

マイクロコンピュータを導入した高圧三軸圧縮試験機の製作について

九州電力株式会社 総合研究所 正会員 赤司 六哉

〃 〃 〃 高田 真

〃 〃 〃 ○江藤 芳武

1. まえがき

工質試験においては、試験の準備もさることながら、計測やデータ処理に多大の人力と時間を費やしているのが現状である。たとえば、三軸圧縮試験では、計測の際に4項目程のデータを秒間隔で読み取る必要があり、試験者は、試験中(一時間程度)は一步も席を外すことができないし、また、このようにして計測された多数のデータを処理(演算・図化)する際にも、多大の時間を費やさなければならない。これは、他の大部分の工質試験についてもいえることである。

このため、数年前から各所において、工質試験の自動化が進められてきたが、近年、マイクロコンピュータの急速な普及に伴い、この傾向がさらに強くなってきた。

当研究室では、昭和52年9月に、電気油圧サーボシステムにマイクロコンピュータシステムを組み入れた、高圧三軸圧縮試験機(最大側圧 1000 kg/cm^2)を製作し、試験の制御(ヒズミ制御、荷重制御、比例制御等)からデータの計測・演算、およびX-Yレコーダーを使つての図化までを自動化しており、今後、さらに、圧密試験、低圧三軸圧縮試験(最大側圧 10 kg/cm^2)についても、マイクロコンピュータを組み入れたデータ集録装置ならびに、処理装置を製作する予定である。

ここでは、高圧三軸圧縮試験機の概要と計測・記録装置、制御装置について紹介するとともに、データ集録装置についてもその概要を紹介する。

2. 高圧三軸圧縮試験機の概要

本試験機は、圧力源、載荷装置、三軸室、操作盤、制御装置、計測装置、記録装置より構成される。

圧力源は、一基の油圧ユニットからなり、油圧ポンプにより昇圧した圧力を制御バルブで制御しながらアクチュエーターを通して供試体へ圧力を伝達する。三軸室は、軟岩用、硬岩用、コンクリート用の3種類を備えており、必要に応じて、高圧載荷装置、低圧載荷装置で試験される。

測定項目としては、軸荷重、側圧、軸変位、側方変位、間ゲキ水圧、排水量、体積変化量があり、これらは、各検出器を通して計測され、実単位でデジタルのモニターやプリンターに表示、また、必要に応じてX-Yレコーダーに図化される。

上記の制御、計測、演算、表示、図化等は制御装置に内蔵されたマイクロコンピュータにより、一部手動で設定するほかは全て自動で行なわれる。また、試験中に急激な変化(供試体破壊)や容量オーバーが発生した場合、コンピュータからの指令により、自動的に除荷または停止の状態に切り替わる。

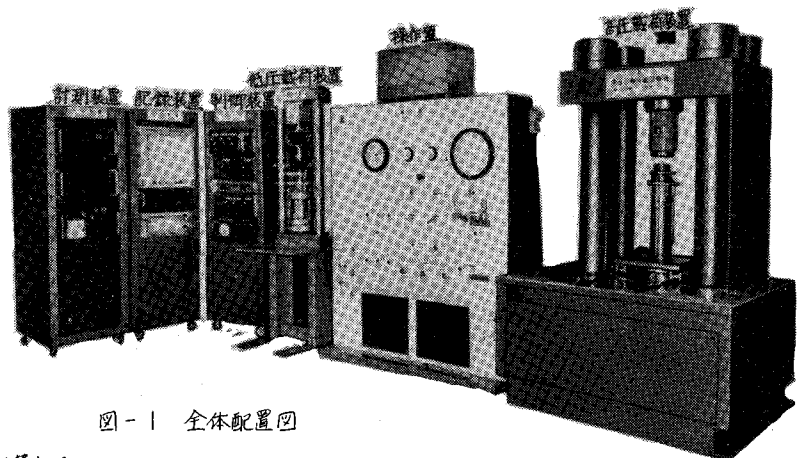


図-1 全体配置図

なお、本機の主仕様ならびに系統図は、表-1、図-2、図-3に示すとおりである。

3. 計測装置および記録装置

検出器には、ストレインゲージ型と差動トランス型のものを使用しているが、測定精度を考慮して、材料の強度によって容量が変更されるように、それぞれ数個の検出器を備えている。

(1) 荷重検出器

ストレインゲージ型：0.3、1、3、10、50、200^{kgf}ton

差動トランス型（ループ型式）：0.3、1、3 ton

(2) 軸変位検出器

差動トランス型：1.25、5、25 mm

(3) 側圧、間ゲキ水圧検出器

ストレインゲージ型：5、20、200、1000^{kgf}cm²

(4) 体積変化検出器

差動トランス型で、排水式と非排水式（三軸セルに直結したアクチュエーターで測定する方式）があり、低圧載荷装置では両方で測定できるが、高圧載荷装置では非排水式だけでしか測定できない。

排水式：10、50^{cc}

非排水式：5、20、100 mm³ (×1.66^{cc})

(5) 側方変位

耐水差動トランス型（低圧用）：±2.5 mm

ペーパーゲージ（高圧用）

これらの検出器によって取り出されたデータ（電圧）は、増巾器によって、フルスケールで2ボルトに増巾・整流され、自動切替器、アナログ・デジタル変換器を通して中央処理装置（C.P.U.）に入っていく。C.P.U.内で実用単位に換算されたデータは、デジタル表示器（LED、4桁）に表示され、さらに、44桁のデジタルプリンターによって設定時間ごとにプリントアウトされる。なお、デジタルプリンターは、試験者の設定によって、高圧用プリント型式、低圧用プリント型式に使い分けられる。

(1) 高圧用プリント型式

軸荷重、軸変位、側圧、間ゲキ水圧、側方ヒズミ（6要素）がプリントアウトされる。

(2) 低圧用プリント型式

軸荷重、軸変位、側圧、間ゲキ水圧、体積変化、側方変位（2要素）がプリントアウトされる。

4. 制御装置

表-1 本機の主仕様

試体形状	高圧用	中圧用	低圧用
径×高さ (mm)	50×100-125 35×70-87.5	100×200	50×100-125
最大荷重 (kg)	200	200	3
最大側圧 (kg)	1000	200	10
最大側圧 (kg)	200	200	3
側圧 (kg)	1000 (側圧)	200 (側圧)	10 (側圧)
間ゲキ水圧 (kg)	1000	200	10
間ゲキ水圧 (mm)	25	25	25
側方変位 (mm)	±2.5 (側方)	±2.5 (側方)	±2.5 (側方)
体積変化 (cc)	—	—	50
体積変化 (mm ³)	50	50	50
側方変位 (mm)	0.01 ~ 2 mm	1 mm ~ 20 mm	—
側方変位 (mm)	0.02 ~ 500 mm	—	—
側方変位 (mm)	0.01 ~ 1	0.01 ~ 1	0.01 ~ 4
側方変位 (mm)	—	—	0.01 ~ 4

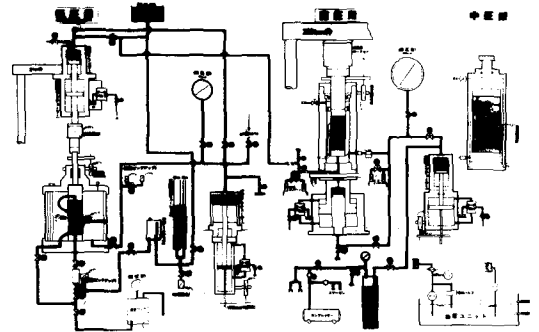


図-2 配管系統図

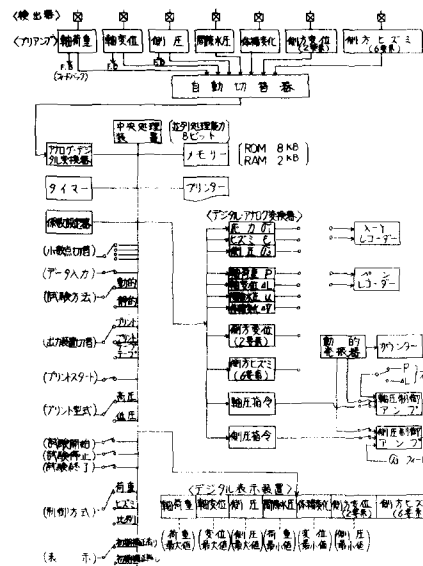


図-3 電気系統図

本試験機では、C.P.U.、側圧・軸圧用制御アンプ、側圧・軸圧用制御バルブによって、載荷、除荷、計測、演算、図化等の制御が行なわれている。

なお、C.P.U.には、インテル社の8080（並列処理能力8ビット）を使用しており、制御関係や演算式等のメモリーにはROM（8KB）、定数設定やデータの一時的記憶にはRAM（2KB）も使用している。

5. 制御のしくみ

三軸試験の制御方式としては、ヒズミ制御、荷重制御、比例制御、側圧制御の4種類があり、それぞれ自由に選択できるようになっているが、これらの制御がどのような経路で行なわれているかを示したものが図-4である。たとえば、荷重制御は次のような経路で行なわれる。

- (1) ある時間のデータが、検出器、増中器を通してC.P.U.内に送られる。同時に、そのデータ（Aという値）は別回路を通して、フィードバックとして荷重制御アンプに送られる。
- (2) C.P.U.内では、その時間にあるべき荷重の大きさ（Bという値）が計算されており、これが制御信号として荷重制御アンプに送られる。
- (3) 荷重制御アンプは、 $A=B$ になるように制御バルブに指令を出し、制御バルブは指示通りに軸荷重を制御する。

こうして、設定通りのスピードで荷重が上がっていく。

また、2節で、試験中に供試体の破壊を検出した場合、自動的に除荷の状態に切替わること述べたが、この破壊検出のしくみについては図-5に示すとおりである。なお、この際、 λ （破壊レベル）の設定値を適切に求めてやらなければ、大事な局面で試験が中止になったり、破壊検出の役目を果たさなかったりするので、十分に考慮したうえで、破壊レベルを設定してやらねばならない。

図-6、7、8は、荷重制御、ヒズミ制御、比例制御試験を、硬質ゴム供試体を用いて行なった結果であるが、設定値と実測値はかなりの精度で一致していることが分かる。

6. 試験の手順について

供試体セットが終了後、先ず行なうべきことは初期データを設定してやることである。初期データには、次のようなものがある。

- (1) ピックアップ容量：電圧として入力されたデータを、実用単位に換算する際の基準値となる。
- (2) 保護レベル：ピックアップの保護のためのもので、これ以後の試験

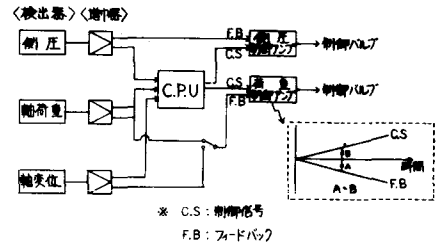


図-4 制御の経路

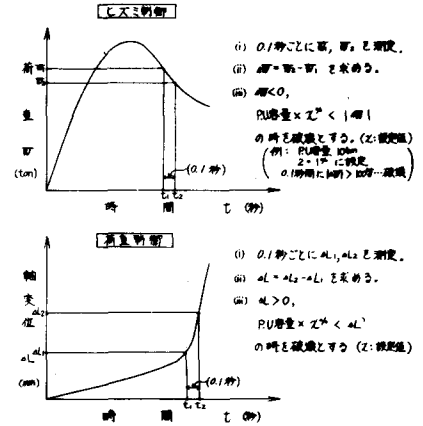


図-5 破壊検出のしくみ

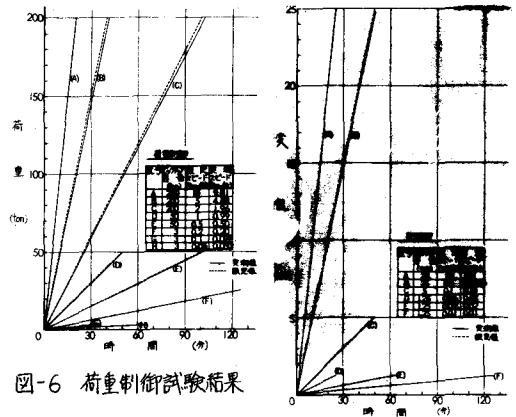


図-6 荷重制御試験結果

図-7 ヒズミ制御試験結果

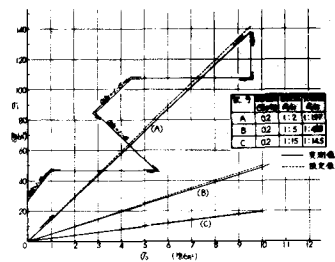


図-8 比例制御試験結果

の進行を中止させる。(試験の続行は不可能)

- (3) 供試体寸法：断面補正後の軸応力、ヒズミの演算を行なうために必要なデータとなる。
- (4) 制御条件：荷重・側圧・ヒズミ制御では制御スピードを、また、比例制御では G と N の比を求めてやる。
- (5) 停止レベル：このレベルに達したら、試験の進行を一時停止する。(試験の続行は可能)
- (6) 破壊レベル：破壊の検出を行なう。

次に、試験の方式によって各スイッチを切替える。(図-9参照)

- (1) 試験方法：静的、動的
- (2) 制御方式：荷重、ヒズミ、比例
- (3) プリント型式：高压用、低压用
- (4) デジタル表示：初期補正有、無

こうして、スタートスイッチをONにすれば、試験は停止レベルか保護レベルに達するまで自動的に進行する。停止レベルで一旦停止した場合、試験を続行したい時は、停止レベルをさらに大きい値に設定し、再びスタートスイッチをONにすれば良いし、試験を終了したい時は、終了スイッチをONにしてやれば、自動的に除荷の状態になり、試験は終了する。(図-9参照)

7. 試験結果について

本試験機を使用し、凝灰岩について試験を行なった結果は図-10、11に示すとおりである。

8. データ集録装置

データ集録装置の概要は図-12に示すとおりである。

図-10 三軸圧縮試験結果

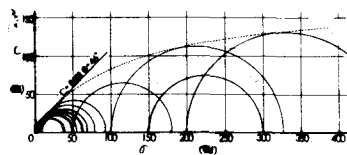
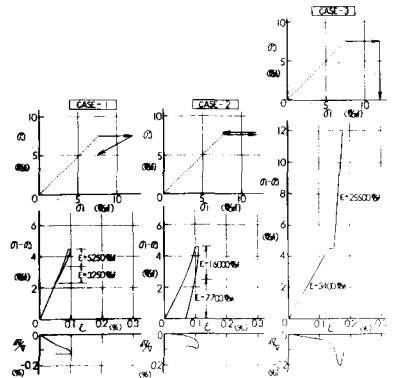


図-11 応力径路試験結果



なお、コントローラーはデータの入力および出力を制御するもので、次のものが含まれている。

- タイマー：10桁。データ表示器：5桁(×5ch)
- メジャーインジケーター：各チャンネルの作動状態を表示。データ設定器：5桁。データ入力・出力スイッチ。開始・停止スイッチ。

9. むすび

土質試験の自動化といっても、なお多くの問題点が残されている。特に、我々のようにコンピューターの知識が浅い者にとっては、これらを解決していくのは大変なことである。

今回のシンポジウムを機に、関係者各位の適切な御指導をいただければ幸いである。

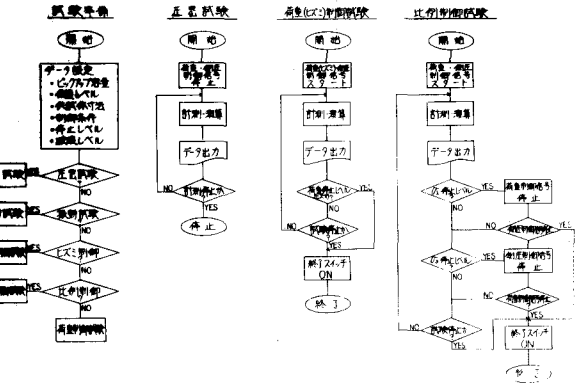


図-9 試験のフロー

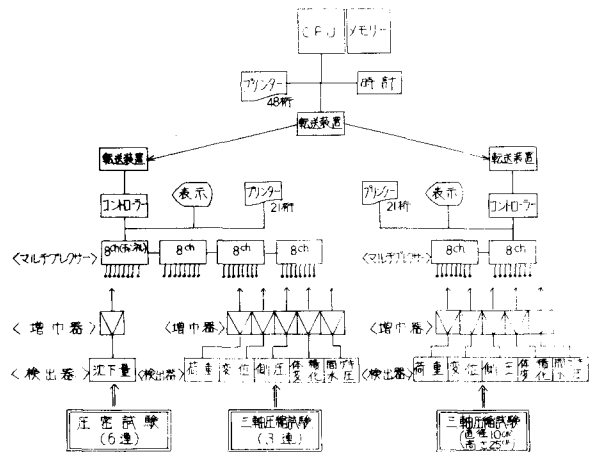


図-12 データ集録装置の概要