

限界状態より wet な粘土のせん断挙動の解明

鹿児島大学工学部 学○佐藤 清 正 三隅浩二
同 上 学 原 康介 学 後藤国彦

1. はじめに 正規圧密粘土や軽く過圧密された粘土のせん断はもっぱら体積を収縮させながら破壊に至る。これらの土の試験径路は $e \sim p'$ 面に投影したとき限界状態線よりも間隙の大きい方に位置している。このような土を一般に Wetter Than Critical と呼ぶ。

ところで、平均主応力一定排水せん断試験は正規圧密粘土に適用した場合、他の試験径路に比べてメリットが多い。たとえば文献1によれば、端面拘束の影響の除去された降伏曲線およびすべての弾塑性パラメータを求めることができる。

本報告では、この試験を正規圧密粘土だけでなく Wetter Than Critical の境界にあたる限界状態線直下の過圧密粘土にも適用して、端面拘束による三軸供試体内部に発生するひずみの不均質性を考察している。カムクレイモデルを構成式に用いた三軸試験の有限要素解析²⁾による考察である。

2. $p' = \text{const.}$ せん断試験における三軸供試体の不均質性 図1は、正規圧密粘土の平均主応力一定排水せん断試験の応力径路を示している。a点は過圧密状態で 1.0 kgf/cm^2 までの等方圧縮で初期降伏状態に到達する。せん断開始時点のb点はさらに等方圧縮された状態であり、せん断により限界状態に至るまで降伏曲線を等方的に拡大する。c点は応力比 $\eta' = 1.0$ の状態である。

図2は、b点より発生した体積ひずみ ϵ_v 、およびせん断ひずみ ϵ_s を表している。プロットは端面拘束の影響のあるもの、ラインは端面拘束のないものである。体積ひずみは、その変化の仕方がほとんど端面拘束の影響を受けないことがわかる。ただし、強度が大きくなっているため破壊するまでのトータルの発生量がかなり異なる。せん断ひずみは、端面拘束により発生量が全体的に抑えられていることがわかる。以上は、三軸供試体の平均的なひずみにおける議論である。

図3は、三軸供試体の内部で発生したひずみの頻度分布の推移を示している。ただし、a点から発生したひずみで表している。図中のたとえば $b(\epsilon_v)$ は端面拘束がないときのb点における体積ひずみの分布であり、縦ラインは100%を意味する。それに対し白と黒のプロットは端面拘束のある場合を示している。両者の比較より、体積ひずみに関しては、b点までの等方圧縮においても、c点までのせん断においても、ばらつきが少なく、ばらつき方に偏りがない。それに対し、せん断ひずみは、ばらつきが体積ひずみよりも大きく、b点では端面拘束により発生量が促進され、c点では逆にその発生量が抑制されていることがわかる。

図4は、過圧密粘土の平均主応力一定排水せん断試験の応力径路を示している。aは図1と同じ点である。正規圧密粘土の限界状態時の降伏曲線に至るd点まで等方圧縮して、 2.0 kgf/cm^2 のe点まで膨潤した状態をせん断の開始時点としている。f点は応力比 $\eta' = 1.0$ の応力状態である。

図5は、d点より発生した体積ひずみ ϵ_v 、およびせん断ひずみ ϵ_s を表している。体積ひずみは、限界状態付近に至るまで端面拘束の影響を受けない。ところが、限界状態付近で若干体積ひずみが発生していることがわかる。せん断ひずみに関しては、やはり限界状態付近で乱れるが、それまでの挙動は端面拘束の影響をほとんど受けない。

図6は、a、d、e、fと応力状態が変化したときの三軸供試体内部のひずみ分布の推移を表している。体積ひずみは、等方圧縮されたd点ではそんなにばらつかないが、膨潤されたe点で多少ばらついている。ところが、このばらつき方はせん断途中におけるf点においても保たれていること(体積ひずみがほとんど発生していないこと)がわかる。せん断ひずみに関しては、d点で生じたばらつきがe、f点においても消えずに残っているが、頻度を見てわかるようにせん断中はほとんど端面拘束の影響を受けないことがわかる。

以上の考察と応力状態の分布図(紙面の都合上割愛)を照らしあわせてわかることは、まず、体積ひずみと弾性せん断ひずみは、応力状態の平均が端面拘束の影響をほとんど受けないかぎり、やはりその影響が少ないものと考えられる。これは体積ひずみと弾性せん断ひずみが応力状態によって決まる状態量だからである。それに対して、塑性せん断ひずみは応力状態だけでなく応力径路にも依存するために、端面拘束の影響を強く受けるものと考えられる。

3. おわりに 結局、端面拘束の影響の比較的小ない過圧密領域で直接弾性挙動を測定して弾性パラメータの κ や ν' を決定すればよいことがわかる。過圧密領域でダイレイタンスを呈する土があるとすれば、正規圧密粘土の構成式と同レベルにモデル化することも必要であると考えられる。

参考文献 1) 原, 三隅, 佐藤, 後藤: 逆解析により三軸供試体の端面摩擦の影響を除去する方法, 平成3年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 1992

*) H. Ohta, A. Iizuka: MANUAL OF DACSAR F.E.M. PROGRAM, Kanazawa University, 1986

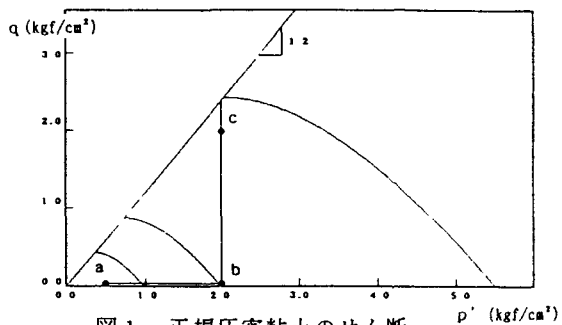


図1 正規圧密粘土のせん断

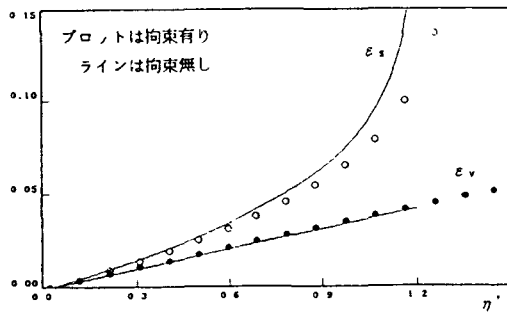


図2 b点からのひずみ発生量

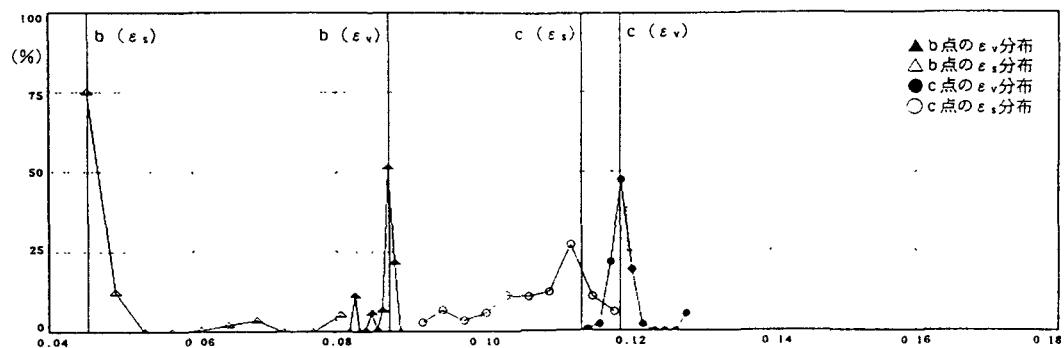


図3 三軸供試体内部のひずみ分布の推移 (a点からのひずみ)

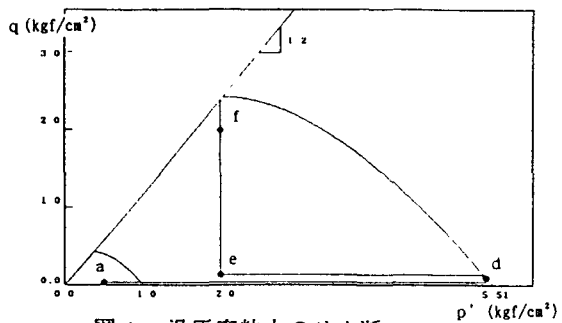


図4 過圧密粘土のせん断

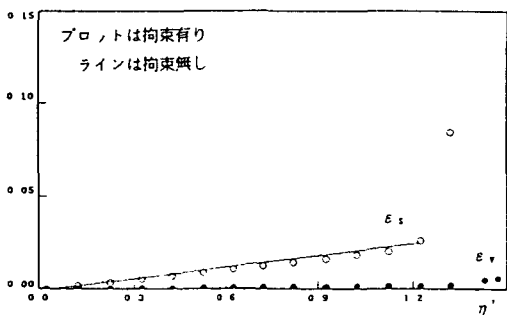


図5 e点からのひずみ発生量

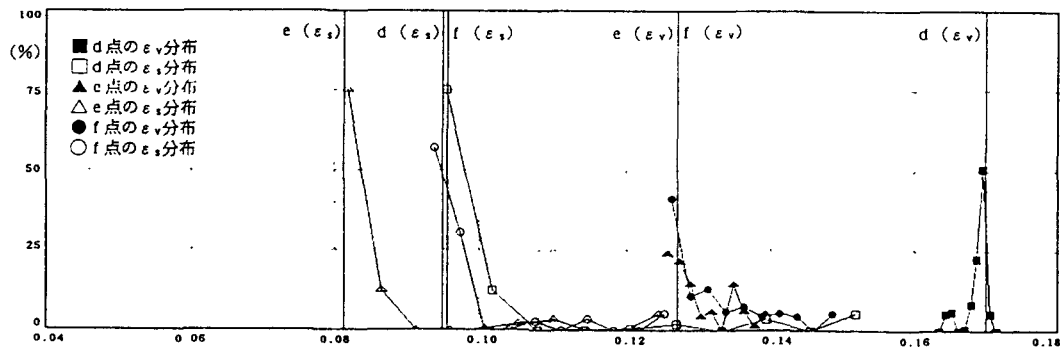


図6 三軸供試体内部のひずみ分布の推移 (a点からのひずみ)