

京都大学大学院 正会員 岡二三生・小高猛司

京都大学大学院 学生員 田久勉・〇里村知三

1.はじめに

純三次元条件での地盤材料の変形および破壊挙動の正確な把握を目的として、各種寸法の角柱供試体を用いた三軸試験の結果を示す。実験は三軸条件での載荷であるが、結果として現れる変形や破壊の形態はあくまで純三次元問題であり、本実験の位置づけはあくまで境界条件が整備された小型模型載荷実験である。本報では供試体の変形の様子や小さな軸ひずみレベルにおける供試体の変形挙動を詳細に観察した。

2.実験と画像解析の方法

深草粘土をスラリー状に練返した後、上載圧 98kPa で予圧密した正規圧密粘土を用い

て、トリマーにより所定の寸法の角柱供試体を作製した。これを三軸セル内で有効拘束圧 200kPa で等方圧密した後、拘束圧一定で軸

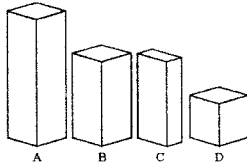


図 1. 供試体形状

ひずみ制御の非排水三軸圧縮試験を行った。表 1 に供試体寸法と載荷速度を、図 1 に供試体形状を示す。実験には 2mm 角の格子状メッシュを描いたゴムスリーブを用い、軸圧縮中に供試体側面に現れる変形の様子を 2 方向からデジタル写真撮影することにより、変形の進行を観察した。撮影したデジタル写真はパソコンに取り込んだのちに各節点の座標値をデジタイザソフトで読み取った。

その際、アクリルセルおよびセル内の水による屈折率を考慮し、屈折率をかけて補正した直交座標を設定した。得られた各ひずみレベルでの供試体側面の座標をもとに各節点の変位や各要素内のせん断ひずみを計算した。実際には三次元的に奥行き方向にもひずみが発生しているが、ここでの計算は平面内のひずみとした。

3.実験結果

図 2 に軸変位速度を一定にして(0.08mm/min)行った各種寸法の供試体における軸差応力～軸ひずみ関係を、図 3 にそれらの側面をせん断中に撮影したデジタル写真を画像解析した結果得られたせん断ひずみ分布図を示す。なお図 3 において B-3、D-1 は両側面にひずみの局所化が現れたために、両側面ともにせん断ひずみ分布を示している。図 2 では供試体が細長い、すなわち（供試体長／供試体短辺長）大きいものほど軸差応力が急激に低下する不安定な挙動を示しているのに対し、図 3 では A-1、C-2 共に「くの字」に折れ曲がる座屈型の破壊モードを示していることがわかり、X 型にせん断帯が発生するせん断破壊モードの B-3、D-1 よりも不安定なものになっている。

次に図 4 に載荷速度を 10 倍ずつ変えて行った A-4～6（表 1 参照）の実験における応力～ひずみ関係を示す。軸ひずみ 1%以下の小ひずみレベルにおいては、供試体が均質であるにも拘らず、ひずみ速度が大きい

表 1. 供試体寸法と載荷速度

供試体No.	載荷速度	寸法(cm)
A	1,2,3 0.08mm/min(0.067%/min)	4×4×12
	4 0.1%/min	
	5 1%/min	
	6 0.01%/min	
B	1,2,3 0.08mm/min(0.1%/min)	4×4×8
	4 0.1%/min	
C	1,2 0.08mm/min(0.1%/min)	4×2×8
	3 0.1%/min	
D	1,2 0.08mm/min(0.2%/min)	4×4×4
	3 0.1%/min	

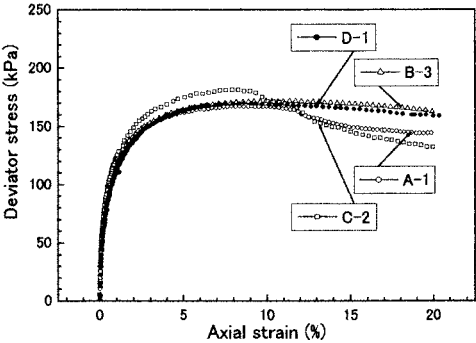


図 2. 軸変位速度一定条件下での応力～ひずみ関係

ほど軸差応力が大きくなるひずみ速度依存性の挙動が現れる。

次に A-2 について軸ひずみ 1% ごとの各節点の変位を 4 倍の大きさのベクトルで表したのが図 5 である。軸ひずみレベルの小さい段階から供試体は不均一に変形しているが、軸圧縮に伴って各節点の変位方向が何度か変化した後、最終的にある方向に局所化が進展することがわかる。小ひずみ領域におけるひずみの局所化に注目し、寸法の異なる各供試体においての軸ひずみ 1%におけるせん断ひずみ分布図が図 6 である。なお軸ひずみ 1%では観察されるせん断ひずみの絶対量が小さいため、図 3 よりもコントラストを強くして図化してある。わずかに軸ひずみ 1%

においても、供試体側面には全体的にまだら模様の不均一なせん断ひずみ分布が現れている。また、その不均一な変形は供試体形状（長さや細長比）に関わりなく発生していることもわかった。

4.まとめ

供試体が細長いものほど軸差応力が急激に低下する。また小ひずみレベルから供試体には不均一な変形が現れ、その不均一なせん断ひずみの分布形状が徐々にある一定方向に集中して、ひずみの局所化が発生する。小ひずみレベルにおいて、ひずみ速度が大きいほど軸差応力が大きくなるひずみ速度依存性の挙動が現れる。

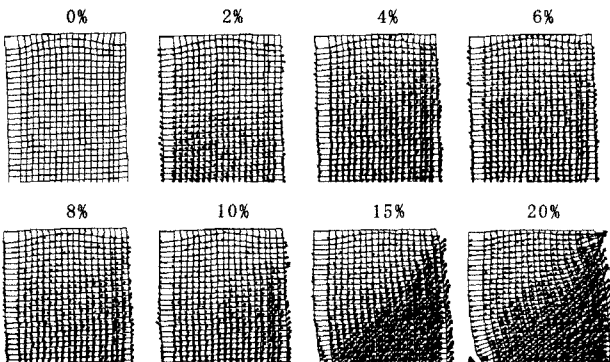


図 5. 非排水せん断中に計測した変位ベクトル図 (A-2 供試体)

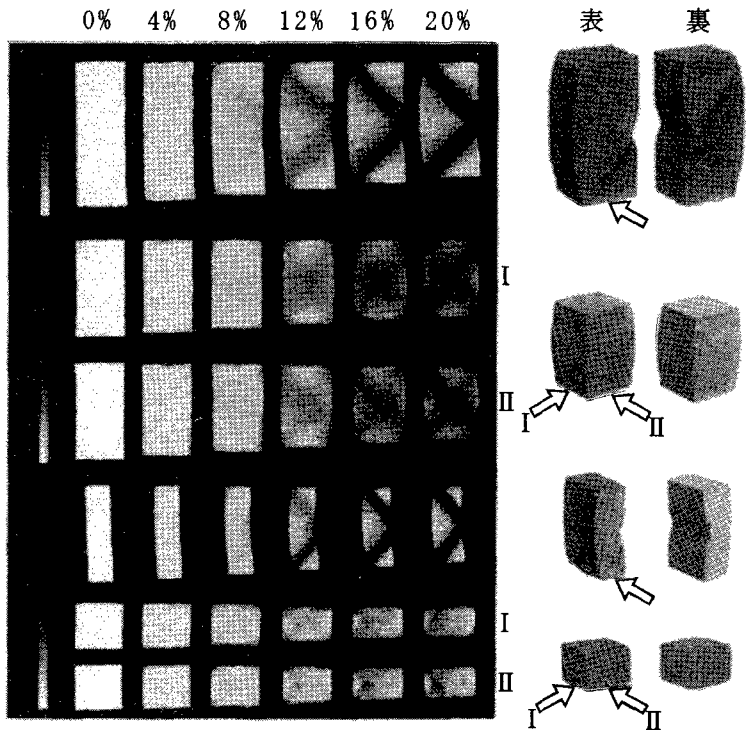


図 3. 供試体側面部のせん断ひずみ分布

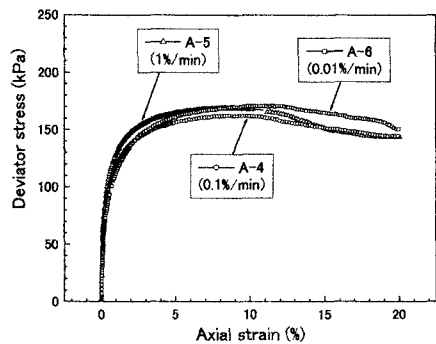


図 4. 軸差応力～軸ひずみ関係 (A-4～6)

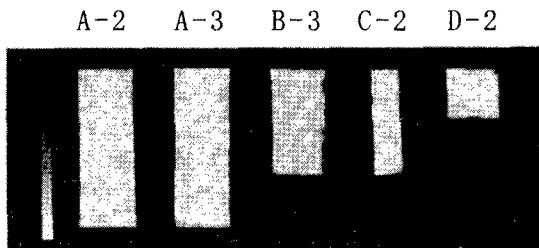


図 6. 軸ひずみ 1%における各供試体のせん断分布