

III-88

一面せん断定体積試験の自動化

大阪市立大学工学部 高田直俊 大島昭彦
日本工営(株) 岡本 悟

はじめに 一面せん断試験機(改良型)を用いた定体積せん断試験は、試験者が垂直変位計を見ながら、せん断中に供試体の厚さが変化しないように、垂直荷重を手動で制御して行われる。この荷重制御操作は試験者に緊張と労力、そしてかなりの熟練を要求する。そこであまり熟練度の高くない試験者にも安定した試験結果が得られるよう、さらに試験の省力化のため、既存の試験機の簡単な改造によって、一面せん断定体積試験の自動化を図った。ここでは試験装置と定体積制御精度を確認するための実験結果を紹介する。

試験装置 試験機は既存の改良型一面せん断試験機を用い、せん断中に垂直荷重加圧軸を図-1に示す2個のエアシリンダー(内径5cm)で、両側から強くはさみつけることによって上下方向の動きを固定し、垂直荷重(有効応力)はせん断箱と反力ローラーの間に入れた小型の荷重計で測定する。

加圧軸の固定はピストン軸の端面との摩擦によるので両者の間にサンドペーパーを貼付け、摩擦係数を上げ、ピストン軸はピストン径と同じにしてシリンダーとの遊びをなくし、固定部の剛性を高めている。この固定方式は供試体に最も近い部分で加圧軸を固定するため、垂直荷重載荷レバーを固定する方式などに比べ、機械的な遊びやたわみが少ない。せん断箱と反力ローラーの間に入れた荷重計はできるだけ変形の小さなものを用いた。その変形量は4kgf/cm²の垂直圧力に対して0.001mm以下である。

試験方法は、供試体を圧密したのち上下せん断箱間の隙間をあけ、エアシリンダーに空気圧をかけて加圧軸を固定し、通常的方式でせん断する。荷重と変位データの計測はパソコンを用いて自動化している。

定体積制御の精度確認実験 定体積せん断試験の自動化に当たって、まず「定体積」条件として許容できる垂直変位を調べる。それには次の方法をとった。まず在来の手動制御による正確な定体積せん断試験を行う。次に、この時の垂直応力(有効応力)を規準にして、次式に定義する制御度Mをせん断中に一定に保つように垂直応力 σ を手動で制御したせん断試験を、Mをいくつかに変えて行い、得られる試験結果を比較する。

$$M = \frac{\sigma_0 - \sigma}{\sigma_0 - \sigma'} \quad \begin{array}{l} \sigma_0: \text{圧密圧力、} \sigma': \text{正しい定体積せん断時の有効垂直応力} \\ \sigma: \text{与えた試験条件における垂直応力} \end{array}$$

Mの値は、M=0(無制御：不完全な定圧せん断試験に相当)、1/2、3/4、7/8である。M=1の場合は正しい定体積せん断試験である。これらの試験結果と上述の自動定体積せん断試験機による結果を対比する。

試験に用いた粘土試料は大阪南港で採取した埋立て粘土($w_L=97\%$ 、 $w_P=35\%$)で、スラリーに練り返したものを2kgf/cm²で予圧密したブロックから直径6cm、厚さ1cmの供試体を切り出し、これを試験機内で $\sigma_0=4\text{kgf/cm}^2$ で圧密してせん断する。せん断速度は応力増加速度を0.1kgf/cm²/min、変位速度を0.5mm/minとした。

図-2にMを変えて行ったせん断試験のせん断応力、垂直応力、垂直変位とせん断変位の関係を、図-3に応力経路(M=1以外は見かけの有効応力)を示した。Mが小さい時はせん断中に供試体はかなり圧縮するので、大きなせん断強度を得ている。M=7/8では、せん断強度は正しい定体積条件のものよりも約4%大きくなる程度で、応力-変位関係と応力経路も正しい定体積条件のものに近づいている。この場合の垂直変位は、せん断応力ピーク時で0.02mm、せん断終了時で0.05mmである。これから外挿して、供試体厚さ1cmの場合には、定体積せん断の垂直変位の制御精度はせん断応力ピーク時で0.01mm以下であれば十分と考えられる。

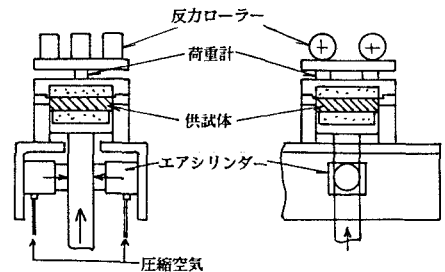


図-1 拘束装置と荷重計

次に、自動定体積せん断試験の結果とは、垂直変位がせん断応力ピーク時で0.001mm、せん断終了時で0.005mmで、 $M=7/8$ の場合の1/10であり、せん断応力-変位関係は手動制御による定体積せん断のものとはほぼ一致しているので、定体積条件を十分満足していると考えられる。ただし、垂直応力-変位関係と、図-3のピーク後の有効応力経路は $M=7/8$ のものに近いが、この点は垂直荷重をせん断箱の上で計測しているためではないかと考えられる。すなわち、供試体とせん断箱内面の摩擦力が、加圧軸で測られる(加えられる)垂直応力の変化を常に打ち消す方向に働き、この影響を受けた荷重をこの荷重計は測っているからである。垂直応力の初期値は圧密圧力 σ_c の4%程度低くなっている。図-4、5にそれぞれ自動定体積せん断試験による応力-変位関係と応力経路の例を示した。各曲線とも滑らかであり、良好な結果が得られたと考えられる。

まとめ 一面せん断による定体積せん断試験の自動化を図り、良好な結果が得られた。硬い粘土の過圧密領域、砂質土にも適用したいと考えている。最後に、本研究は平成元年度文部省科学研究補助金(奨励研究A)を受けたことを付記する。

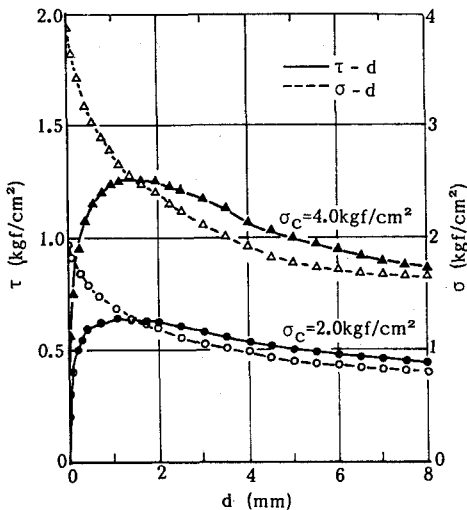


図-4 自動定体積試験によるせん断過程の例

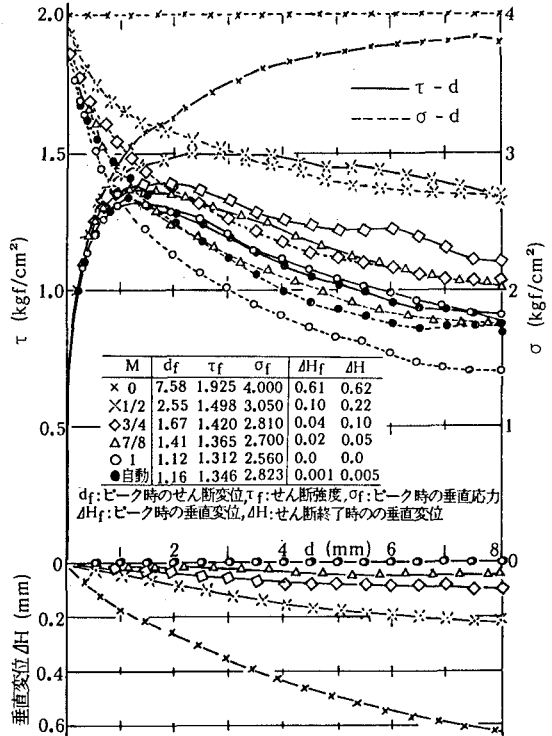


図-2 せん断過程の比較

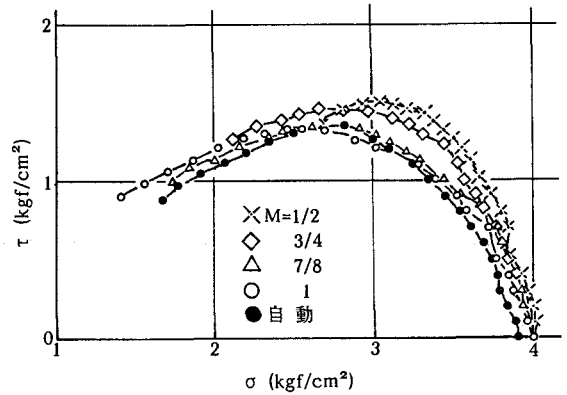


図-3 応力経路の比較

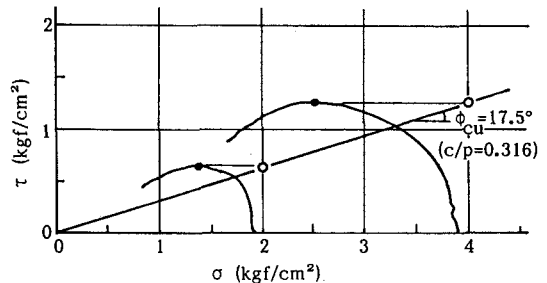


図-5 自動定体積試験による応力経路の例