

フジタ工業㈱ ○ 正員 波田 光敬  
同 上 正員 石井 武美  
同 上 正員 大迫 光

1. まえがき

近年、フィルダムの建設が盛に行なわれ、その解析においても従来の安定計算のみならず、変形解析によりダムの築造過程をも含めた設計がなされるようになってきた。こうした状況から、粗粒材に関する三軸試験の要請が増々高まり、側圧一定のひずみ制御試験のみならず、さらに、種々の応力経路を加味した応力制御試験によって土の諸定数を追求することが必要となってきた。これまでも超大型三軸試験機（ $\phi=120\text{ cm}$ ， $H=240\text{ cm}$ ）による応力制御試験を行ってきたが、試験期間が長期にわたり、かつ、連続して計測・制御しなければならないため、試験員の疲労が大きな問題となり、このため試験数が制限されてきた。今回、こうした問題を解決することを目的としてマイコンによる計測・制御自動システムを自社開発した。本報では、このシステムの概要とその実施例について述べる。

2. システムの概要

超大型三軸試験機は、すべての面で大規模であることが特徴である。しかしながら、計測・制御については細心の注意を払わなくてはならず、そのため自動化が困難であった。当システムは図-1に示すとおりであり、主な改良項目を次に述べる。

(1) 体積変化の自動計測

従来、体積変化は油面と水面の境界を目視により計測してきたが、この作業は累積変化量が膨大になるため、試験員の個人誤差及び累積誤差が必然的なものであった。当システムでは、この境界面に薄いフロートを入れ、その位置を光電管式の追従装置により追跡させ、移動量をエンコーダによるデジタル計測とした。このため、試験員による個人誤差は排除され、精度は $1/700$ となって累積誤差が改善された。

(2) 軸変位の自動計測

従来は測定長 $5\text{ cm}$ のダイヤルゲージを目視により計測していた。しかしながら、累積変位量が $30\text{ cm}\sim 40\text{ cm}$ となるため、盛替操作を必要とした。当システムではリニアエンコーダを利用したデジタルカウンターにより、最大 $60\text{ cm}$ まで連続的に測定可能となり、その精度も $1/200\text{ mm}$ になった。

(3) 軸荷重の計測及び制御

従来、軸荷重の計測はロードセルを使ってデジタル計測で行ってきた。また、その制御は油圧系のバルブ操作により行っていたため、特に、応力制御試験において、供試体に所定の応力を発生させるに際し、供試体の断面積が時々刻々変化するので、軸荷重を補正するためのバルブ操作の労力が非常に繁雑で微妙なもの

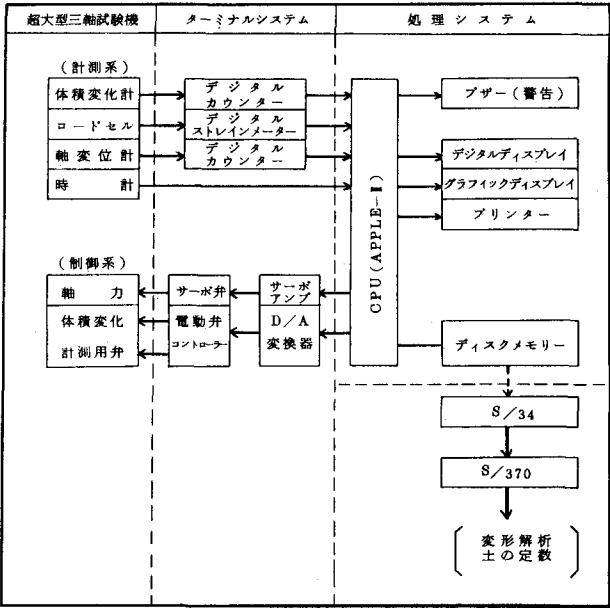


図-1 システム系統図

となり、試験員の負担が大変となっていた。新システムでも、軸荷重の計測はロードセルで行なうが、サーボ機構の採用とマイコンによって断面補正・軸荷重の計算を瞬時に行なうよう改造して、微妙な軸荷重の制御を自動化した。このため、軸荷重の精度は $1/600$ にまで改善された。

### 3. システムの実施例

#### (1) 供試体材料

母岩は粗粒玄武岩に、一部風化花崗岩を含む粗粒材で、最大粒径 $200\text{ mm}$ 、均等係数 $V_c = 20$ 、合成真比重 $2.814$ 、初期間げき比 $0.404$ であった。

#### (2) 試験条件

材料が粗粒材であることから、試験は気乾状態の圧密排気条件で、平均主応力一定試験とした。平均主応力は $\sigma_m = 1176\text{ KN/m}^2$ で荷重は $10$ ステップの段階載荷とした。破壊付近ではひずみ制御試験とした。

#### (3) 試験結果

図-2に等方圧密試験結果を、図-3に平均主応力一定試験結果を示す。●印は従来の方で行ったものであり、○印は新システムで行ったものである。図-3において、破壊付近で両者の値が異なっているのは、新システムで使用した材料が再使用材であったためと考えられ、そして応力のジャンプが見られるのは、応力制御からひずみ制御に変更したためである。これらの図より、新システムによる試験結果は十分信頼性のあるものと考えられる。

#### 4. システムの効果と問題点

新システムにより、これまで繁雑であった制御が、側圧系統を除いて自動化され、精度が向上した。また計測においても、個人誤差が排除されると同時にデジタル化されたデータが自動記録され、種々の土質定数を瞬時に求めることが可能となり、非常な省力化となった。

新システムの設計にあたり、最も問題点となったことは、計測・制御が大規模なものとなり、そのため各機材の容量が十分大きいものが必要とされる。一方、その精度は、小型三軸試験機と同様に十分な精度をもたすことにあった。また、動作特性が敏速で、かつ、長期安定性を有させる必要があった。このため、側圧系統については従来のオスロ型に留まり、完全な自動化には至らず、現在側圧系統についても開発中である。

新システムの設計にあたり、最も問題点となったことは、計測・制御が大規模なものとなり、そのため各機材の容量が十分大きいものが必要とされる。一方、その精度は、小型三軸試験機と同様に十分な精度をもたすことにあった。また、動作特性が敏速で、かつ、長期安定性を有させる必要があった。このため、側圧系統については従来のオスロ型に留まり、完全な自動化には至らず、現在側圧系統についても開発中である。

#### 5. あとがき

新システムは、側圧一定試験・平均主応力一定試験・主応力比一定試験・等方圧密試験について、十分その機能を発揮し、これによって多大な労力を必要としてきたこれら各種試験が比較的容易にできることになって、粗粒材に関する特性の把握に大きく貢献するものと思われる。新システムの開発は表記の各員の他に寄田 明・酒見徳行・日暮政男・松本正道・阿路克彦が協同であった。

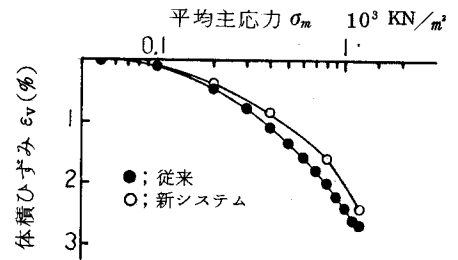


図-2 等方圧密試験

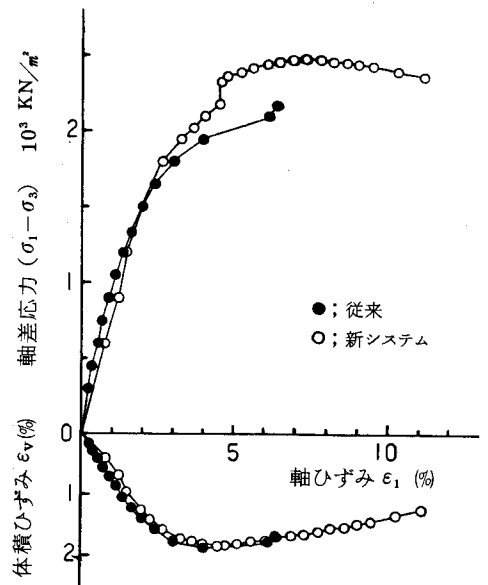


図-3 平均主応力一定試験

参考文献；香川和夫、石井武美、金子完朗；任意応力径路を設定可能な自動三軸システムの試作，土木学会

第34回年次学術講演会第3部，PP112～113，1979