

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

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 ○濱寄 純

1. はじめに 通常的一面せん断試験では、強制的に上下のせん断箱をずらして供試体を一面的にせん断破壊させるため、供試体に作用する応力状態は極めて複雑になり、供試体内部の破壊も様にならない傾向がある。従って、例えば Davis の一面せん断強度と平面ひずみ強度の関係式¹⁾などを実験的に検討するような場合、理論的前提に問題が生じることになる。そこで当研究室では、载荷応力の一様な傾斜分割型一面せん断試験機（以下、新型試験機）を考案し、試験機の検討実験を行って来た²⁻⁵⁾。前報⁶⁾では、新型試験機と従来型的一面せん断試験機（以下、従来型試験機）の比較を行う為の準備として、従来型試験機におけるゴムスリーブ張力の影響について検討実験を行なったが、その後、追加の検討実験を行うと共に新型試験機についてもゴムスリーブ張力の影響について検討を行ったので、今回はそれらも含めて岐阜砂6号による両試験機の比較結果について報告する。

2. 試料及び供試体 試料は岐阜砂6号で、土粒子の密度は $G_s=2.638$ 、平均粒径は $D_{50}=0.32\text{mm}$ 、均等係数は $U_c=1.50$ である。供試体は試料をモールドに自由落下させて作成した。寸法は図1に示す通りである。なお、供試体は成形後に70%の不飽和状態で冷凍してせん断箱内に納めた。また、今回は図1のように供試体の堆積面をせん断面と直行させ、初期構造の異方性の影響が現れないようにした。

3. 試験機及び実験方法 **3-1. 傾斜分割型一面せん断試験機（新型試験機）** 図2に新型試験機の概略を示す。この装置では分割部が水平面から 60° 傾斜したせん断箱を使用する。また、せん断箱全体をゴムスリーブで被い、供試体に負圧を載荷できるようにした。次に実験方法を図3の応力経路と対応させながら説明する。

(1) 負圧(100kPa)を掛けた状態で解凍した凍結供試体を通水によって飽和状態にする。(2) 負圧を調節して垂直応力を所定の大きさにする。この状態(図3のA点)を初期状態とする。(3) 上箱に鉛直荷重を載荷していく。応力は図3のB点に変化する。(4) 鉛直荷重による垂直応力の増分だけ負圧を減少させると、やがて供試体は分割面でせん断破壊する(図3のB→C)。但し今回は鉛直荷重の増加と負圧の減少を小刻みに同時に行い、従来型試験機と同じ応力経路(図3のA→C)をとるようにした。このように、上下のせん断箱を強制的にずらすのではなく、供試体内の応力状態をコントロールすることによって供試体をせん断するので、通常的一面せん断試験に比べ、極めて一様に供試体内に応力を伝達することができる。なお、今回はゴムスリーブの張力が実験結果に与える影響を検討するため、3種類(厚さ $t=0.2, 0.3, 0.4\text{mm}$)のゴムスリーブを用いて実験を行った。

3-2. 従来型一面せん断試験（従来型試験機） 従来型試験機(図4)では、せん断箱全体を水槽に水没させ、供試体を飽和状態にする。但し、せん断箱のギャップ部分にスポンジを取り付け、試料が崩れるのを防いだ。実験は、(1) 凍結供試体に垂直荷重(100kPa)を載荷した状態で解凍した後、水槽に水を入れて飽和状態にする。(2) 垂直応力を所定の大きさにして初期状態(図3のA点)とする。(3) 下箱を一定速度で変位させて供試体をせん断する(図3のA→C)。また、新型試験機と拘束条件を近付けるため、図5のせん断箱を用いて、供試体をゴムスリーブ(厚さ $t=0.3\text{mm}$)で被い、負圧を載荷できるようにした装置でも実験を行った。但し、この装置による実験結果は、事前に測定したゴムスリーブ張力によって補正を行っている⁶⁾。

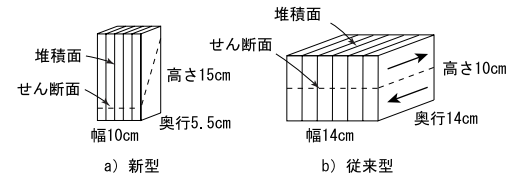


図1 供試体

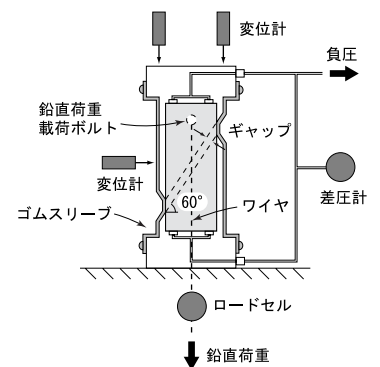


図2 新型試験機

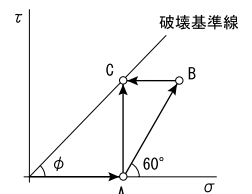


図3 応力経路

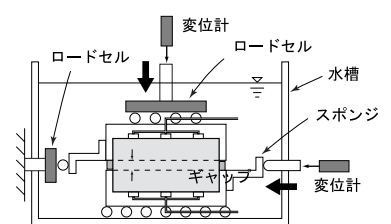


図4 従来型試験機
(水槽使用)

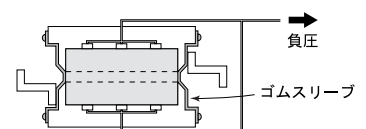


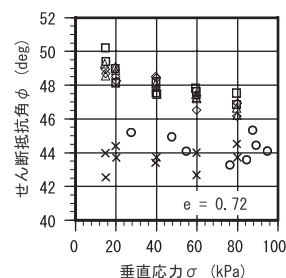
図5 従来型試験機
(ゴムスリーブ使用)

キーワード：一面せん断試験，応力，変形，砂，試験装置

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

4. 実験結果 4-1. せん断抵抗角と垂直応力の関係 図6に各試験機による垂直応力 σ とせん断抵抗角 ϕ の関係を示す. 図中の□, ◇, △印は新型試験機によるもので, 図中に示すゴムスリーブ厚の違いを示している. また, ×, ○印は従来型試験機によるもので, それぞれ, 水槽を利用して供試体を飽和させた場合と, 新型と同様にゴムスリーブを使用(但し, 張力補正)した場合を示している. この図より, 次のことが認められる. (1) 新型試験機についてみると, 全体的に垂直応力 σ が大きくなると ϕ は低下していくが, それぞれの σ のレベルでの ϕ に着目すると, ゴムスリーブ厚による傾向的な変化は見られず, ゴムスリーブ張力の影響は無視できる程小さくなっている. (2) 従来型試験機の結果について見てみると, 全体として, 新型試験機に比べ2〜5°程度低い ϕ が得られており, 新型試験機の場合と違って σ によらずほぼ一定の ϕ が得られている. なお, 新型との差は垂直応力が小さい程大きい. (3) 水槽使用のものは, ゴムスリーブ使用のものに比べ若干小さめの値となっているが, 大きな差は無い.

装置	条件
□	リムス 0.2 mm
◇	リムス 0.3 mm
△	リムス 0.4 mm
×	水槽使用
○	ゴムスリーブ使用

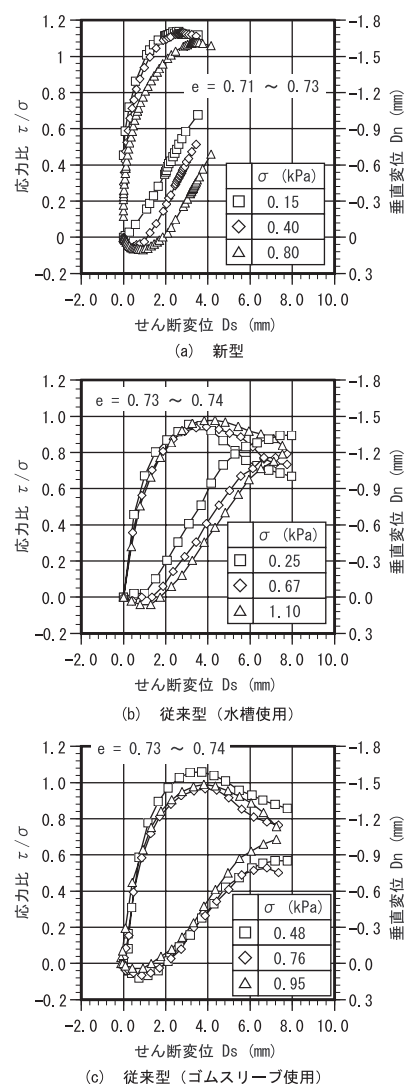
図6 $\sigma \sim \phi$ 関係

4-2. 応力比と垂直変位の関係 図7に各装置によるせん断変位 D_s と応力比 τ/σ 及び垂直変位 D_n の関係を示す. (a)図は新型試験機のものをしており, (b), (c)図は従来型のもので, それぞれ水槽使用とゴムスリーブ使用のものを示している. また, それぞれの図には代表的な3種類の垂直応力 σ の結果を示している. なお, (c)図はゴムスリーブ張力を補正していない. これより次のことが認められる. (1) 新型試験機のものを見てみると, (イ) $\tau/\sigma \sim D_s$ 曲線の勾配は垂直応力 σ が大きくなると小さくなる傾向があり, ピーク時のせん断変位 D_s も大きくなる傾向がある. (ロ) 体積変化特性($D_n \sim D_s$ 関係)も, σ が大きくなると収縮側に生じる傾向が明確に現れている. (2) 従来型では, 上記(1)の変形特性に関する傾向は, (b)図については比較的認められるが, (c)図についてはあまり明確に認められない. (3) 新型と従来型のピーク時のせん断変位を比べると, 新型では2〜3mmであるのに対し, 従来型では, 3〜4mmと大きな変位が発生している.

5. まとめ 岐阜砂6号による両試験機の今回の結果をまとめると, 以下のようになる. (1) 垂直応力の違いによるせん断挙動(ϕ , $\tau/\sigma \sim D_s$ 関係, $D_n \sim D_s$ 関係)の変化は新型試験機の方が従来型試験機より明瞭に現れている. (2) 破壊時のせん断変位は, 新型試験機の方が小さい.

6. おわりに 以上の結果から考えると, 新型試験機は当初の目的通り従来型試験機に比べ, 上下のせん断箱間の応力と変形が一樣に発生していると考えられる. 今後は新型試験機による一面せん断試験と, 平面ひずみ試験との比較を行いたいと考えている. 最後に, 今回の報告の為に実験を手伝ってくれた, 千葉育郎君, 府川学君, 菅原裕也君, 深沢紀夫君に感謝します.

参考文献 1) E. H. Davis, Theories of plasticity and failures of soilmasses, SoilMechanics - selected topics (ed. I. K. Lee) (1968) pp. 341-380, 2) 梅津喜美夫, 吉本龍彦「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2分冊の1(1996)pp. 675-676, 3) 梅津喜美夫, 吉本龍彦「載荷応力の一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(1997)pp. 515-516, 4) 梅津喜美夫, 吉本龍彦「間隙水圧を利用した傾斜分割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(1998)pp. 529-530, 5) 梅津喜美夫, 濱寄純「可変応力経路型傾斜分割箱一面せん断試験装置」土木学会第55回年次学術講演会講演概要集第3部(A)(2000)pp. 54-55, 6) 梅津喜美夫, 濱寄純「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」土木学会第56回年次学術講演会講演概要集第3部(A)(2001)pp. 16-17

図7 $D_s \sim \tau/\sigma$, D_n 関係