

大阪大学工学部 正会員 松井 保
 大阪大学工学部 正会員 小田和広
 大阪大学工学部 正会員 鍋島康之
 大阪大学大学院 学生会員 坂田智己
 大阪大学大学院 学生会員 ○鶴田慎之介

1. はじめに

近年、砂質土の三軸せん断試験において、軸変位だけでなく供試体からの排水量、すなわち体積変化も積極的に制御しようとするひずみ経路制御せん断試験が行われている。この試験の特徴の一つに、せん断帯の発生に代表される供試体内部における不均一なひずみ分布の発生が大ひずみ領域においても防止され、供試体が均一にせん断されることが挙げられる¹⁾。また、この試験では、軸変位だけでなく体積変化を制御することから完全な変位制御状態を達成している。ところで、ひずみ経路制御せん断試験を粘土に対し適用する場合、制御する変位および体積変化の速度によっては、その透水性の低さから供試体内における間隙水圧の分布が不均一となり、応力およびひずみの分布も不均一になることが予想される。本研究では、ミニ三軸供試体²⁾ ($\phi 22.5\text{mm} \times h 45.0\text{mm}$) を用いることによって供試体内の排水距離を短縮することにより、粘土に対するひずみ経路制御せん断試験の適用を試みている。

2. ひずみ経路制御ミニ三軸試験機

図-1は本研究において試作したひずみ経路制御ミニ三軸圧縮試験機の概要を示している。せん断過程においてひずみ経路を制御する方法はいくつか提案されているが、本研究では、サーボモーターとジャッキより構成される軸力載荷装置によって軸変位を、また、内田らによって開発されたデジタル・圧力/体積コントローラ³⁾ (以下

DPVC) によって体積変化を制御している。また、せん断中の測定項目は軸荷重、軸変位、セル圧および間隙水圧である。図-2はDPVCの構造の概要を示している。DPVCは、ステッパーモータードライバー、ステッパーモーター、スクリューギアおよびピストンから構成される。DPVCによる制御の過程は以下の通りである。パソコンから発信されたパルス信号はステッパーモータードライバーを介し、ステッパーモーターに伝えられる。ステッパーモーターは入力信号に対応した量だけ回転し、ピストンを動かす。ピストンは供試体とシムプレックスチューブを介し結合されており、したがって、供試体からの排水量を制御することができる。キャリブレーションの結果、100パルス当たりの体積変化量

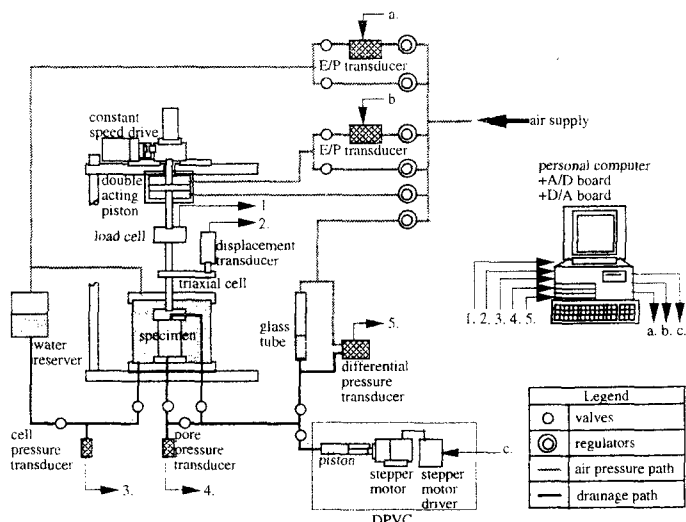


図-1 ひずみ経路制御ミニ三軸圧縮試験機の概要

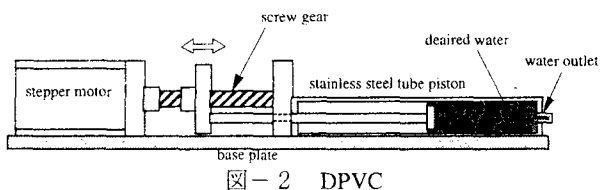


図-2 DPVC

は $7.5 \times 10^{-4} \text{cm}^3$ であり、これは体積ひずみにして $4.2 \times 10^{-3} \%$ に対応している。

3. 粘土のひずみ経路制御三軸試験

今回の試験では、試料として液性限界の約3倍の含水比で練り返した後に、圧密圧力 98.1kPa で再圧密したカオリン粘土を用いた。表-1はこの試料の物理特性を示している。また、表-2は試験条件を示している。今回は体積ひずみ増分に対する軸ひずみ増分の比を0.17に固定して試験を行った。さらに、非排水三軸試験 (CU-test)、排水三軸試験 (CD-test) も行っている。

図-3は圧密圧力によって正規化された軸差応力と軸ひずみの関係を示している。軸ひずみが約2%に達するまで、各試験ケースにおける応力～ひずみ挙動に顕著な違いは認められない。軸ひずみが約2%以上に達した後、排水試験、ひずみ経路制御試験、非排水せん断試験の順に同一のひずみレベルにおける軸差応力が小さくなっている。これは、図-4における過剰間隙水圧と軸ひずみの関係から分かるように、排水試験、ひずみ経路制御試験、非排水せん断試験の順に同一のひずみレベルにおける過剰間隙水圧が大きいからである。すなわち、発生する過剰間隙水圧が小さいほど有効応力が増大するため、軸差応力が大きくなるものと考えられる。また、ひずみ経路制御試験における過剰間隙水圧と軸ひずみの関係から、軸ひずみが約5%に達するまでは過剰間隙水圧が単調に増加し、その後は減少している。これは、軸ひずみが約5%に達するまでは、設定値を上回る圧縮特性を示していたものが、5%以降は設定値を下回る圧縮特性しか示さなくなったことを示唆している。図-5は有効圧密

表-1 試料の物理特性

土粒子密度 (g/cm^3)	2.62
液性限界 (%)	87.5
塑性限界 (%)	28.3
塑性指数	59.2

表-2 試験条件

試験ケース	初期含水比 (%)	ひずみ増分比	軸ひずみ速度 (%/min)	有効圧密圧力 (kPa)	背圧 (kPa)
SPC-test	59.8	0.17	0.05	100.0	100.0
CU-test	61.6	-	0.04	100.0	100.0
CD-test	59.0	-	0.02	100.0	100.0

圧力によって正規化された応力経路を示している。正規化された軸差応力が約0.8に達した付近においてひずみ経路制御試験の応力経路は緩やかに曲がっている。このとき、軸ひずみは約5%に達していることから、応力経路の変化には圧縮特性の変化が大きな役割を果たしているものと考えられる。

4. まとめ

ミニ三軸供試体を使用したひずみ経路制御試験機の試作を行い、これを練返し粘土に対し適用した。その結果、良好な試験結果が得られており、試作した試験機によって粘土のひずみ経路制御試験を実行することが十分可能であることが示された。なお、本研究は科学研究費補助金 奨励研究A (課題番号: 07855060) によって行われた。

5. 参考文献

- 1) Uchida, K. & Vaid, Y. P. (1994). Sand behaviour under strain path control, Proc. 13th ICSMFE, pp.17-20.
- 2) Matsui, T., Oda, K. & Nabeshima, Y. (1995). Applicability of Mini-Triaxial Test for Undisturbed Clays, Proc. 10th ARCSMFE, pp. 37-40

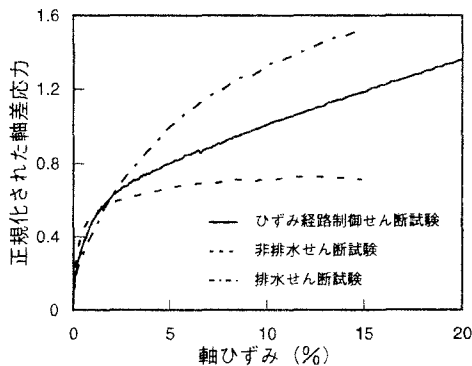


図-3 軸差応力と軸ひずみの関係

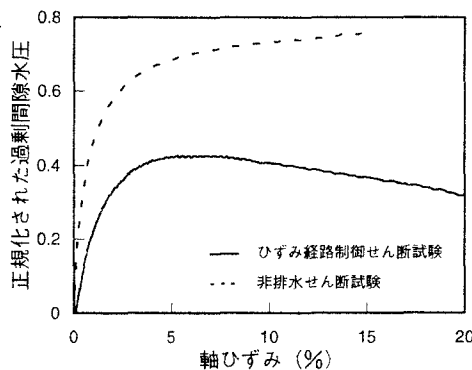


図-4 過剰間隙水圧と軸ひずみの関係

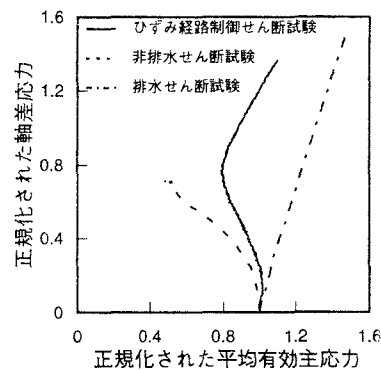


図-5 応力経路