

フジタ工業(株) 技術研究所 ○ 湖木 勇浩
同 上 石井 武美

1. まえがき

K₀圧密を含め供試体に任意の応力経路を体験させながら精度よくかつ安価に三軸圧縮試験を行うことは、次のようなことによりかなり困難である。すなわち、応力を定値に収束させながら試験を行う場合に、供試体の透水性によっては、試験期間が長期となり人手で試験を行うことは制御・計測に於いて難しい面もあり、自動化を安易に考えても試験を精度よく行うためには高価な周辺機器を要することになったりするからである。

この報告は、市販のエアレギュレータをステップモータで制御することにより、かなりの精度で供試体に圧力を与えることのできることを、直径10 cm、高さ20 cmの供試体を試験できる中型三軸圧縮試験装置で示したものであり、その載荷機構を具体的に示すと共に、この試験装置でK₀圧密試験を行った例について述べるものである。なお、試験装置は、町工場で加工したものその他は、すべて市販量産部品で組立てられている。

2. 試験機の構成

(1) 荷重載荷機構 試験機は、図-1に示す系統からなり、応力制御・ひずみ制御がそれぞれ可能である。

側圧は後述する自動調圧弁で変換した空気圧を水圧置換して三軸室内に導びいている。この試験機では、載荷軸とキャップも剛結しているため、等方圧密の際には側圧系統と同様に自動調圧弁を用いて空気圧と油圧に置換後、ベロフラムシリンドにこれを導びき側圧に相当する軸圧を載荷することになっている。三軸圧縮試験を応力制御する場合にも、この系統を制御することになる。三軸圧縮試験をひずみ制御する

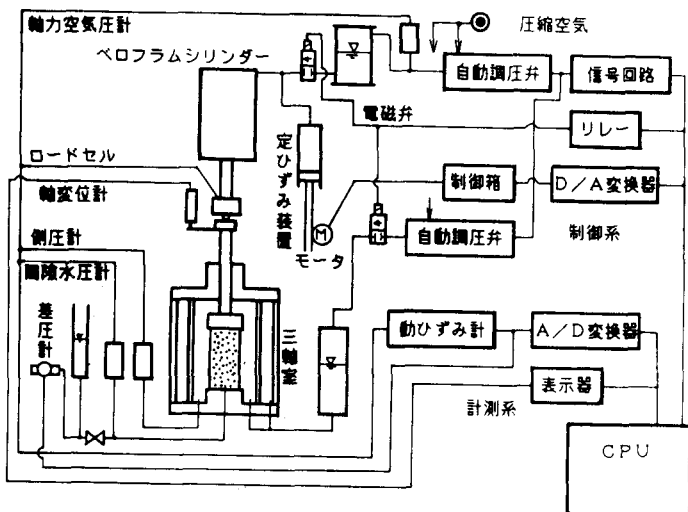


図-1 計測・制御系統図

場合には、油圧シリンドのロッドを速度制御モータで滑動させ定速度でベロフラムシリンドを動かすよう油量を調整できる定ひずみ装置系統に電磁弁を切り替えれば、軸力の載荷が可能である。この定ひずみ装置のモータは、直流0～6Vの外部入力電圧で回転数を変えられ、軸ひずみ速度の制御はマイクロコンピュータで電圧を調整すればよい。図-2にその制御例を示した。なお、モータ速度の可変範囲は1/15であるが、減速機の組み替えで0.005～1%/minの軸ひずみ速度を得ることができる。

この度製作した自動調圧弁は、市販のエアレギュレータ(感度7mm H₂O)の圧力調整ネジを、スライドシャフト及び減速比1/5の減速機を介してステップ角1.8°のステップモータで回転させることにより、

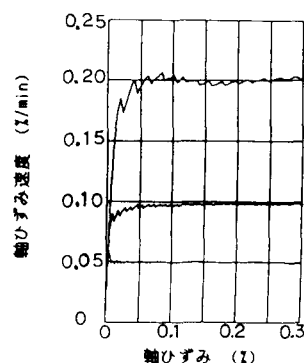


図-2 軸ひずみ速度

空気圧の増減を図る機構としてある。減速機を介することによって、ステップ当りの感度が増し、モータのトルク不足を補うことになる。ステップモータは、信号回路へマイクロコンピュータから4ビットの信号を得れば簡単に操作でき、一旦設定圧に達すればほぼその状態を維持するレギュラタの特性とあいまって、この自動調圧弁の頻繁な制御を必要としない特長を備えている。ステップモータを、100ステップ毎に回転させて、ステップ数と二次空気圧の関係を示したのが図-3である。この関係はほぼ直線であり、調整ネジ1回転に相当する1000ステップ当りの圧力増加が0.8 kgf/cm²であることから、この自動調圧弁の感度は、0.0008 kgf/cm²であるといえる。0.1 kgf/cm²の圧力増減を行うのに、125ステップを必要とし、この操作に4秒を要するが、静的載荷の場合には充分使用に耐えられるものと考えられる。なお、測定系を含めた装置全体の圧力制御範囲は、空気圧9 kgf/cm²の範囲で、±0.002 kgf/cm²である。

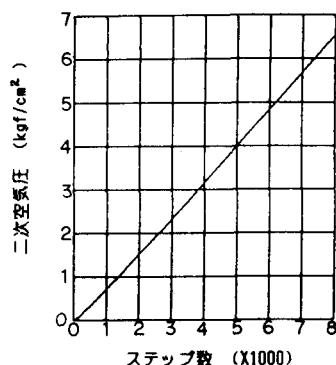


図-3 ステップ数と圧力の関係

(乙) 計測機構 ひずみゲージを用いた圧力計と荷重計からの出力は、動ひずみ計を介して、また体積変化量測定用差圧計からの出力は、静電容量型電圧変換器を介して、A/D変換器を経由させマイクロコンピュータにデータ信号を取り入れている。軸変位は、リニアエンコーダを用いBCD信号を直接マイクロコンピュータに取り入れている。こうした信号をマイクロコンピュータでそれぞれ具体的な諸量に変換処理する他に、制御系へのフィードバックを行うようにしている。

3 K₀圧密試験例

この度製作した上述の三軸圧縮試験装置を用いてK₀圧密試験を実施した。豊浦標準砂を試料として、初期間隙比0.85、あるいは、0.65に調整した供試体を0.1 kgf/cm²の等方圧縮状態からほぼ0.1 kgf/cm²毎に軸圧を増し、側方ひずみを生じさせないように側圧を調整しながら、側圧が6 kgf/cm²に達するまで圧密を行った。なお、軸圧増分毎の圧密時間は5分とした。軸変位は0.001 mm、体積変化は0.006 ccの感度で測定しており、供試体の大きさに対しそれぞれ5×10⁻⁴、4×10⁻⁴%に相当している。図-4に示したのは、試験中の全制御・計測状態をプロットしたもので、側方ひずみはほぼ0%に押えられている。密づめの場合にはK₀ = 0.32、緩づめの場合にはK₀ = 0.45の値が得られ、圧密後実施した三軸圧縮試験結果によるとそれぞれφ = 40.5°、34.6°の値が得られている。今回の試験は排水量の補正を行っておらず、試験方法も検討段階であるがほぼ満足の行く結果であると思われる。

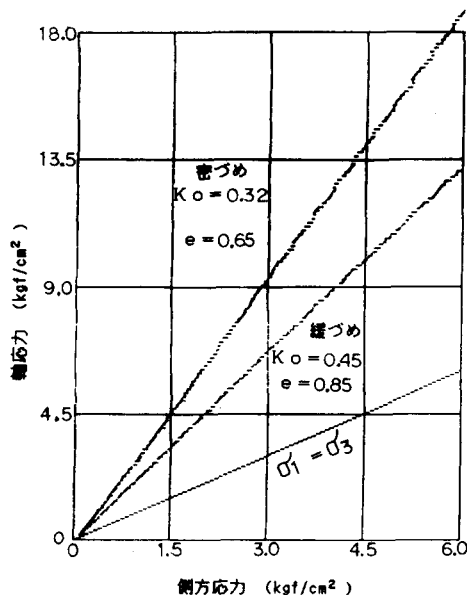


図-4 K₀圧密試験例

4 あとがき

自動化した三軸圧縮試験装置について述べたが、その特長は、市販のエアーレギュレータをステップモータで制御することにある。通常の圧力制御機構が高価な周辺機器を要するのに対し、この方法は単体で広範囲に感度よく圧力を制御できるところにあり、装置全体の精度も充分であるといえる。