

住友セメント(元・名工大学部生) 正員 吉原 正博
名古屋工業大学 正員 中井 照夫
興村 組(元・名工大学部生) 正員 岩崎 光

近年、土の構成式に関する研究が盛んに行なわれているが、その構成式を実際の地盤の変形解析等に適用するためには構成式の妥当性を種々の応力経路下の要素試験によって十分検討しておく必要がある。また、構成式の中にはその土質パラメータを通常の側圧一定三軸圧縮試験や非排水試験ではなく平均主応力一定試験等で決めるものもある。このような要請から最近では複雑な応力経路下の三軸試験が行なわれるようになってきているが、それらの多くは段階荷重による応力制御法によって行なわれることが多い。しかし、この応力制御法による実験は、破壊応力比近くで試験が不可能であることや、粘性土の実験において間隙水圧の消散が不規則となるため正確な有効応力経路を設定できない等の問題点を有している。そこで、アナログコンピュータを用いた三軸装置の自動制御計測が香川¹⁾他により、マイコンによる自動化が赤井²⁾他、龍岡³⁾他により試みられている。今回、著者らはマイコン等を用いずに機械的な機構だけで空気圧を制御する自動制御三軸装置を試作したのでその概要について報告する。なお、本自動制御装置はエアースリンダーを使った通常の応力制御型三軸装置に市販の数種類の空気圧制御機器を組み合わせるだけで容易かつ廉価で作ることができ、Rendulic 面内の任意の直線応力経路の実験をひずみ制御および応力制御で行なえるのが特徴である。

装置の概要と制御機構の説明

試作した自動制御三軸装置の載荷機構部分ならびに制御機構部分の写真を図-1に示す。また、図-2, 3はそれぞれひずみ制御法で試験を行なうときの装置の機構図と制御の方法を説明するためのフローチャートを示している。両図において、破線は空気圧の経路を、実線は液圧の経路を表わす。用いた三軸室は図-2に示すように試料と等しい径($\phi=5\text{cm}$)のピストンをもつ同軸型の三軸室である。また、軸圧を載荷するシリンダーは複胴式ベロフラムシリンダーを用いているが、その上部はオイルで満たされている。図中の記号は以下の通りである。

A_s : 供試体の断面積 A_c : シリンダーの有効断面積 P_{up} : シリンダー上部の圧力
 P_{low} : シリンダー下部の圧力 ΔP : 差圧 σ_a : 軸圧
 σ_r : 側圧 W_p : ピストンおよびロードセルの重量(図-2の斜線部の重量)

次に、図中の機器について説明すると、

- A: ボリュームブースターリレー〔信号圧(シリンダー上部の液圧)に等しい空気圧を出力する〕
- B: 正負バイアスリレー〔入力信号圧とセット圧 ΔP との和または差を出力する〕
- C, C₂: 蓄圧タンク〔空気圧をオイル圧もしくは水圧に変換する〕
- D: 目盛付ニードルバルブ〔微流量用の流量調整バルブ〕
- E: 可変ブースターリレー〔入力信号圧にセットした比(1/30~30)をかけて出力する〕
- F₁, F₂: エアレギュレーター〔空気圧の調圧をする〕
- G: 演算リレー〔複数の入力信号圧の加算、減算をして出力する〕

まず、ひずみ制御の機構について説明する。図-2, 3からわかるように装置Bでシリンダー上部の圧力 P_{up} に

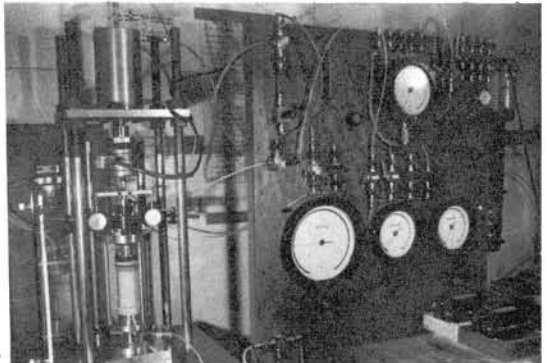


図-1 試作した自動制御三軸装置

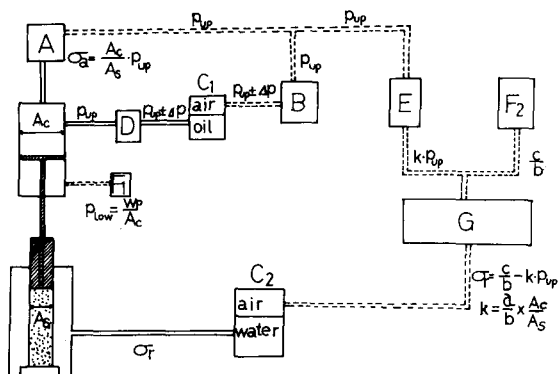


図-2 装置の機構図

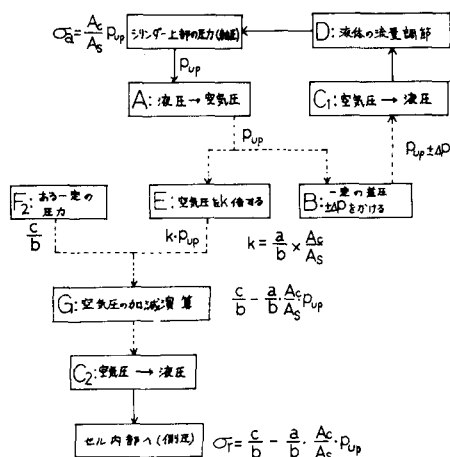


図-3 制御および載荷システムのフローチャート

定差圧 ΔP をかけ、差圧によって流れるオイルの流量を装置Dで調節する。このようにすれば、シリンダー上部の圧力 P_{up} の大きさにかかわらずシリンダー内に流入、流出するオイルの流速は一定となるので定ひずみ試験が可能となる。なお、三軸圧縮試験では正の差圧を、伸張試験では負の差圧をかける。またひずみ速度は差圧の大きさ、ニードルバルブのしぼり方、オイルの粘性等を変えることにより自由にコントロールすることができる。

図-4 三軸圧縮条件下の平均主応力一定試験結果
(主応力比～主ひずみ関係)

次に、制御機構について説明する。一般にRendulic面内の任意の直線心径路は、軸圧および側圧を σ_a , σ_r とした時、

いま、ピストンおよびロードセルの重量 W_p をバランスさせる圧力 $P_{low} = W_p/A_c$ をシリンダー下部にかけると、軸圧は $\sigma_a = (A_c/A_s)P_{up}$ で与えられる。したがって、装置Eで入力信号 P_{up} を $|A_c/A_s|$ 倍すれば式(2)の右边第2項の圧力 $|(A_c/A_s) \cdot \sigma_a|$ を出力することができ

る。そうすれば、装置F₂から出力される圧力 (C_e) とこの装置Eから出力される圧力の加減の演算が装置Gで行なわれるので式(2)で示される側圧が自動的にGから出力されることになる。たとえば、平均主応力(σ_m)一定試験では $\epsilon = (C_e) \cdot (A/A_s) = \frac{1}{2}(A/A_s) \cdot (C_e) = \frac{3}{2}\sigma_m$ と、 $\sigma_{\sigma_r} = R$ なる異方圧密試験では $\epsilon = (C_e)(A/A_s) = -\frac{1}{R}(A/A_s) \cdot (C_e) = 0$ と設定すればよい。図-4,5は本装置による三軸圧縮・伸張条件下の平均主応力一定試験($\sigma_m = 196 \text{ kg/cm}^2$)の実験結果(○印)と通常の応力制御法による実験結果(□印、 $\sigma_1/\sigma_3 \approx 4$ まで)を表しているが両者はよい一致を示している。なお、試験中に供試体の断面積 A が変化するが、測定値をモニターしながら装置Eでかける比率 ϵ を調整することにより高い実験精度が維持される。

謝辞 日頃御指導御援助いただいている本学山内利彦教授、松岡元助教授に感謝致します。

文献 1) 香川・他 (1979): 第34回土木学会年次講演会 Ⅲ, pp.112~113.

2) 赤井・他(1980): "マイクロコンピュータの土質実験への適用", 京大交通土木工学科路盤基礎工学研究室
3) 龍岡・他(1981): 第16回土質工学研究発表会, pp.121~124.