

三軸試験機のマイコン制御とミニコンによるデータ収集

大成建設 (株) 正 飯星 茂

大成建設 (株) 五十嵐孝文

○ (株)サム電子機械 正 青木 保夫

1. まえがき

近年、土木理論、油圧技術、電子技術のそれぞれの分野における技術を一つの目的のもとに集合させることにより、高度で多機能な試験装置の製作が可能になってきた。従来の自動制御型三軸試験機においては、アナログ制御器でサーボ機構を制御し、ひずみ及び応力制御を行ってきた。この方式の試験機ではハード機能として予め組み込まれた試験内容以外の試験は不可能であった。

この度開発されたマイコン制御型三軸試験機には、制御器としてマイクロコンピュータを使用し、又データ処理器としてミニコンピュータを導入することにより、従来の試験機に、さらに次のような機能を加えることができた。

1) 種々の大きさの試料径、幅広い応力及び载荷速度レンジ等、多種の試験条件下での試験。

これは、試験条件の変更によるデータ間の複雑な相互関係計算がマイコンで簡単にリアルタイム処理出来ることによる。

2) 任意の試験モード及び応力経路試験。

3) ミニコンピュータによる、データの即時処理。

2. 仕 様

本装置は岩石、コンクリート、礫質材料及び土質材料等の広範な材料の三軸応力下におけるせん断特性、クリープ特性及び熱応力特性を求める三軸試験装置である。試験装置の概略は次の通りである。

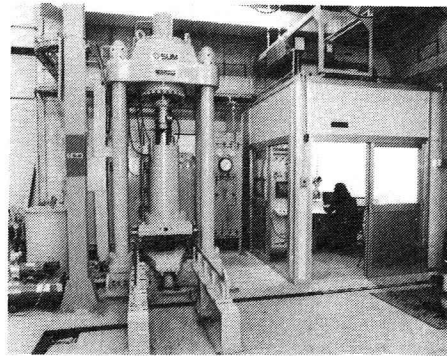


写真-1 装置全景

鉛直方向载荷装置 载荷力：200 tonf 及び 30 tonf (選択可能)		制御装置 マイクロコンピュータ：PC8001 32K 油圧サーボ制御器（アナログ回路系） 鉛直力制御器，側圧制御器	
三軸圧縮室 試料寸法 (mm) 最大側圧 φ300 × h600 50 kgf/cm ² φ200 × h500 200 kgf/cm ² φ100 × h250 500 kgf/cm ² φ 50 × h125 1000 kgf/cm ²		データ処理装置 ミニコンピュータ：MICRO-11 64K 外部記憶容量 512K×2 プリンター : LPS-5800 X-Yプロッター : PLS11-4631	
側圧発生装置 最大圧力 吐出量 50 kgf/cm ² 10,000 cc 200 kgf/cm ² 5,000 cc 500 kgf/cm ² 1,000 cc 1000 kgf/cm ² 200 cc		油 圧 源 常用油圧：200 kgf/cm ² 出力：3.7 kW	
		バックプレッシャー負荷装置 最大7 kgf/cm ²	
		三軸室加熱装置 常温～200℃	

図-1に試験可能な応力経路をRENDULICの応力経路図で示す。これらの試験は間隙水圧をフィードバックすることにより有効応力制御も可能である。

- ① 任意応力経路試験 (圧密試験も含む)
- ② 側圧 (σ_3) 一定圧縮試験
- ③ " 伸張試験
- ④ 軸圧 (σ_1) 一定圧縮試験
- ⑤ " 伸張試験
- ⑥ 主応力と一定圧縮試験
- ⑦ " 伸張試験

その他可能な試験

K₀圧密試験

繰返し载荷試験

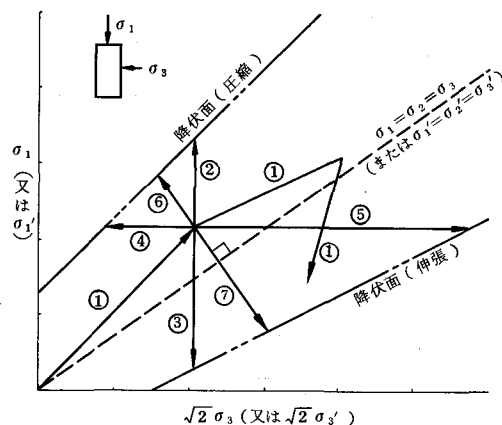


図1 RENDULICの応力経路図

3. 機能

3-1 制御及び計測システム

試験機の制御、計測システムを簡単に説明すると次の通りである。

操作パネルからキーインした载荷条件は、マイコン、D/Aを経てアナログ信号として制御器へ送られる。鉛直载荷、側圧载荷装置は、制御器からの指令に従い試料に力を加える。加わった力は、計測器、A/Dを経てマイコンに戻り、演算回路を経た後目標値と比較され、この差分を補正すべく、制御器への入力信号を増減する。すなわち本装置の制御は、マイコンにより多種の演算を組込む事の出来る油圧サーボ方式といえよう。計測値は、実験中ブラウン管に読み取りやすい単位で常に表示されており、任意の時間間隔でプリンターに打ち出され、エラーチェックを経てミニコンに送られフロッピーディスクに保存される。また、実験中X-Yプロッターには圧密曲線あるいは差応力-ひずみ曲線が描かれ、载荷状況が簡単に判断できる。実験終了後には、ミニコンで各種データ演算を行い、プリンター、X-Yプロッターに試験結果の図表を出力する。

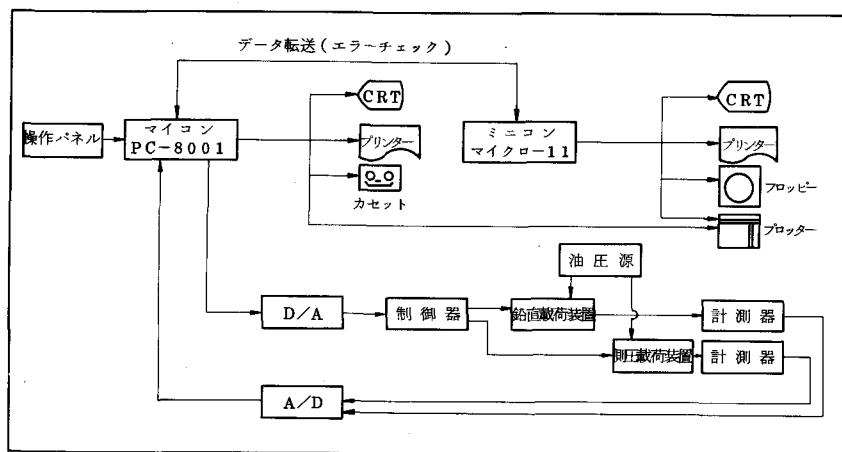


図2 制御、計測システム

3-2 試験条件の設定

実験者は、ブラウン管上に表示される PATTERN A, B の表を見て、操作パネル上のキーを操作し、試験機と情報のやりとりを行う。多種の設定条件の入力操作はすべて一つの操作パネル上に集約されている。

PATTERN A は、計測器のフルスケール、試料寸法、データサンプリングタイム、プリンターサンプリングタイム、X-Yプロッター座標スケールを示し、PATTERN B は、計測値のモニター、試験条件の設定値を示す。

試験モードをあらかじめプログラムしておき、初めから終わりまで全自動で進行させる時は、操作パネルのスナップスイッチを AUTO にする。各試験ステップごとに、次の試験条件を任意に設定したい場合は MANUAL に切替える。ブラウン管上のモニター及び XYプロッターの応力経路図を観察して、次の試験条件を改めて設定し試験を継続することができる。

<< PATTERN A >>		<<< PATTERN B >>>	
[ATTENUATE]		[MONITOR]	
AXIAL LOAD	: AXL? 1.960E+06 N	AXS 0.000E+00 MPa	SDP 0.000E+00 MPa
AXIAL DISP	: AXD 5.000E+00 mm	AXI 0.000E+00 N	POP 0.000E+00 MPa
SIDE PRESS	: SDP 2.000E+02 MPa	AXD 0.000E+00 mm	VOC 0.000E+00 cc
PORE PRESS	: POP 1.000E+00 MPa	HGT 0.000E+00 mm	TMP 0.000E+00 °C
VOLUME CHANGE	: VOC 5.000E+03 CC	ARE 0.000E+00 cm ²	DIA 0.000E+00 mm
TEMPERATURE	: TMP 5.000E+01 °C		
SPECIMEN DIA	: DIA 2.000E+02 mm	[TEST CONDITION]	
SPECIMEN HIGHT	: HGT 4.000E+02 mm	CONSOLIDATE RATIO ?	1.000E+00 AXS/SDP
SPECIMEN AREA	: ARE 3.142E+02 cm ²	CONSOLIDATE SPEED	5.000E+00 MPa/mm
AXIAL STRESS	: AXS 6.239E+01 MPa	CONSOLIDATE LIMIT	1.600E+00 MPa
SAMPLING TIME	: CONSOL 1.000E+01 sec	HOLDING TIME	3.000E+02 mm
	HOLD (A) 1.000E+01 sec	SHEAR RATIO	1.000E+00 AXS/SDP
	HOLD (B) 3.000E+01 mm	SHEAR SPEED (PRESS)	1.000E+00 MPa/mm
PRINT TIMING	: CONSOL 1.000E+00	(DISP.)	3.000E+00 mm/mm
	HOLD 1.000E+00	SHEAR LIMIT (PRESS)	2.000E+02 MPa
	SHEAR 1.000E+00	(DISP.)	7.000E+01 mm
SCALE (CONSOL)	: X, STRAIN 1.000E+04 micST	CYCLE TIME	3.000E+01 mm
	Y, TIME 1.000E+06 sec	AMPLITUDE (PRESS)	5.000E+01 MPa
	(SHEAR): X, STRAIN 5.000E+04 micST	(DISP.)	1.000E+00 mm
	Y, STRESS 5.000E+01 MPa	ACCLIVITY PERCENT	3.000E+00 %
		PRESET COUNT	5.000E+00 cycle

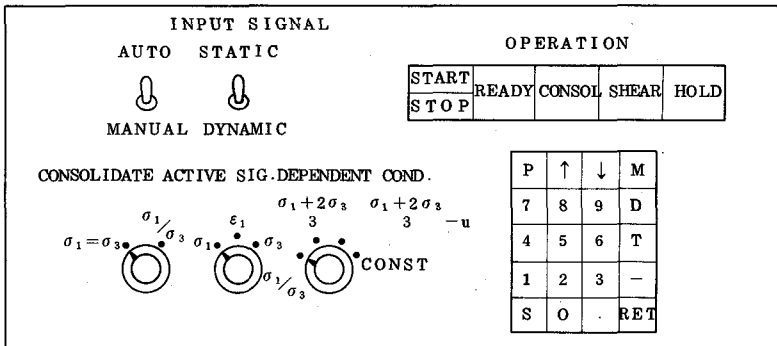


図 3 操 作 パ ネ ル

3-3 データ処理

実験中、エコーバック方式のエラーチェックを受けながら転送されたデータは、フロッピーディスクにたくわえられる。実験終了後、ミニコン演算処理プログラムにより蓄えられたデータを処理し、各種の表及びグラフを作成する。データ処理後の整理された実験結果はフロッピーディスクにファイル化してまとめ、保存する。

4. 結 果

三軸試験機にコンピューターを導入することにより、計算制御を簡便に行うという目的はほぼ達成されたと言える。

具体例を以下の3例について述べる。

図-4は、凝灰岩の側圧一定試験の例である。一般に脆性的な試料の場合、ピーク強度から残留強度に移行する際に、ひずみ速度を一定に保つことは難しいが、本装置では図に示される様に正確に制御され、ひずみ速度の変動はほとんど見られない。

図-5は、アスファルトコンクリートの等方圧密・側圧一定せん断試験結果の例である。①は等方圧密過程の圧密曲線であり、線上の変動幅は変位計の設定フルスケールに対するCPUの1ビット分に相当するものである。

②は差応力-ひずみ曲線で、線上の凹凸は礫質材料特有の構成粒子の変位・破壊の状況を表わしている。

図-6は、主応力和一定試験における応力経路の設定経路と実測経路を比較したものである。主応力和の値は初期設定に対して最大0.6%の変動が認められたが、主応力和一定制御の条件はほぼ満たされていると言える。

5. あとがき

マイコンを取り入れることにより、融通性を備えた三軸試験機を作ることができ、ほぼ満足のゆく結果が得られた。本文では省いたが、本装置では任意の外部信号入力による制御が可能であり、また、制御器としてコンピューターを用いているため、新しいプログラムの開発を行うだけで、より複雑な試験条件に対応出来るので、今後これらの特徴を生かしてより現実に即した試験に結びつけていきたい。

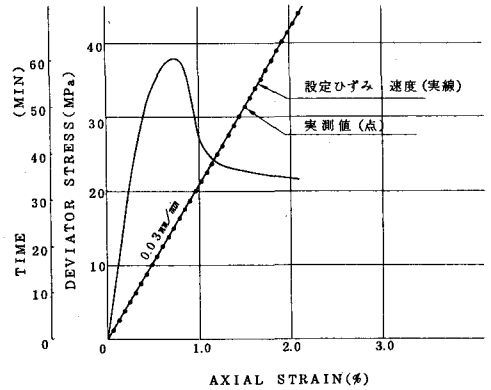


図-4 ひずみ速度の制御

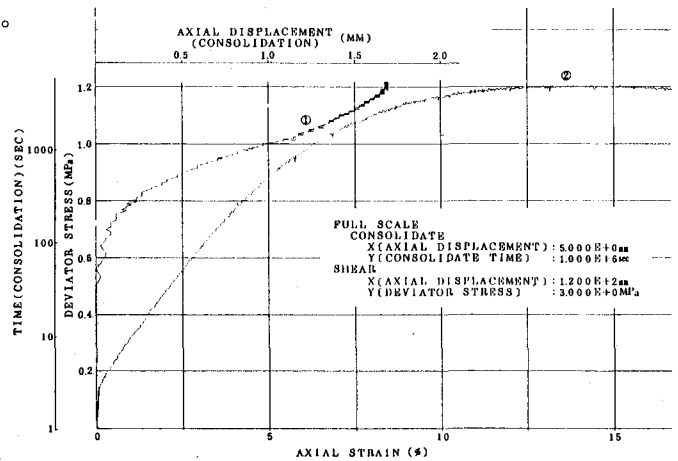


図-5 圧密曲線・差応力-ひずみ曲線

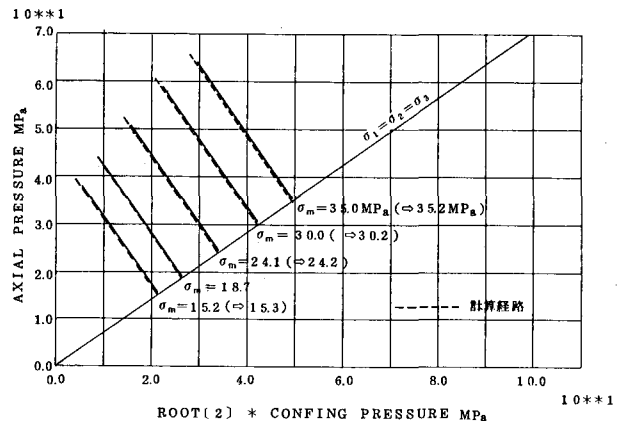


図-6 応力経路図 (σ_m 一定試験)