

Ⅲ－1

粘土の残留状態再現のための大変位一面せん断試験方法について

○岩手大学工学部 学生員 甲谷 紀幸
岩手大学工学部 正会員 大河原正文

1. はじめに

地すべりでは、すべり面強度が残留状態に至っていることが広く認められることから、残留強度の測定が工学的に極めて重要なものであるとの認識が一般に定着してきている。残留強度の測定には、大きなせん断変位が必要で、繰り返し一面せん断試験、リングせん断試験などの変位を得るための特殊なせん断試験が実施されている。しかし、これら試験方法は、実際の地すべりの直線的な一方向せん断とはせん断機構が異なっており、これは基本的問題であるメカニズムの面からみても、せん断方式はできるだけ近似することが望ましいと考える。当研究室では、これまでに一方向せん断が可能な「大変位一面せん断試験装置」を試作し、改良を加えてきた¹⁾。本研究では、とくに垂直応力の載荷方式とせん断力の測定方法（摩擦力の除去方法）について検討した結果を報告する。

2. 試験装置

大変位一面せん断試験装置の概要を図-1に示す。本装置は上部固定・下部可動型で、垂直力は上部よりペロフラムシリンダーにより空気圧で載荷する構造になっていて、せん断力は可変モーターによりロッドを介してせん断箱へ伝達され、最大水平変位量は600mmまでの一方向せん断が可能である。

3. 試験方法の検討項目

3.1 載荷方式

本研究では、垂直力を「回転式」と「剛結式」の2方式により載荷し、双方を比較、検討した。「回転式」とは、載荷板の両側に設置された2本のペロフラムシリンダー(NO.1, NO.3)により載荷する方式で、載荷板が回転することを許している。「剛結式」とは、荷板中央とペロフラムシリンダー(NO.2)を剛結し、載荷板が回転しない方式をさす。

3.2 せん断力測定方法

下せん断箱にはせん断中に上せん断箱内の供試体の落下を防止するために「上部供試体受け」が装着されている。そのためせん断変位が大きくなると供試体と上部供試体受け(金属)との接触面積が増加し、両者の摩擦力を無視できなくなる。この摩擦力の除去方法として、水平ロードセルにより測定された全せん断力からあらかじめ測定しておいた上供試体と供試体受けとの摩擦力を差し引く方法「差し引き法」と、せん断終了間際の下せん断箱と供試体受けとを結合しているピンを引き抜くことにより双方を切り離し、供試体同士のみでのせん断力を測定することによって真のせん断力とする方法「切り離し法」(図-3)を考案した。

4. 試験方法

試料はNSF粘土を用い150kPaで7日間、予圧密したものを使用し、その予圧密試料を長さ600mm、高さ45mm、幅30mmに成形し供試体とした。試験条件は、垂直応力100kPa、せん断速度0.5mm/minとし、圧密を12時間行った後にせん断を開始した。なお、垂直応力は、上下せん断箱からの試料漏れの影響を少なくするために過圧

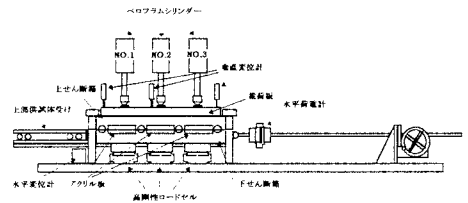


図-1 大変位一面せん断試験装置概要図

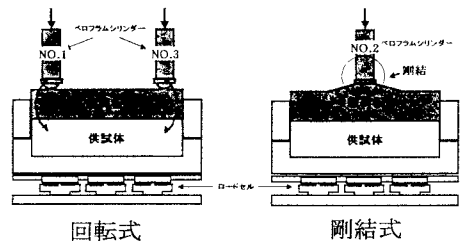


図-2 載荷板の載荷方式

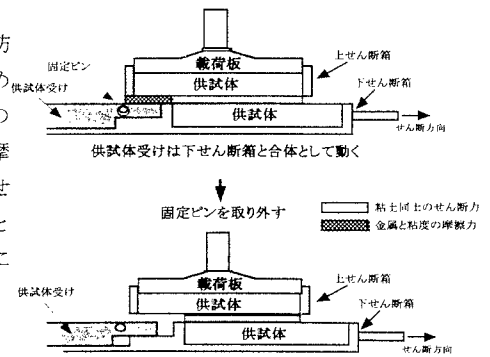


図-3 切り離し法

密状態になるように設定した(OCR=1.5)。

5. 実験結果および考察

5. 1 載荷方式の比較

「回転式」では圧密・せん断時ともに載荷板が傾き、とくにせん断時においてその傾向が大きかった。大変位せん断試験では、長時間にわたり一方向にせん断されるため、どうしてもせん断の過程で供試体がせん断方向に引きずられてしまう。その結果、せん断方向とは逆側（上せん断箱は左端、下せん断箱は右側）に隙間が生じ、回転式では載荷板が傾く。

「剛結式」では、載荷板を中央(NO.2)のペロフラムシリンダーと剛結しているのでその傾きは極めて小さい。試験によっては、せん断の際に現れる隙間が 1.5cm 程あり多少の傾きは見られたが、NO.3 のペロフラムシリンダーの圧力を手で載荷板に加えることで随時修正可能だった。

ところで回転式では 2 本のペロフラムシリンダー(NO.1,NO.3)を載荷板の両側に配置しているため、そのバランスが重要視される。少しの隙間や機械的な誤差が生まれると載荷板に影響して傾きが出やすく、結果としてコンピュータによる定圧制御が難しい。一方、剛結式は傾きがほとんど見られず、加えて、せん断箱内にできる隙間は、せん断箱の底面と載荷板に画鋲を敷き結めることによって解消したことから、定圧条件を満足している。よって、大変位一面せん断試験における垂直力の載荷方式としては、「剛結式」が適していると考えられる。

5. 2 せん断力測定方法の比較

せん断試験(剛結式)により得られた水平変位(HD)－せん断力(F)の関係を図-4 に示す。図中 A 線は水平ロードセルにより測定された全せん断力(真の残留強度+供試体受け摩擦+試料漏れ摩擦)であり、水平変位 200mm 付近のせん断力の減少はせん断箱と供試体受けとの切り離し(切り離し法)を実施した点である。その減少分(ΔH)が上部供試体と受けとの摩擦力であり、減少後の値を残留強度(Z)とした。B 線は A 線から、あらかじめ測定しておいたせん断箱と受けとの摩擦力を差し引いたもの(差し引き法)である。これら、差し引き法で求めた値を応力変換したものが図-5 である。図に示されたとおり、せん断応力は残留状態であるにもかかわらず水平変位の増加に伴い増加している。これは、せん断中にせん断箱から漏れ出した試料によって、せん断箱間に試料が挟まり摩擦力を発揮しているためである。ちなみに、試料漏れが発生する前の最小せん断応力(水平変位 70mm)は 60.0 kPa であり、三田地、九田ら(1900)の繰返し一面せん断試験結果($\tau_r = 59.1$ kPa)とほぼ同じ値を示している。試料漏れが生じない場合において、差し引き法が適用可能と考える。なお、切り離し法については、残念ながら試料漏れが発生する前のデータが得られなかったため、既存データとの比較、検討は今後の課題とした。

6. 今後の課題

今後の課題として、せん断箱からの試料漏れ、それによるせん断箱間で発揮される摩擦力の対策が必要である。具体的には、上下せん断箱の接する面積を小さくするためにテーパにする、せん断箱間から出る試料漏れの乾燥を防ぐためのプールを設けるなどが挙げられる。これらの改良を加えた上で、切り離し法の検討を行い、将来的には実用化を図りたい。

<参考文献>

1) 辻成成・大河原正文：粘土の残留状態再現用大変位一面せん断試験装置の試作，平成 12 年度東北支部技術研究発表会講演概要，pp308－309，2001

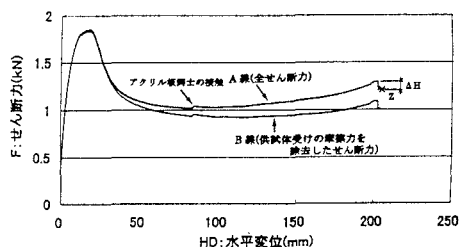


図-4 水平変位(HD)とせん断力(F)

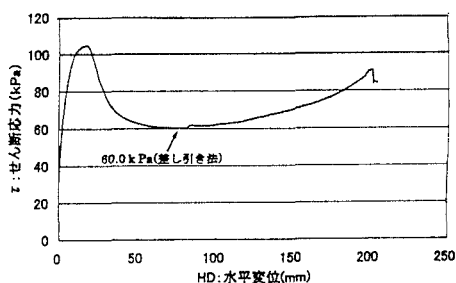


図-5 水平変位(HD)とせん断応力(τ)