

微小および有限変形理論による地盤材料のひずみの局所化解析

名古屋工業大学 学生会員 ○石田 裕樹 徐 連民 木村 陽
名古屋工業大学 正 会 員 中井 照夫

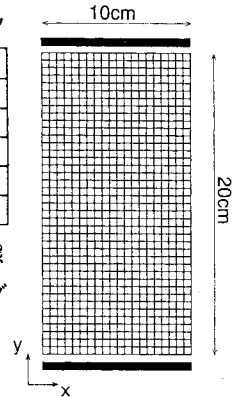
すでに提案している移動硬化型の粘土の弾塑性モデル(kinematic t_y -clay model¹⁾)を用いて粘土の平面ひずみ試験の有限要素解析を行った。なお、解析対象を1/4とし完全非排水条件下で微小変形理論に基づく解析は前報^{2,3)}で行っている。ここでは供試体全体を対象とし、非排水条件、マイグレーション条件(供試体としては非排水条件を満足するが供試体内では間隙水の移動を許す)、および排水条件下で解析を行った。また、今回は微小変形理論に基づく解析と、前報⁴⁾で行った有限変形理論に基づく解析とを比較・検討する。

1. 解析の概要

解析モデルは図-1に示すように供試体全体(縦20cm,横10cm)を対象とし、800要素に分割して解析を行った。本解析では上下端面でのx軸方向の変位を許さず、-y方向に強制変位を与えた。解析に用いた要素は4つの定ひずみ三角形要素(CST要素)を合成した4節点四角形要素⁵⁾である。供試体としては飽和した藤の森粘土を想定し、表-1にその土質パラメータを示す。初期応力は $p=98\text{kPa}$ の等方応力状態とし要素内で一定としている。その他の解析方法は前報⁴⁾と同様であり、非排水条件、マイグレーション条件、排水条件下の3条件について解析した。

表-1
藤の森粘土の土質パラメータ

$\lambda/(1+e_0)$	5.08×10^{-2}
$K/(1+e_0)$	1.12×10^{-2}
$\phi^*(\text{comp.})$	33.7°
α	0.7
v_0	0.0
ξ	0.2



2. 解析結果と考察

図-2に両理論に基づいた非排水条件下のマスのとしての応力~ひずみ関係($\Delta Q/A_0$ は $\sigma_1 - \sigma_3$ 、 $2\Delta H/H_0$ は $\varepsilon_1 - \varepsilon_3$ に対応)を示す。この図からピーク強度は有限変形理論に基づく解析結果の方が大きくなっているのがわかる。図-3、4は両理論による供試体内安全率分布と変形図に主応力を重ねて描いたものである。両理論ともせん断帯は供試体中心部から発生し斜め45°方向に発達する。これはせん断帯上の要素で主応力方向が垂直方向から回転していないためである。また、微小変形理論によるものの方が破壊線が細くせん断帯が局所的に発生している。

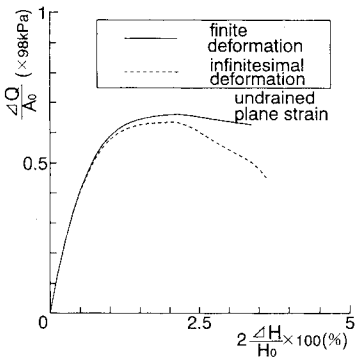
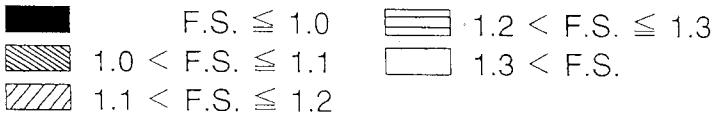
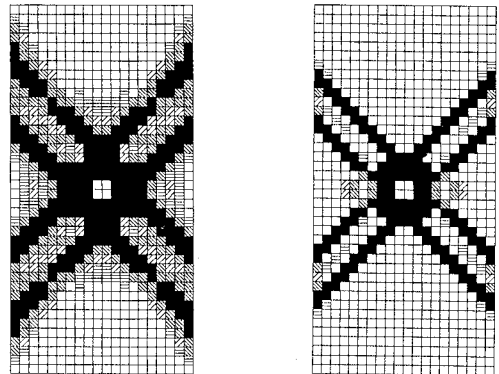


図-2 マスとしての応力~ひずみ関係
(非排水条件)



(a)有限変形 ($2\Delta H/H_0=3.375\%$) (b)微小変形 ($2\Delta H/H_0=3.5\%$)

図-3 安全率分布(非排水条件)

図-5～7はマイグレーション条件下における解析結果である。図-5の応力～ひずみ関係は図-2の非排水条件下のものとほぼ一致している。したがって、マイグレーション条件下では供試体内部の各要素で等体積が保たれていなくてもマスとして等体積であれば、応力～ひずみ関係は間隙水の移動の影響をほとんど受けていないことがわかる。これは供試体内の間隙水圧を一樣にするため遅い速度で非排水試験を行っても、マスとしては実際の非排水応力～ひずみ曲線に近いものが得られることを示している。

図-8～10に排水条件下における解析結果を示す。非排水条件ほど明確ではないが排水条件でもせん断帯の生成がみられる。しかし、変位が大きくなり、可学的非線形性が大きくなるためせん断帯が対称にはならない。また、非排水条件ではひずみ軟化特性がせん断帯の発生に影響していたが、排水条件では図-8に示すようにひずみ軟化特性がみられなくてもせん断帯の生成がみられることがわかる。

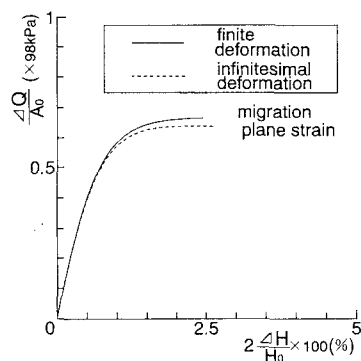


図-5 マスとしての応力～ひずみ関係
(マイグレーション条件)

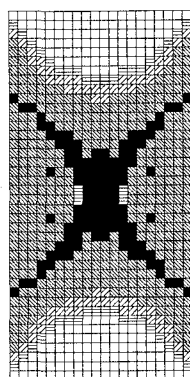


図-6 安全率分布
(マイグレーション条件、微小変形、 $2\Delta H/H_0=2.625\%$)

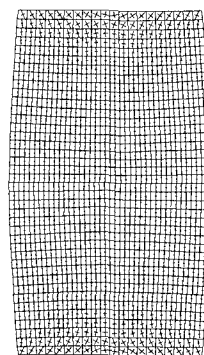


図-7 主応力図

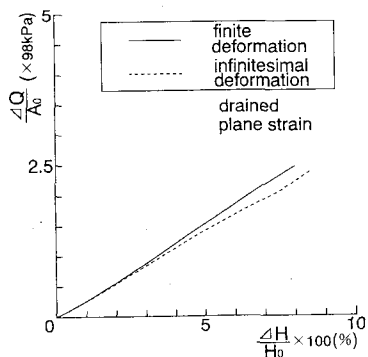


図-8 マスとしての応力～ひずみ関係
(排水条件)

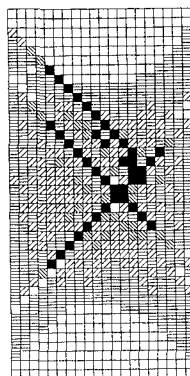


図-9 安全率分布
(排水条件、微小変形、 $\Delta H_0/H=8.5\%$)

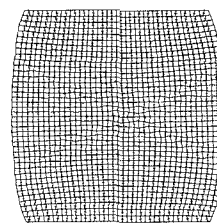


図-10 主応力図

参考文献

- 1) Nakai & Hoshikawa(1991) : Kinematic hardening model for clay in three-dimensional stresses , Proc.7th IACMOG,1,655-660.
- 2) 中井・石田(1993) : 移動硬化型 t_y -clay modelによるせん断帯解析、第28回土質工学研究発表会、1151-1154.
- 3) 石田・中井(1993) : 移動硬化型モデルによる粘土の平面ひずみ試験のシミュレーション解析、第48回土木学会年次講演会、Ⅲ-439,932-933.
- 4) 中井・石田・徐(1993) : 移動硬化型弾塑性モデルを用いた平面ひずみ試験のせん断帯解析、粒状体の力学シンポジウム、81-84.
- 5) Desai & Abel(1974) : マトリックス有限要素法