

日本大学理工学部土木工学科 正会員 梅津喜美夫

日本大学理工学部土木工学科 学生会員 濱寄純

1.はじめに 一面せん断試験は、試験機、試験方法が簡便である上に、せん断面上の応力を直接求めることが出来るなどの利点を持ち、古くから広く用いられてきた。地盤工学会はこのような背景から、数年前に実用化に向けての検討委員会を作っている。しかしながら、この一面せん断試験は、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一様にはならない。従って、通常的一面せん断試験は、要素試験として具備すべき①載荷応力の一様性と、②変形の一様性という条件が共に欠けている。

そこで筆者らは、載荷応力の一様性をはかった一面せん断試験装置を考案し、その試験方法について様々な検討を行ってきた。今回、これらの結果をふまえ、任意の載荷応力経路の試験が行える表題のような一面せん断試験装置を新たに考案した。紙面の関係で、開発過程の様々な検討実験については割愛し、考案した新装置と、この装置による2～3の実験結果について記させていただく。

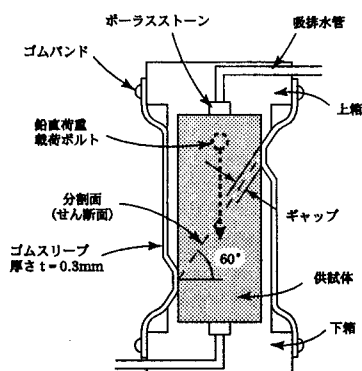


図-1 傾斜分割せん断箱断面

2.試験装置 通常的一面せん断試験機では、上述のように強制的に上下のせん断箱をずらして供試体の分割部にせん断応力を発生させる。しかしながら、本装置では上下のせん断箱の分割部を斜めにする事で、上箱の鉛直荷重の載荷により供試体分割部にせん断応力を発生させる。この上箱の鉛直荷重は、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出来る。まず、この傾斜分割せん断箱について説明する。

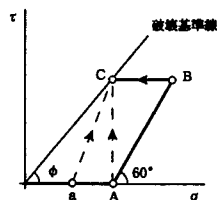


図-2 応力経路

2-1. 傾斜分割せん断箱と供試体の応力経路 図-1は傾斜分割せん断箱の断面の概略を示したものである。このせん断箱は、矩形で中央部の分割部が水平面から60°傾斜している。図-2には、この分割部で供試体が一面せん断されるまでの応力経路が示してある。これらの図を元に供試体が一面せん断される過程について以下に説明する。

せん断箱内の供試体は飽和砂試料で、図-1に示すように外側からゴムスリーブで覆われており、負圧がかけられる。このとき応力状態は図-2のAになる。次に、上部のせん断箱から鉛直下方に載荷を行うと、分割部での応力状態はBになる。さらに、鉛直方向の載荷量を一定にして、負圧(拘束圧)を減少させていくと、分割部での応力状態は、せん断応力が一定で、鉛直応力のみが減少するため、B→Cの経路をたどり破壊基準線に到達する。

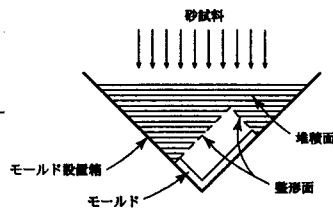


図-3 供試体作成方法

なお、上記のような応力経路の他、負圧の大きさを図-2のaにすることで、a→Cの応力経路の試験も行えるし、また、2-3.で述べるが、載荷方法を工夫することでA→Cのような応力経路の試験も行える。

2-2. 供試体の作製方法 供試体試料には岐阜砂6号 ($G_s = 2.638$, $D_{50} = 0.32\text{mm}$, $U_c = 1.50$)を使用した。供試体寸法は、縦15cm、横6cm、奥行10cmで、同寸法のモールドに砂を自由落下させて作製する。このとき、図-3に示すようにモールド設置箱を利用して、モールドを傾けた状態で試料を詰めることにより、堆積面の角度を自由に設定することが出来る。なお、作製した供試体は、70%の不飽和状態にした後、整形し、冷凍させて使用する。

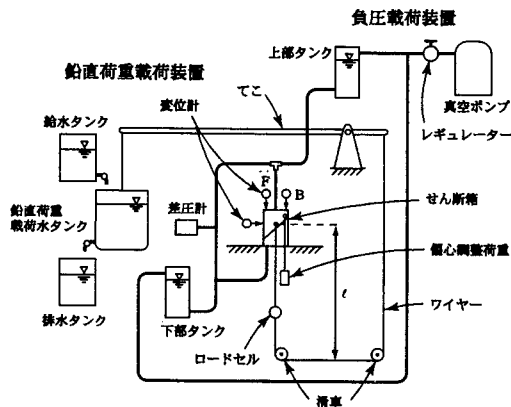


図-4 載荷装置の概略

キーワード：一面せん断試験、応力の一様性、変形の一様性、砂、応力経路

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

2-3. 載荷装置 図-4に載荷装置の概略を示す。この装置は、図のようにてこを利用した鉛直荷重載荷装置と負圧載荷装置で構成されている。

まず、負圧載荷装置について述べる。負圧の載荷は、図に示すように、上下2つの水タンクを介して、真空ポンプにより載荷される。この2つの水タンクは、負圧を載荷した状態で通水を行うことにより、供試体を飽和させるために用いるものである。通水完了時には、供試体下部に連結されているタンクの水面を供試体中央の高さにして、せん断試験を行う。なお、この負圧は図に示す差圧計によって計測される。

次に、鉛直荷重載荷装置について述べる。この鉛直荷重の載荷は、ワイヤーを介してタンクの水の重量によって載荷される。水を用いるのは連続的に鉛直荷重が調整できるようにするためである。先に述べた負圧と、この鉛直荷重の水量の増減をコントロールすることにより、通常的一面せん断試験と同様の鉛直荷重一定で、せん断応力増加(図-2のA→D)の応力経路の試験も行える。

なお、せん断の進行に伴う上箱のずれにより、鉛直荷重を伝えるワイヤーに傾きが生じてしまうが、上箱から最初の滑車までのワイヤーの長さ l をある程度とていれば、この傾きの影響は極めて小さくすることが出来る(ex. $l = 50\text{cm}$ 、せん断変位 2mm のとき、垂直応力は $8 \times 10^{-4}\%$ しか減少しない)。また、この上箱のずれにより鉛直荷重が偏心するが、これについては、図に示すように偏心調整荷重により対応しようと考えている(今回の実験では実施していない)。

3. 試験結果 以下に本装置を利用して得られた試験結果(せん断応力一定の応力経路[図-2のB→C経路])について述べる。

3-1. せん断変位とせん断応力及び発生垂直変位の関係 図-5にせん断変位 D に対するせん断応力比 τ/σ 及び発生垂直変位 δ_v の関係を示した。図中の垂直変位は、上箱のダイヤルゲージ F と B の2カ所の変位を示している。なお、これらのダイヤルゲージの値は、全て分割面に沿った値に換算してある。

この図より、発生垂直変位は F と B の箇所では違いが生じ、破壊時で約 0.16mm 程差が生じている。これは、前述のような上箱の偏心の影響と思われる。今後は、2-3.で指摘したような偏心調整荷重により対応していきたいと思っている。

3-2. 平面ひずみ強度との比較 図-6は今回の一面せん断試験の結果 ϕ_{ds} (●印)と、筆者らの研究室で行った平面ひずみ試験(□印)の $\phi \sim \delta$ 関係を示したものである。なお、 δ は最大主応力 σ_1 と堆積面のなす角で、本装置の場合の δ は、図-7に示すように求めた。また参考として、Davis(1968)による関係式により一面せん断試験の ϕ_{ds} から平面ひずみ試験の ϕ_{ps} を求めた値(○印)も合わせて示してある。

図より、今回の一面せん断試験の結果は、およそ平面ひずみ試験の結果と対応しているが、平面ひずみ試験の結果のばらつきの下の方に位置している。なお、Davisの式による計算値は、このばらつきの上の方に位置している。平面ひずみ試験結果の本当の値が、もしこのばらつきの上の方の値だとすれば、ダイレイタンスを考慮したDavisの式は両者の関係をよく表現していることになる。

4. おわりに 今回、装置の調整、改良がまだ不十分のため、限られた条件の実験結果しか報告できなかった。また、比較を行った平面ひずみ試験は結果のばらつきが大きく、両者の関係について深く検討できなかった。今後は、新装置の調整、改良を早急に進めると共に、精度の良い平面ひずみ試験等を実施し、多角的に実験結果を検討していきたいと思っている。

最後に、新装置の改良及び実験を行ってくれた卒研生の尾崎君、また、昨年、一昨年と装置の改良、開発に携わってくれた、吉本、阿部、若林、山下、正村、荻原の各卒研生の皆さんに深く感謝します。

【参考文献】 Davis, E. H. (1968) Theories of plasticity and failures of soil masses, Soil Mechanics, selected topics (ed. I. K. Lee), London:Butterworth.

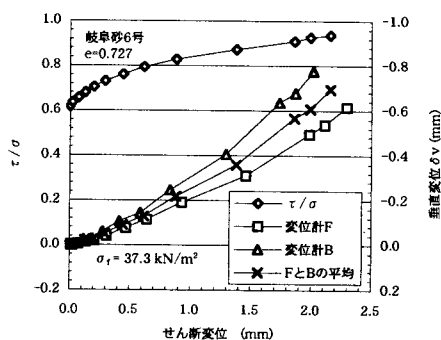


図-5 $\tau/\sigma, \delta_v \sim D$ 関係

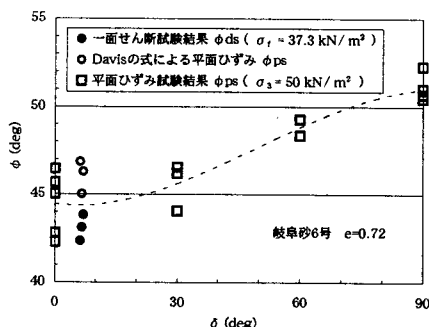


図-6 $\phi \sim \delta$ 関係

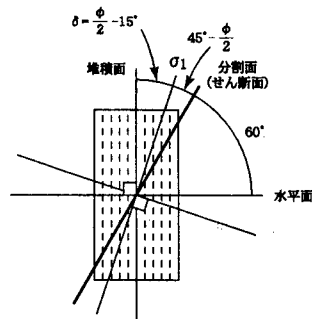


図-7 最大主応力 σ_1 と堆積面の角度 δ