

## 粘性土の変形局所化解析

岐阜大学工学部 正会員 岡 二三生 岐阜大学工学部 正会員 八嶋 厚  
 岐阜大学大学院 学生会員 小野 健司 岐阜大学大学院 学生会員 ○青山 昌二

## 1. はじめに

粘土のような地盤材料は、破壊時においてひずみ速度効果が消失することが実験的に知られている。このようなひずみ速度効果の消失を弾粘塑性構成式<sup>1)</sup>に組み込むことにより、ひずみ軟化挙動が表現できるとともに、加速クリープといった塑性不安定挙動も予測することが出来る<sup>2)</sup>。しかしながら、破壊近傍でひずみ速度効果が消失することにより、本来弾粘塑性構成式が利点としていた有限要素解析解のメッシュサイズ依存性がそこなわれる可能性がある。そこで本研究では、異なるメッシュ分割を施した粘土供試体について、非排水平面ひずみ圧縮試験の数値シミュレーションを行い、メッシュサイズの依存性について検討を行う。また、粘塑性体積ひずみの二次の空間勾配の項を導入した場合、メッシュサイズ依存性がどのように変化するか検討を行う。

## 2. 有限要素解析結果と考察

ひずみ軟化項を導入した弾粘塑性構成式を用いて、粘土のひずみの局所化現象を数値解析的に検討する。構成式の詳しい解説は、参考文献<sup>3)</sup>に委ねる。ここでは正規圧密粘土について、定ひずみ非排水平面ひずみ圧縮試験をシミュレートする。供試体境界は非排水条件であるが、供試体内部の間隙水の移動は許した。また、供試体端面の水平変位はゼロとした。有限要素解析解のメッシュサイズ依存性を検討するため、同じ大きさの粘土供試体を100分割、400分割、1600分割した要素でそれぞれモデル化した。用いた材料定数は次の通り。(λ=0.355, κ=0.0477, e=2.0, m'=12.8, M'=1.45, ν=0.33, C=2.85×10<sup>-8</sup>(1/sec), k=1.16×10<sup>-8</sup>(cm/sec), G<sub>2</sub>'=0.001)

図-1にみかけの軸ひずみ4%の時の変形メッシュを示す。この図より、メッシュ分割が細かいほど、せん断帯の幅が小さくなっていることがわかる。どの要素分割においてもせん断帯は水平面から45°の方向に発達しており、これは二次元不安定解析<sup>4)</sup>の結果と対応している。図-2は供試体内の間隙水圧の分布を示したものである。粘土材料が負のダイレイタンスを有していることから、せん断帯周辺に間隙水圧が集中している様子がわかる。図-3には、供試体端面節点の反力から計算されるみかけの軸差応力とみかけの軸ひずみの関係が示されている。この図より、軸差応力のピーク点までは、メッシュサイズに関係なく、解はほぼ同一であることがわかる。しかしながら、ひずみ軟化過程においては、ひずみ速度効果が徐々に消失していき、得られた解に明らかなメッシュサイズ依存性が見られる。メッシュ分割の細かい供試体ほどひずみ軟化曲線の勾配が急となっていることがわかる。これは、メッシュ分割が細かいほどせん断帯の幅が小さくなっていることに対応している。

本来、粘塑性構成式を用いれば、ひずみ軟化過程においても解のメッシュサイズ依存性がないことが知られている。しかし、ここで紹介したように、ひずみ軟化過程におけるひずみ速度効果の消失は、解のメッシュサイズ依存性を誘発する。そこでこの問題を解決するために、降伏関数に粘塑性体積ひずみの二次空間勾配<sup>5)</sup>を導入し(式1)、同条件でシミュレーションを行った。勾配項の導入には差分法を用い、積分点において定義した(図-4参照)。図-5は、勾配項を導入した場合のみかけの軸差応力、みかけの軸ひずみの関係が示されている。ここで、A<sub>3</sub>の値は勾配項の係数を表している。この図より、勾配項の導入が、メッシュサイズ依存性の軽減に効果のあることが分かる。しかしながら、大ひずみにおいては誤差が大きくなってしまいう差分法を用いたため、5%以降には計算が発散してしまう傾向がみられ、またせん断帯の幅等には大きな効果が見られなかった。したがって今後の課題として粘塑性体積ひずみの2次の空間勾配を節点の自由度として定義した計算を行う必要があると思われる。

$$F = \frac{\sqrt{2J_2}}{M' \sigma_n} + \ln \frac{\sigma_n}{\sigma_{n0}} - \frac{1+e}{\lambda-\kappa} v^p - A_3 \nabla^2 v^p \quad (1)$$

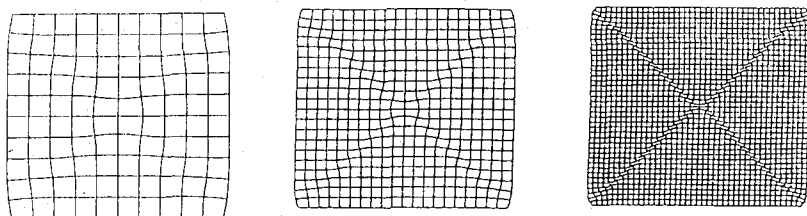


図-1 みかけの軸ひずみが4%のときの変形メッシュ

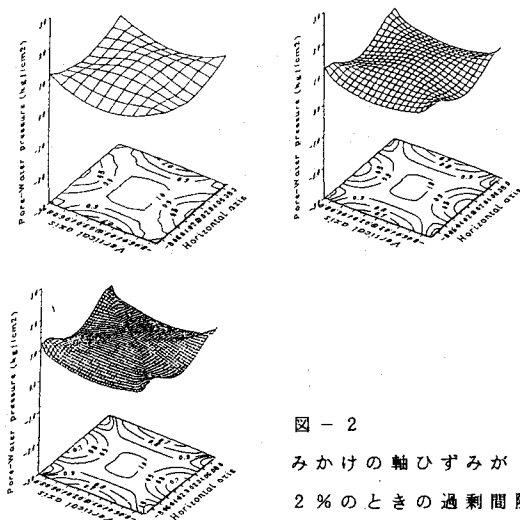


図-2  
みかけの軸ひずみが  
2%のときの過剰間隙水圧分布

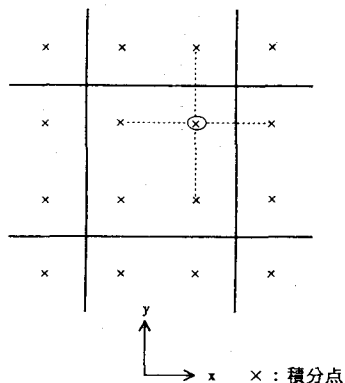


図-4 差分法を用いた  
粘塑性体積ひずみの  
二次空間勾配の計算法

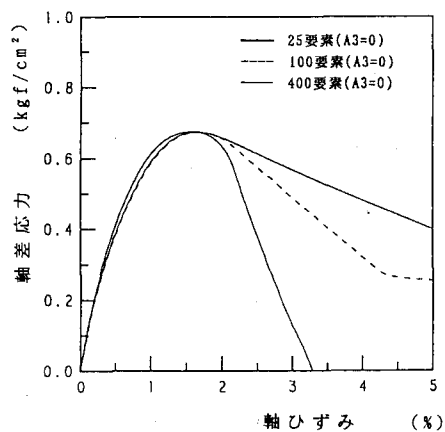


図-3 みかけの軸差応力と  
みかけの軸ひずみの関係

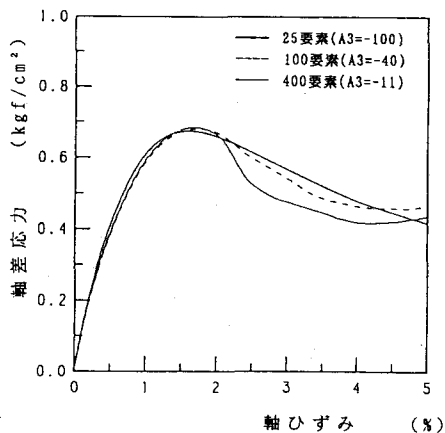


図-5 勾配項を導入した場合の  
みかけの軸差応力  
みかけの軸ひずみの関係

参考文献

- 1) Adachi and Oka(1982), Soils and Foundations, 22-4, 57-70
- 2) 岡ら(1993), 第42回応用力学連合講演会, 425-428.
- 3) Adachi et al. (1987), Proc. 8th ARCSMFE, 1, 5-8.
- 4) 岡ら(1993), 第28回土質工学研究発表会, 747-750
- 5) Oka et al. (1992), Applied Mechanics Review, ASME, 140-148