員 梅津喜美夫 日本大学大学院 学生会員 ○今野 聖

1 はじめに

当研究室ではこれまで傾斜実験と平面ひずみ圧縮試験で得られる砂の強度について様々な検討実験を行ってきた。^{1)~6)}また載荷応力の一様な傾斜分割箱を用いた一面せん断試験機の開発も行ってきた。^{7)~12)}そこで今回、この一面せん断試験機と平面ひずみ圧縮試験機を用いて、両者の砂の内部摩擦角を調べ検討してみたので報告をする。

2 試料及び供試体

使用した砂は岐阜砂 4号で土粒子の比重は $G_s = 2.638$ 平均粒径は $D_{50} = 0.96\text{mm}$ 均等係数は $U_c = 1.69$ である。供試体は、この砂を空中落下法によりモールドに堆積させて作製した($e = 0.69$)。両供試体の寸法は図 - 1 に示す通りである。ただし、異なる試験装置の結果を比較する際には、粒子配列の構造異方性を考慮しなければならないので、図 - 1 のように、両者とも堆積面とすべり面が直行するようにして、異方性の影響が現れないようにした。なお、このように供試体を装置にセットするために、供試体はモールドに詰めたあと、飽和度 $S_r = 60\%$ にして凍結させている。

3 装置および実験方法

3 - 1 平面ひずみ圧縮試験 今回使用した平面ひずみ圧縮試験機は、図 - 1 に示すように負圧により σ_3 を載荷するタイプのものである。 σ_1 の測定は拘束板による摩擦の影響を考慮して、通常のロードセルの他に、載荷板(幅 $L = 12\text{cm}$)に内蔵させたロードセルで載荷板中央 L_L (幅 6cm)の応力も測定した。供試体は負圧 20kPa のもとで解凍後、下部載荷板から通水し飽和させた状態で、 29kPa (0.3kgf/cm^2)の負圧(σ_3)をかけ、排水条件で圧縮した。なお、拘束板と供試体の間にはシリコングリースが塗布してある。

3 - 2 傾斜分割箱一面せん断試験 図 - 3 に試験機の概略を示す。この装置は上下のせん断箱の分割部が水平面から 60° 傾斜しており、供試体はせん断箱ごとゴムスリーブで被われている。供試体は上記の平面の場合と同様、凍結供試体を解凍させて飽和状態で試験を行った。この時のせん断面上の応力経路は、負圧と鉛直方向の荷重を小刻みに連続してコントロールすることにより、図 - 4 (b)図に示すように、通常的一面せん断と同様 $\sigma_n = \text{一定}$ になるようにした(A→B)。この時 $\sigma_n = 39\text{kPa}$ であり、また、変位の測定は全て 60° の分割面上に換算してある。

4 実験結果と考察

4 - 1 強度変形特性 図 - 5 に両試験により得られた応力～ひずみ関係を示す。

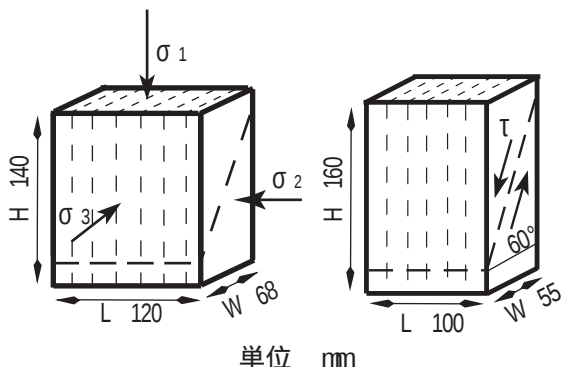


図 - 1 供試体について

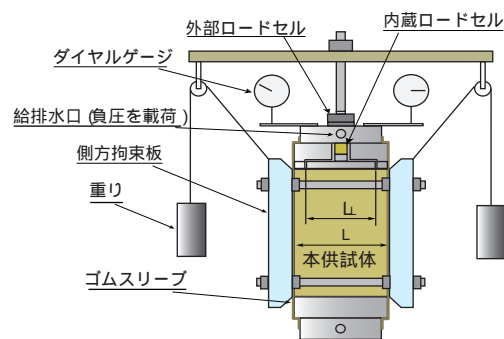


図 - 2 平面ひずみ圧縮試験概略図

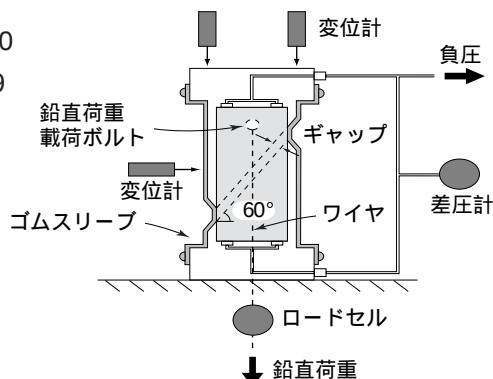


図 - 3 傾斜分型箱一面せん断試験概略図

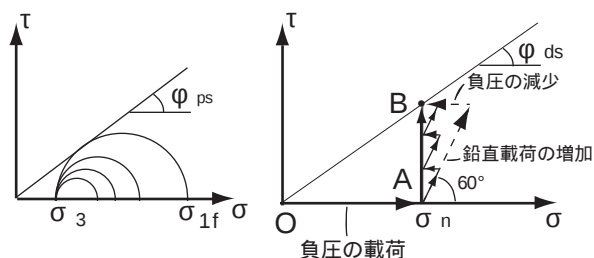


図 - 4 応力経路図

キーワード：一面せん断試験機、平面ひずみ圧縮試験、砂、内部摩擦角、ダイレイタンス

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8-14 日本大学理工学部土木工学科 梅津研究室 TEL 03-3259-0688

(a)図は、平面ひずみ圧縮試験のグラフで縦軸に応力比 σ_1/σ_3 と、体積ひずみ ε_v 、横軸に軸ひずみ ε_1 をとっている。(b)図は傾斜分割箱一面せん断試験のグラフで、縦軸に応力比 τ/σ_n 、横軸にせん断変位 $D_s(\text{mm})$ 及び垂直変位 $D_n(\text{mm})$ をとっている。これより以下の諸点が認められる。まず、(a)図の内蔵ロードセルの値()は、外部ロードセルの値()より若干低い。また、その差は軸ひずみ量の増加と共に大きくなっている。しかしながら、内部摩擦角 ϕ での両者の差は 0.6° と小さな値である。また、体積ひずみ()は、収縮がほとんど見られず膨張側に生じている。

(b)図の応力比(□)には明確なピークは現れていないが、これは応力制御で行っているからである。なお、体積変化は、せん断初期収縮側に生じているが、その後膨張側に転じている。

4-2 内部摩擦角 図-6は、両試験機の内部摩擦角と間隙比の関係を示したものである。、は平面ひずみの内部摩擦角 ϕ_{ps} で、は外部ロードセルで測定したものであり、は内蔵ロードセルで測定したものである。また、□はせん断の内部摩擦角 ϕ_{ds} を示したものである。なお、はこの一面せん断のデータからDavisの式¹³⁾で求めた平面ひずみの値である。このDavisの式は下記のように、一面せん断試験のダイレイタンシー特性を考慮して求めたものであるが、実験結果とほぼ同じ値になっている。

$$\text{cosec} \phi_{ps} = \cos \nu \cdot \cot \phi_{ds} - \sin \nu$$

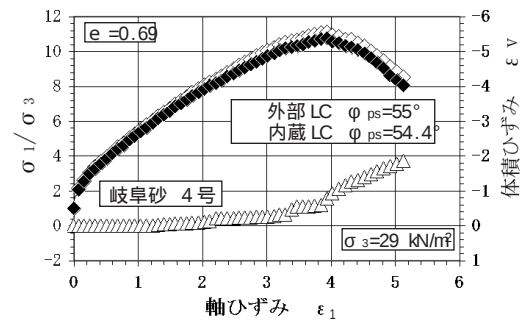
但し、 ν は一面せん断のダイレイタンシー角

5 おわりに

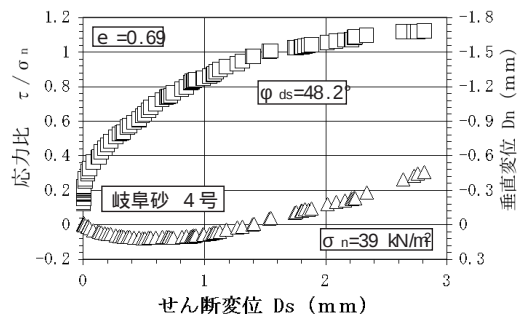
以上、平面ひずみ圧縮試験と傾斜分割箱一面せん断試験の結果にDavisの式を適用してみたところ、よく整合する結果が得られた。今後は、更にデータを増やし、様々な角度から両試験による結果を検討していきたいと思っている。今回の報告の為に指導し協力して頂いた濱寄、小林両先輩、そして実験を行ってくれた柴田君に感謝します。

【参考文献】

- 1) 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56回年次学術講演会講演概要集第三部(A) pp30~ 31
- 2) 梅津、石神 「岐阜砂を用いた傾斜崩壊角度に関する検討実験」日本大学理工学部学術講演会 平成8年11月
- 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 2分冊の1 pp517~ 518 平成9年7月
- 4) 梅津、石神 「岐阜産主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 2分冊の1 pp527~ 528 平成10年7月
- 5) 梅津、小林、萩原 「簡易傾斜箱による岐阜産主砂の崩壊角度の測定」土木学会56回年次学術講演会講演概要集第三部(A) pp22~ 23
- 6) 梅津、小林、萩原 「簡易傾斜箱による岐阜産主砂の崩壊角度の測定」土木学会57回年次学術講演会講演概要集第三部 論文番号 -686
- 7) 梅津、吉本 「応力の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 2分冊の1 pp675~ 676
- 8) 梅津、吉本 「載荷応力の様性をはかった一面せん断試験の検討実験」第32回地盤工学研究発表会 2分冊の1 pp515~ 516
- 9) 梅津、吉本 「間隙水圧を利用した傾斜分割せん断箱による一面せん断試験」第33回地盤工学研究発表会 2分冊の1 pp529~ 530
- 10) 梅津、濱寄 「可変応力型の傾斜分割型一面せん断試験装置」土木学会58回年次学術講演会講演概要集第三部(A) pp54~ 55
- 11) 梅津、濱寄 「従来型一面せん断試験におけるゴムスリーブ影響の検討実験」土木学会56回年次学術講演会講演概要集第三部(A) pp16~ 17
- 12) 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57回年次学術講演会講演概要集 第三部、論文番号 -294
- 13) E. H. Davis, Theories of plasticity and failures of soilmasses, Soil Mechanics - selected topics (ed. I. K. Lee) (1968) pp. 341-380



(a) 平面ひずみ圧縮試験



(b) 傾斜分割箱一面せん断試験

図-5 応力～ひずみ関係

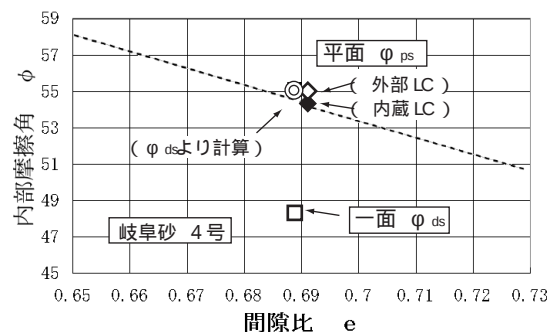


図-6 e～φの関係