

## 2-1 土質実験に用いる三軸試験装置について

京都大学工学部  
京都大学工学部

赤井 浩一  
○足立 紀尚

序 土質材料の力学的挙動を調べる有効な試験法として三軸圧縮試験が考案されてから相当な年月が経過し、三軸装置、測定法にも幾多の改良が加えられ実用に供されている。理論的研究では土質材料の力学的構成方程式の解明に連続体力学や粒状体力学からの近迫が続けられているが、構成方程式はその材料の作用、反応を理想化して関係づけるものであるから、その解明、検証にはあらゆる外作用のもとで材料の挙動をとらえる必要がある。このさい、従来のように静的、動的載荷という便宜的な区別を除き、任意のタイムスケールのもとで普遍的なしかも完全に制御されたプログラムに従って実験を行なうことが大切である。土質材料は固粒状体、液、気三相から成る混合物であって、何れも相のみならず相互作用を含む全体としての挙動の測定が要求されるが、とくに動態時においては各相相互の運動を正しくとらえることが不可欠である。三軸試験は材料要素の試験であるが、境界条件として、側方に応力一定、軸方向に変位一定であり、たとえ端面の摩擦を完全に除去しても全体が一様な挙動を示すものではない。しかるがって端面の摩擦を最大限に除去した上で、全応力が一様なと考えられる供試体中央部で各種の測定を行なうことが必要である。これらの観念に立って、振動載荷を主目的とし、測定法にも新しい技術を導入した三軸試験装置を試作した。

載荷方式 本装置は土質材料の動態時の挙動の解明を目的とした振動載荷が主眼であるが、構成方程式の解明、検証のために Fig. 1 に示される試験系をいくつか用いて (i) 定むずか速度、(ii) 定応力速度、(iii) リラクゼーションの実験も行なえる。現在のところ側圧は高精度の Air Regulator を用いて試験中一定に保つ方式である。クリープ試験はこの Air Regulator を用いて別に行なっている。振動載荷方式には種々のものがあるが、土質材料のような変形に追従でき、任意の波形状に応答し、小型で出力の大きい電気-油圧サーボ方式を採用した。地震動を対象とする場合には周波数の範囲も満足されるものである。この方式は Fig. 2 に示すように油圧源、制御装置、加振部、負荷保持機構から構成される。油圧源は定圧力供給方式で  $140 \text{ kg/cm}^2$  を用い、制御は Fig. 3 に示すように軸の摩擦の

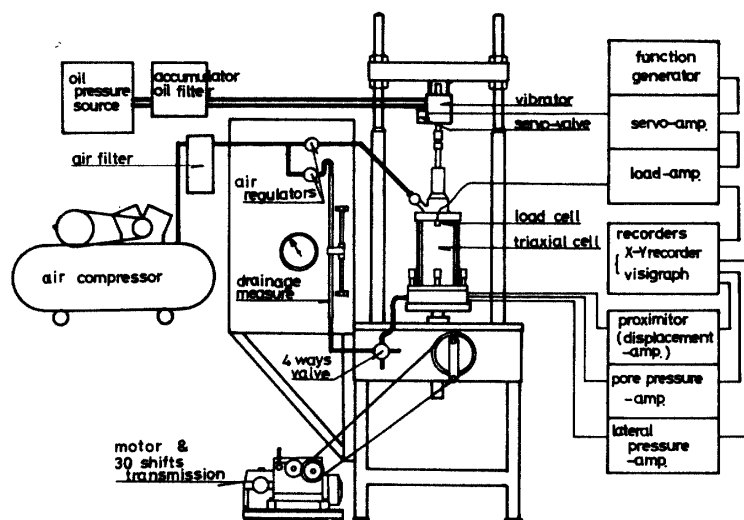


Fig. 1 Schematic Diagram of Testing System

影響を除くため、三軸室内で載荷軸に内装した Load Cell による荷重制御方式であって、Servo-Amp. には負荷、負荷保持機構の振動ならびに油の圧縮性に対する補償回路が組み込まれている。Servo-Valve はノズルフラップ機構のものを使用している。その性能は表-1 と Fig. 2 に示される。定むずみ速度は電気駆動による 30 段変速方式でその範囲は  $0.0025 \sim 6.0 \text{ mm/min}$  である。

**三軸室と測定方法** 三軸試験は材料要素の試験ではあるが、前述したように供試作局所での応力、変位の測定を動態時にも正確に行なうことが必要である。このことから(i)摩擦の影響を除いた正しい軸応力、(ii)局所での間隙圧、(iii)局所での変位の測定法を確立することが要求される。本三軸室及び測定法は Fig. 3 に示すように改良してある。まず軸応力は半導体ゲージによる小型荷重変換器を載荷軸内に内装したもので、容量は  $300 \text{ kg}$  のものを用いて荷重の制御とともに測定される。間隙圧は図に示すような測定針を用い、半導体ゲージによる小型圧力変換器によって測定する。この変換器は受圧面  $5 \text{ mm}$  径で、その容積変化は  $1.8 \times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{kg/cm}^2$  であり、水の圧縮率にくらべても微小であって、その動的応答、長期安定性も秀れている。この変換器は側圧の記録にも用いられるが、前述した側圧制御に用いる Air Regulator の精度は  $6 \text{ kg/cm}^2$  で 15 日間の変動が  $0.3\%$  以内と良好で恒圧装置として最適である。軸方向、側方変位の測定には Proximator と Probe を用いる。これは任意の電導作表面と Probe 間の距離ならびに距離の変化を正確に測定できる計器であって、eddy current による inductive proximity 原理のもので、い。したがって probe は対象面に接触する必要がなく、その間に非電導物が存在してもし影響されない。図に示すような電導作としては銅またはアルミの foil を供試作とゴム膜間におくことで側方変位を測定する。動的応答は敏感であり、耐水、耐圧のものを特注して使用している。軸方向変位にもこれを用いるが、局所変位を測定するためには供試作内に埋込むが、電子光学式精密振動測定器を用いる方法しか考えつかない。その他 Back Pressure の適用、Valve, Tube, Connector などに新しいものを採用している。

本装置は昭和 45 年度文部省設備機増額要求により完成したもので、その開発には大阪土質試験所の岩崎利規氏との討議が参考となつたことも付記して感謝、意を表す。

表-1 Actuator の性能

|           |                            |
|-----------|----------------------------|
| (i) 最大出力  | $200 \text{ kg}$           |
| (ii) 最大振幅 | $\pm 20 \text{ mm}$        |
| (iii) 周波数 | $0.01 \sim 20 \text{ cps}$ |
| (iv) 波 形  | Sine, 三角, ノコギリ<br>矩形, 任意   |

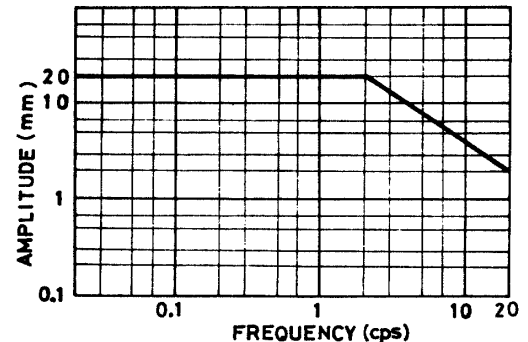


Fig. 2 Characteristic Curve of Actuator

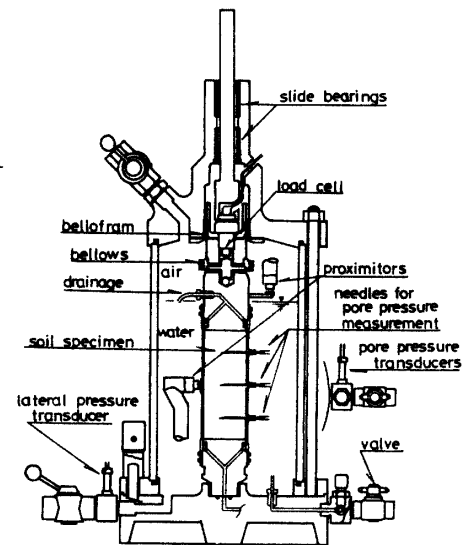


Fig. 3 Triaxial Cell