

# 角形長柱供試体を用いた粘土の三軸圧縮試験

京都大学 学生会員 田久 勉  
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 学生会員 肥後陽介

## 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、角柱供試体を用いた三軸試験を行った。角柱供試体を用いることにより、円柱形に比べて対称性が低いために、どの部位にひずみの局所化が発生するのかを事前に予測することが比較的容易となる。本報では、4cm 四方の正方形断面で長さ12cm の角形長柱の粘土供試体の実験結果を示す。

## 2. 実験方法

表 1 に示す組成の海成粘土を、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、角柱供試体を作製した。この

表 1 : 実験に用いた粘土の物理特性

$G_s$ ( $g/cm^3$ )	$w_L$ (%)	$w_p$ (%)	$I_p$ (%)	レキ分 (%)	砂分 (%)	シルト 分(%)	粘土 分 (%)
2.64	59.1	27.4	31.7	0.0	9.8	56.2	34.0

角柱供試体を三軸セル内で有効拘束圧 196kPa (セル圧 392kPa, 背圧 196kPa) で等方圧密した後、拘束圧一定で軸ひずみ制御の非排水三軸圧縮試験を行った。載荷速度は 1.0, 0.1, 0.01 %/min の 3 種類である。キャップと載荷ピストンは一体化したタイプの試験装置を用い、供試体の上下端面はポーラスストーンにより比較的摩擦は大きい。また、5mm 角の格子状メッシュを描いたゴムスリーブを用い、軸圧縮に伴い供試体側面に現れる変形の様子を、軸ひずみ 2%ごとにデジタル写真撮影することにより観察した。写真は実験後パソコンに入力し、キャップの不動点を基準とした直交座標を設定し座標値を読みとって記録した。その際の座標値の読みとり計測誤差はおよそ 1/30mm である。しかし、セル内の水およびアクリルの屈折率は考慮していない。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要素内のせん断ひずみを計算した。その際、三次元的に奥行き方向にもひずみが発生しているが、この計算では平面ひずみ条件で近似した。

## 3. 実験結果

図 1 は異なる載荷速度で比較した場合の軸差応力～軸ひずみ関係である。また、図 2 には撮影した写真の例を示し、図 3 には画像解析で求められた、それぞれの供試体の軸圧縮に伴うせん断ひずみの分布が示してある。いずれの載荷速度においても、明瞭なせん断面が観察されており、その部分のせん断ひずみは 100%を超えている。その一方で、供試体の端面部などにはせん断ひずみはほとんど発生していない。一般に粘性土には、載荷速度が大きくなるにしたがい、発揮するせん断強度が大きくなる性質(すなわち速度効果)があるとされている。しかし、本論文での実験においては、図 1 に示すように最も載荷速度が大きい CASE -1 (1.0 %/min) が、軸差応力～軸ひずみ曲線の初期接線勾配は大きいものの、最終的な軸差応力は逆に小さくなった。載荷速度が大きい場合には、供試体の形状は座屈するように折れ曲がり、供試体上下からちょうど中間までのびる 2 面のせん断面が卓越して発生した。一方、載荷速度が小さい場合の CASE -2 (0.1 %/min) および CASE -3 (0.01 %/min) では供試体の上から下まで斜めに貫く

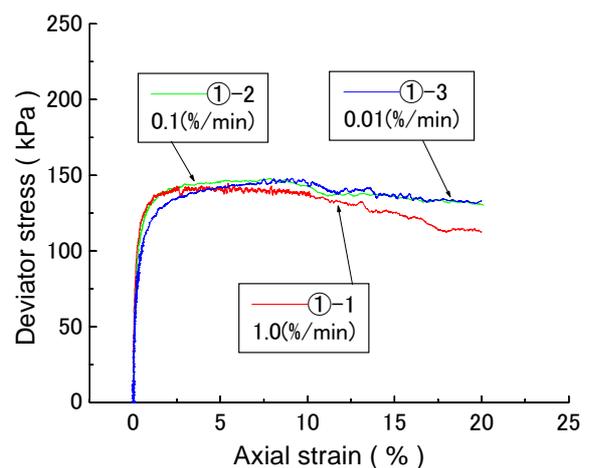


図 1: 軸差応力～軸ひずみ関係

最も載荷速度が大きい CASE -1 (1.0 %/min) が、軸差応力～軸ひずみ曲線の初期接線勾配は大きいものの、最終的な軸差応力は逆に小さくなった。載荷速度が大きい場合には、供試体の形状は座屈するように折れ曲がり、供試体上下からちょうど中間までのびる 2 面のせん断面が卓越して発生した。一方、載荷速度が小さい場合の CASE -2 (0.1 %/min) および CASE -3 (0.01 %/min) では供試体の上から下まで斜めに貫く

**Keywords:** 角柱供試体, 三軸試験, ひずみの局所化, 速度効果

連絡先 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町・TEL:075-753-5085・FAX:075-753-5086)

せん断面が発生した。軸ひずみ 20%の時に、それぞれの供試体に現れたせん断面の様子を図 4 に示す。以上より、極めて早く载荷した場合には、せん断面が観察される側面から見ると、左右非対称なモードでひずみの局所化が発生している。図 1 と図 3 を見比べると、いずれの実験も軸差応力～軸ひずみ曲線上で、軸差応力の不連続な低下が見られるときに、新たなせん断面の発生がせん断ひずみ分布から確認できる。载荷速度の大きい CASE -1 では、2 つに

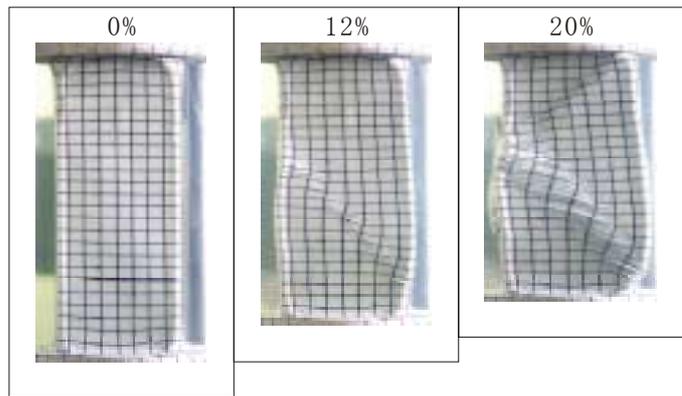


図 2: 供試体の変形の様子 (CASE -3)

折れ曲がる兆候が明らかに見える軸ひずみ 10%付近においては、すでに軸差応力は明確に減少している。それ以外の -2 および -3 では、供試体の変形モードがほぼ同じパターンであることを反映して、最終的な軸差応力～軸ひずみ曲線はほぼ一致している。ただし、軸差応力～軸ひずみ曲線の初期の段階では、载荷速度の小さい CASE -3 が下側になっており、粘性土の载荷速度効果が若干現れている。破壊モードを見る限りにおいては、载荷速度が大きい CASE -1 の破壊モードは両端固定の柱の座屈モードに似ており、その他の破壊形態は柱が通常のせん断破壊をする時に見られる破壊モードに近く、両者の破壊モードに大きな差がある。

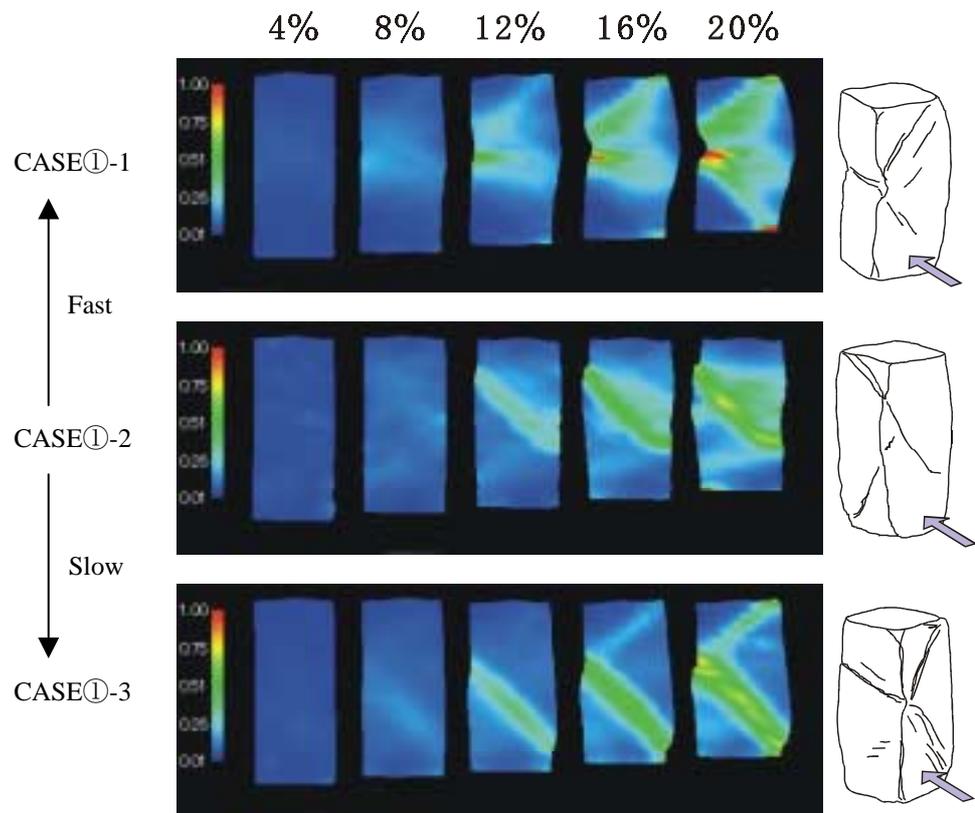


図 3: せん断ひずみ分布の推移

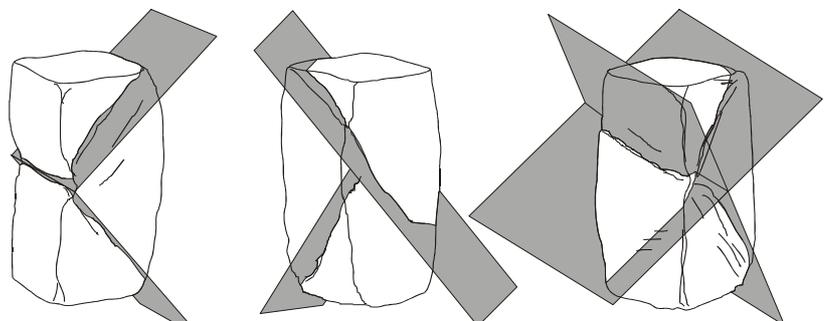


図 4: 载荷速度によるせん断面発生パターンの違い

#### 4. まとめ

実験は三軸条件での载荷であるが、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る。また、せん断面の発生と軸差応力～軸変位関係に密接な関係があり、载荷速度の違いは角形長柱供試体の破壊モードに大きな影響を及ぼすことがわかった。