

土質試験用多機能制御・計測システムの開発（その2）

中央開発株式会社	正会員	○王	林
独立行政法人土木研究所	正会員		桑野玲子
	正会員		大野真希
	正会員		山内慶太
	正会員		恒岡伸幸

1. はじめに

多様な土質試験の種々の制御を共通のプラットフォームで実現することを目的として、三軸試験装置に対応する柔軟で多機能な制御・計測システムを開発した。高速計算・制御・データサンプリングができる VC++ .NET を用いて、Windows ネットワークに対応かつ制御の柔軟性がある「ステージ制御に基づくパソコンコントロールシステム」とした。装置の構成やシステム全体の概略は桑野ら¹⁾を参照されたい。ここでは制御の方法について詳述する。

2. 装置の概要

軸方向载荷には、三軸セル下部に設置した NKS 製のメガトルクモーターを使用した。モーターは、位置決めモード、速度運転モード、トルク運転モードを適宜選択でき、それぞれ高精度な分解能を有する。パソコンのシリアルポート RS232C とモーター専用ドライバユニットを介して上述の運転モードを選択することで様々な制御パターンを実現できる。セル圧と背圧は、手動または空気圧バルブに取り付けられた 2 つの UMK ステッピングモーターユニットで調整する。自動制御は CONTEC 製の高速モーターコントロール SMC 4P (PCI) ボードを介してモータードライブにパルス出力によりモーターを回転させて圧力の増減調整を行っている。

3. 柔軟かつ多機能な自動制御システム

従来、三軸装置を用いると、適切な制御プログラムと組み合わせることによって様々な高度な試験が可能である。しかしながら、制御プログラムに関しては、異なる試験種類によって個別に開発しているのが一般的であり、今までのほとんどの制御プログラムでは、特定の試験種類に限ってあらかじめ設定した応力パスに沿って制御を行っている。その結果、制御の柔軟性を欠き、特定の試験装置に対して特定の試験種類しか対応しない場合が多い。また、試験種類に応じたプログラム開発がその都度必要で安易な導入はできない。どんなに複雑な土質試験でも、制御ロジックとして、①軸方向载荷、②側方向载荷、③背圧の三つの制御パターンに分類され、①～③の組み合わせにより自在な制御が可能である。さらに、背圧設定ステージ、等方圧密ステージ、異方圧密ステージ、軸载荷ステージ、軸除荷ステージ、クリープステージまたは繰返しステージなどのステージ制御を任意に与えると、複雑な試験プロセスも実現できる。

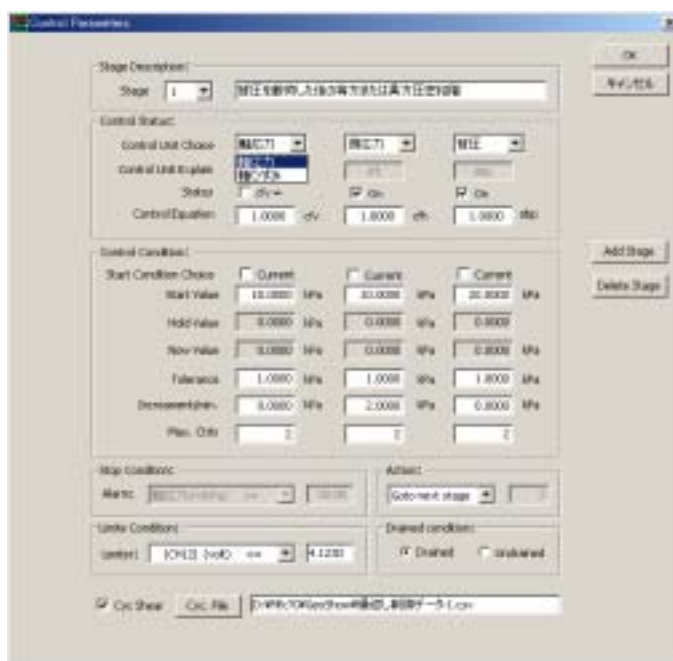


図-1. 各制御ステージと①～③制御パターンのパラメータ設定パネル

キーワード 三軸試験, 制御プログラム, ストレスパス試験

連絡先 〒332-0035 埼玉県川口市西青木 3-4-2 中央開発(株)東京支社 TEL: 048-250-1414

4. 制御の方法

図-1 に各制御ステージと①～③制御パターンのパラメータ設定パネルを示す。まず、Status のチェックによりそれぞれの制御を行う必要があるかを決める。その後、Control Unit Choice で応力制御かひずみ制御かを決める。制御は、選択された①～③の制御パターンで実際の計測された物理量と計算により得られたあるべき値を比較しながら、決めた载荷速度と設定した制御精度以内でフィードバック制御を行う。例えば異方圧密制御の場合には、Control Equation で入力した水平方向値と垂直方向値の比に基づいて異方状態を保ちながら制御を進める。そして、Stop condition で設定した条件に合致した場合に（設定パラメータがそのステージの目標値に達した場合に）、次のステージに進んだり制御をストップして試験者の指示を待つなどの Action で指定した行動を取る。なお、軸ひずみ制御では上記のようなフィードバック制御の他にメガトルクモータの速度運転モードを指定することにより定ひずみ速度制御も選択できる。

本システムでは最大 100 ステージまで自由にステージを設定し組み合わせることにより、複雑な制御を実現している。また、ステージ設定は試験途中で追加や変更も可能で、あらかじめ応力経路ファイルを読み込ませるなどの作業が不要であるため、研究目的の多様な試験条件にも柔軟に対応することができる。

4. ストレスパステストによる制御システムの検証

制御システムを検証するため、気泡混合土試料（ $\phi 5 \times h 10 \text{ cm}$ ）を用いて四つの制御ステージ「1. 背圧载荷ステージ（ $\sigma_{BP}=0 \sim 100 \text{ kPa}$, $\sigma_h = \sigma_a = 0 \sim 110 \text{ kPa}$ ）、2. 等方圧密载荷ステージ（ $\sigma_{BP}=100 \text{ kPa}$, 有効応力 $\sigma'_h = \sigma'_a = 10 \sim 100 \text{ kPa}$ ）、3. 等方圧密ステージ（ $\sigma_{BP}=100 \text{ kPa}$, $\sigma'_h = \sigma'_a = 100 \text{ kPa}$ ）、4. ストレスパステストステージ（ $\sigma_{BP}=100 \text{ kPa}$, $\sigma'_h = 100 \text{ kPa}$, $q = \text{繰返しせん断}$ ）」によりストレスパステストを実施した。

図-2 にステージ 1～4 実施中の、背圧 σ_{BP} ・セル圧力 σ_h ・有効軸応力 σ'_a と経過時間の関係を示す。ステージ 1 からステージ 3 まで軸差応力 q は

殆ど 0 になっており、等方応力状態を保っている。ステージ 4（ストレスパステスト）ではプログラム制御は設定した载荷経路に沿って自動でスムーズにステージの切替えが行われていることが検証された。

5. まとめ

本制御システムでは、試験全体のプロセスを複数の制御ステージに分割し、各制御ステージにおいて、軸载荷・側方向载荷・背圧の 3 つの制御パターンを適切に組み合わせる事によって、各種土質試験をスムーズに行うことができる。Microsoft の VC++ により開発したため、各設定がビジュアル的且つ簡単な操作で行われ、試験中でも物理値を自由に組み合わせることで、経時表示・力学特性の表示がリアルタイムで行われる。試験者は常に試験状況・力学特性を把握することができる。また、試験条件の設定を柔軟に行うことができるため、幅広い用途に適用可能である。

参考文献

1) 桑野玲子、大野真希、山内慶太、恒岡伸幸、王林（2003）：土質試験用多機能制御・計測システムの開発（その 1）、土木学会第 58 回年次学術講演会、徳島

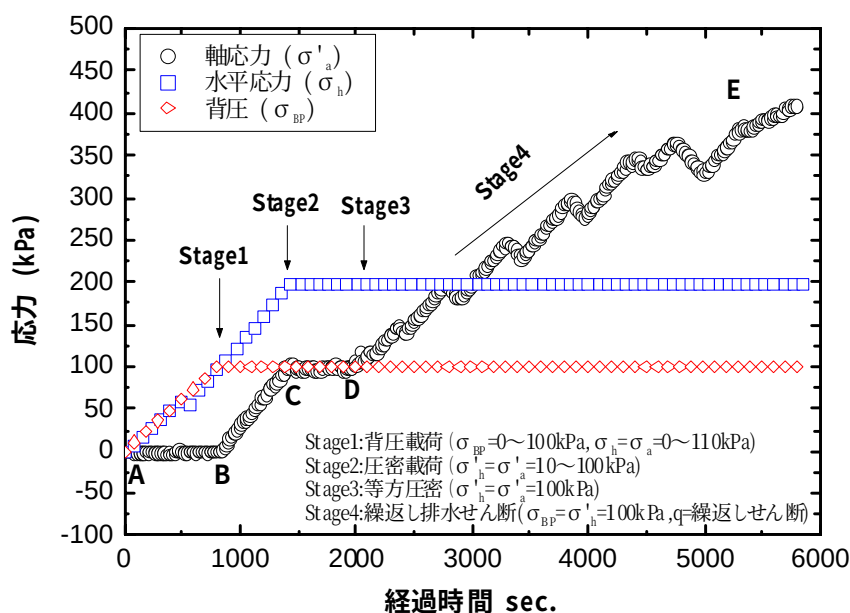


図-2 各制御項目と経過時間の関係