

正規圧密粘土を用いた非排水せん断試験の三次元弾塑性解析

琉球大学大学院 学生員 ○謝 建明
 琉球大学工学部 正会員 原 久夫
 琉球大学工学部 正会員 上原方成

1.はじめに

粘土のせん断挙動はその応力-ひずみ関係によって左右され、ひずみの局所化をともなう破壊に至ると考えられている。そのひずみの局所化を与える要因を解明するために、筆者らはこれまでの研究において、粘土のせん断破壊時に発生するせん断帯付近で間隙水の移動が著しいことを確認した¹⁾。さらに、三軸圧縮試験において行う等方圧密においては、供試体内で一様に圧密が進行しておらず、供試体の周辺部での体積比が低くなっていることから、三軸圧縮試験においてせん断時における供試体内部の状態は、等方圧密による影響を受けて、せん断帯の発生に何らかの影響を与えているのではないかと考えられる。

本研究では実験で得られた等方圧密後の含水比分布特性を初期条件として導入し、修正 Cam-clay モデルを用いた三次元弾塑性解析を行い、非排水せん断の進行による正規圧密粘土供試体内部の諸状態の変化について検討を行う。

2.数値解析の概要

数値解析(土水連成解析)²⁾では、有限要素法を用いて修正 Cam-clay モデルを三次元に拡張した弾塑性問題として行う。解析に用いた粘土の材料定数は再圧密した島尻粘土の三軸圧縮試験によって得られたもので、それらを表-1 に示し、解析に用いた要素分割図を図-1 に示す。境界条件は、両端面での摩擦を考慮して上下端面において径方向の変形を拘束し、他の節点はすべて自由とする。排水条件では供試体の境界面上すべてを非排水条件とする。

表-1 島尻粘土の材料定数

限界状態線勾配 M	1.23
圧縮指数 λ	0.182
膨潤指数 κ	0.0260
規準体積比 Γ	2.148
ポアソン比 ν' (仮定)	0.3
透水係数 k	10^{-7} cm/sec

解析ケースとしては、以下に示す初期条件の違う 2 ケースについて行った。2 ケースとも圧密圧力 $p'=100$ kPa で等方圧密後の等方応力状態から軸ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_a=1\%$ /min の非排水せん断試験である。

・Case1: 初期条件として、実験より得られた等方圧密後の体積比を全要素に一様に設定した。

・Case2: 初期条件として、図-2 に示すような体積比分布を設定した。

図-2 における体積比分布は供試体を 185 個に分割して含水比を測定して得られたものである。

3.解析結果および考察

非排水せん断試験の数値解析から得られた正規化応力経路を図-3 に示す。図-3 から両ケースの応力経路とも同様なものであり、初期条件における体積比分布の違いによる供試体全体の応力への影響はほとんどないことがわかる。

各せん断ひずみ段階における供試体の変形図、体積比および最大せん断ひずみの分布図を図-4 と図-5 に示す。Case1(図-4)よりせん断ひずみ $\gamma=1\%$ のときは体積比と最大せん断ひずみとも供試体内で一様な分布を示している。せん断ひずみの進行にともない、供試体の中央から離れた両側において体積比が高くなっていることがわかる。これを変形図と対応すると、供試体の中央部分で径方向に変形することによって発生していることがわかる。また、せん断ひずみの進行にともない、供試体の中央部分での最大せん断ひずみが大きくなっていることがわかる。

次に、Case2(図-5)より初期条件に与えた体積比の分布がせん断ひずみ $\gamma=15\%$ に達するまでほとんど変化がないことがわかる。図-4 に示す

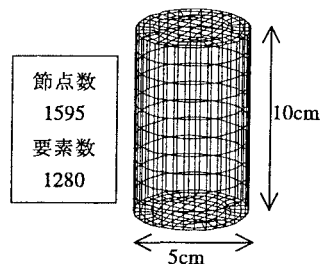


図-1 要素分割図

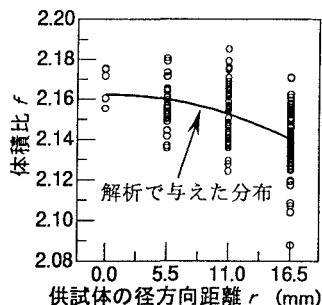


図-2 等方圧密後の体積比分布

体積比分布の変化を考えると、等方圧密による体積比分布の影響は非排水せん断時に発生する体積比分布の変化よりはるかに大きなものだと考えられる。また、図-5 の最大せん断ひずみ分布ではせん断の初期ではほぼ一様で、せん断ひずみ $\gamma=6\%$ から供試体の中央部分でわずかに大きくなっていて、そして、せん断ひずみ $\gamma=10\%$ 以降では供試体の下方部分で大きくなっていることがわかる。

4.おわりに

今回の解析から等方圧密後の体積比分布の影響は、非排水せん断時に生じる体積比分布の影響よりも顕著であることが確認できる。さらに、両解析ケースからは体積比および最大せん断ひずみの違いがあるにも関わらず、供試体全体の応力にはほとんど影響をおよぼさないことがわかる。

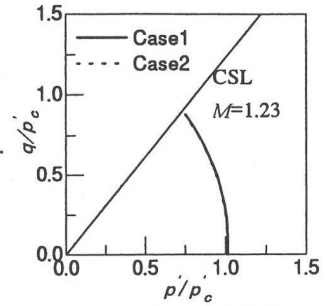


図-3 正規化応力経路

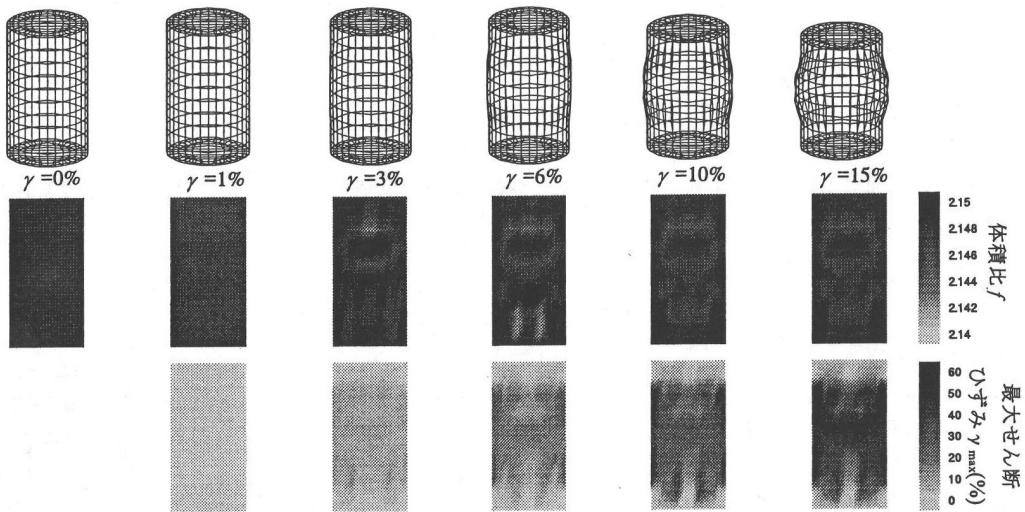


図-4 Case1 の変形図，体積比および最大せん断ひずみの分布図(体積比一様)

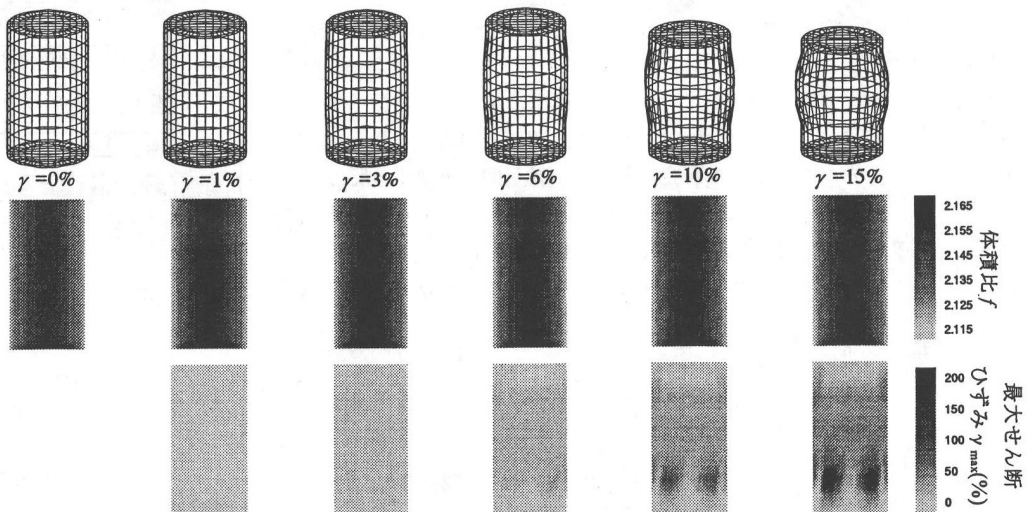


図-5 Case2 の変形図，体積比および最大せん断ひずみの分布図(体積比分布を導入)

<参考文献>1)謝建明他:排水せん断された正規圧密粘土供試体の含水比分布に関する実験的研究,平成8年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集,pp.450-451,1997 2)田中忠次 他:地盤の三次元弾塑性有限要素解析,丸善,1996