

正規圧密粘土の変形局所化解析

岐阜大学 正会員 岡 二三生
 ○岐阜大学 正会員 八嶋 厚
 日本道路公団 正会員 青山 昌二
 岐阜大学大学院 小山 彰

【研究目的】

地盤材料の破壊に対して、せん断帯やすべり面といった変形の局所化のメカニズムを明らかにすることは、工学的に見て非常に意義が大きい。そこで本研究では、特にせん断帯の発生に注目して正規圧密粘土の圧縮試験をシミュレートし、メッシュサイズ依存性、ならびに変形局所化の非対称性、形状依存性について検討を行った。

【解析方法】

ひずみ軟化項を導入した正規圧密粘土の弾粘塑性構成式¹⁾を用いて、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。材料定数を表-1に示す。供試体の上下端面の水平変位をゼロとして、非排水条件（ただし、供試体内部の間隙水の移動は許す）で解析を行う。メッシュサイズ依存性の検討では、20cm×20cmの供試体を100、400、1600の各要素に分割し、対称条件を用いて4分の1の部分解析の対象とする。Nematら²⁾によればひずみ速度と、安定な解析を行うための1ステップ当たりの増分時間は反比例の関係にあるので、メッシュサイズ依存性が現われやすくなるように同じひずみ速度（0.2%/min.）で2通りの増分時間を与える。すなわち、Case 1として1ステップ当たりの増分時間を3.0（sec）、強制変位量を0.001（cm）、Case 2として1ステップ当たりの増分時間を6.0（sec）、強制変位量を0.002（cm）とする。また、非対称性、形状依存性の検討に当たっては、10cm×10cm（Case 3）、20cm×10cm（Case 4）の各供試体を0.5cm×0.5cmのメッシュに分割し、ひずみ速度0.1%/min.を与え、供試体全体について解析を行う。

表-1 材料定数

圧縮指数	λ	0.355
膨潤指数	κ	0.047
初期平均有効応力	σ_{v1}'	1.0 (kgf/cm ²)
間隙比	e	2.0
粘塑性パラメータ	m'	12.8
粘塑性パラメータ	C	2.85×10^{-8} (1/sec)
破壊応力比	M^*	1.45
ポアソン比	ν	0.33
透水系数	k	1.16×10^{-8} (cm/sec)

【解析結果と考察】

(1) メッシュサイズ依存性

図-1に各ケースの軸差応力-軸ひずみ関係を、図-2に軸ひずみが6%の時の間隙水圧分布を示す。Case 1において、1600要素の解析が軸ひずみ7%付近で破壊に至っているが、これより小さな軸ひずみでは軸差応力、間隙水圧ともに違いは見られない。しかしながらCase 2では明らかに、ひずみ軟化過程において要素分割数が多いほどひずみ軟化の度合いが大きいというメッシュサイズ依存性が見られる。間隙水圧分布でも、せん断帯周りの間隙水圧の集中度合にメッシュサイズ依存性が確認される。

(2) 解析領域の非対称性、形状依存性

図-3に軸ひずみが10%の時の変形メッシュ、図-4に同じく軸ひずみが10%の時のせん断ひずみ分布を示す。せん断帯はCase 3では約45度の角度で対角線状に発生しているが、Case 4では左上隅角部から約55度の角度で右下がりに、左下隅角部から約50度の角度で右上がりに発生しており、ともに供試体中心に対して対称ではないことが明らかになった。また、Case 3とCase 4で変形に違いが現われるのは、上下端面を拘束したことによって変形モードがある程度固定化されてしまうからと思われる。

【結論】

メッシュサイズ依存性の検討においては、解析1ステップごとの増分時間を大きくとった場合に、安定した解が得られずメッシュサイズ依存性が現われるという、Nematらと一致する結果となった。このため、構成式に粘塑性体積ひずみの二階空間勾配項を導入するなどの方法で、大変形域における信頼性を確保する必要がある。

また、非対称性、形状依存性の検討では、形状の違いによってせん断帯の角度と発生パターンが変わることが明らかとなった。

【参考文献】

- 1) Adachi et al. (1987), Proc.8th ARCSMFE,1, pp.5-8.
- 2) Nasser.S.N. and D.T.Chung. (1992), An explicit constitutive algorithm for large-strain,large-strain-rate elastic-viscoplasticity,Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, pp.205-219.

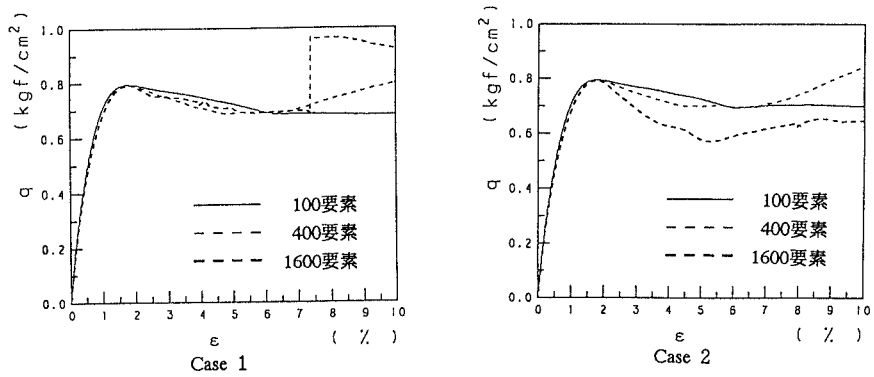


図-1 軸差応力-軸ひずみ関係

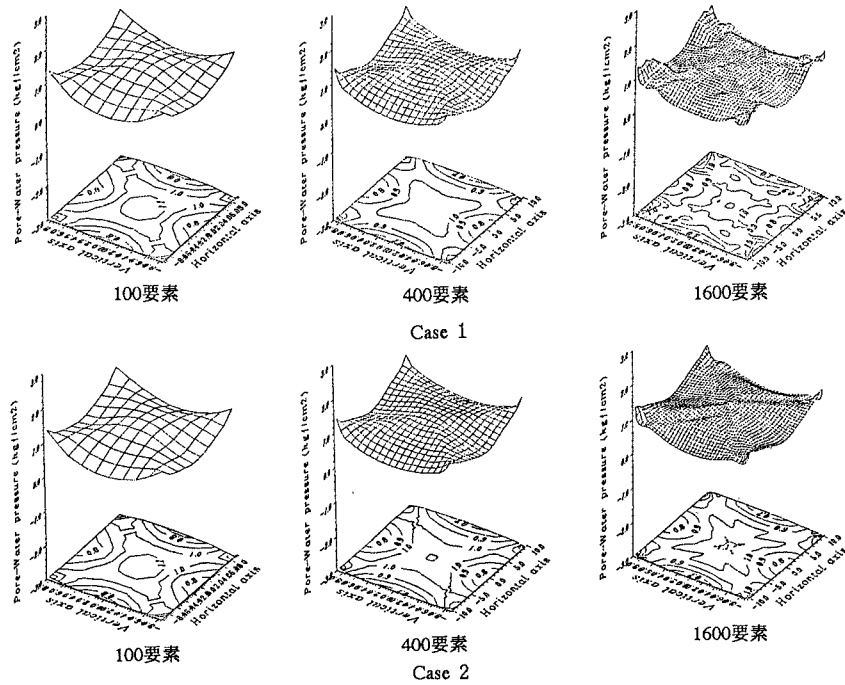


図-2 軸ひずみが6%のときの間隙水圧分布

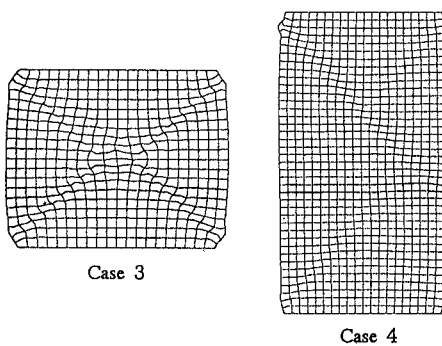


図-3 軸ひずみが10%のときの変形メッシュ

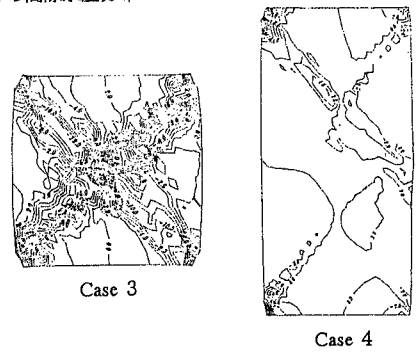


図-4 軸ひずみが10%のときのせん断ひずみ分布