

III-439

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

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○石田裕樹
名古屋工業大学 正会員 中井照夫

前報¹⁾では、等方硬化型および移動硬化型弾塑性モデル(t_{ij} -clay model²⁾, kinematic t_{ij} -clay model³⁾)を用いた粘土の平面ひずみ試験(高さ H と横幅 B との比 $H/B=2.0$)の解析を行い、せん断帯の生成について検討した。ここでは、試料寸法および载荷方向を変えた平面ひずみ試験の解析を行い、これらの違いがマスとしての応力～ひずみ関係、強度およびせん断帯の発生に及ぼす影響について考察する。

1. 解析の方法

図-1に示す3種類の試料寸法比で解析を行った(高さ H と幅 B との比 $H/B=2.0, 1.0, 0.5$)。解析は要素全体の右上1/4を対象とし、非排水平面ひずみ条件下で行っている。1/4要素の上端面で x 方向の変位を許さず、 y 方向に強制変位を与えている($-y$ 方向に変位を与える解析をseries I、 $+y$ 方向に変位を与える解析をseries IIと呼ぶ)。ここに、series I では平均的な最大主応力方向が鉛直方向となり最大主応力面で等変位を与えるのに対し、series II では最大主応力方向は水平方向となり平均的な最小主応力面で等変位を与えることになる。各要素は4つの定ひずみ三角形(CST要素)からなる4節点四角形要素であり、地盤材料は藤の森粘土を想定した。表-1に今回の解析で用いた移動硬化型の粘土の弾塑性モデル(kinematic t_{ij} -clay model³⁾)の土質パラメータを示す。なお、初期応力は $p=98\text{kPa}$ の等方応力状態とし、完全非排水条件下で解析を行っている。その他の解析方法は前報¹⁾と同様である。

2. 解析結果と考察

図-2は解析で得られるマスとしての応力～ひずみ関係を示す。この図で横軸には平均的な主ひずみ差($\overline{\varepsilon_1 - \varepsilon_3}$)を、縦軸には平均的な主応力差($\overline{\sigma_1 - \sigma_3}$)をとっている。各図で実線は理想体としての応力～ひずみ関係、点線、破線、一点鎖線はそれぞれ $H/B=2.0, 1.0, 0.5$ の場合の解析結果を示す。同図より最大主応力方向が鉛直、水平方向にかかわらず、 $H/B=2.0$ 程度であればたとえ端面摩擦が ∞ であっても、そのピーク前の応力～ひずみ関係や強度は理想体のそれと大きな差がないことがわかる。また、 $H/B=0.5$ 程度になると強度や剛性を過大評価していることになる。図-3, 4にseries I およびseries IIの解析で得られる最終状態(要素内で引張り領域が発生したり、計算が不安定になった時それ以降の計算を打ち切っている)での要素内安全率分布を示しているが、 H/B や最大主応力方向の違いにより破壊域の発達の仕方が異なっている。また、図-5, 6は変形図を示すが図-3, 4の破壊域に対応してせん断帯が形成されている(図中の k は変位図を描いたときの変位の倍率を表す)。図-3～6の比較より、たとえ破壊域が連続的に連なってもその周りの安全率が回復しない限りせん断帯は明瞭にならないこともわかる。このようなせん断帯解析では破壊後の挙動だけでなく、安全率が回復するような応力経路(除荷過程)の応力～ひずみ特性の評価も大切となる。

参考文献

- 1) 中井・石田(1993): 移動硬化型 t_{ij} -clay modelによるせん断帯解析、第28回土質工学研究発表会

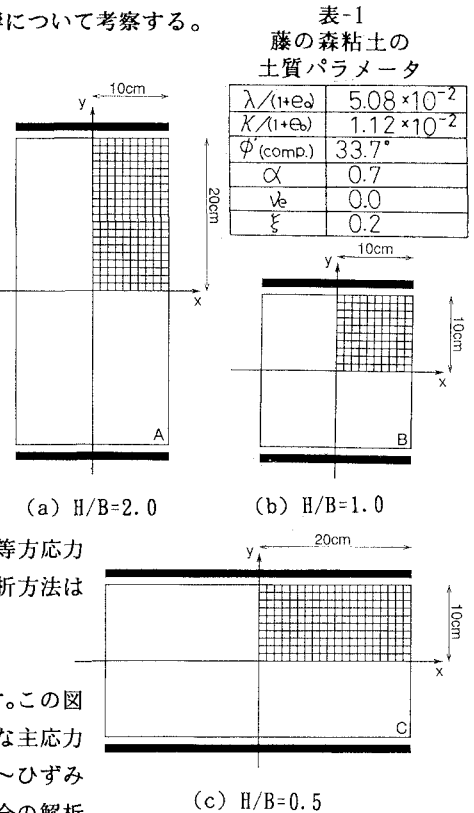
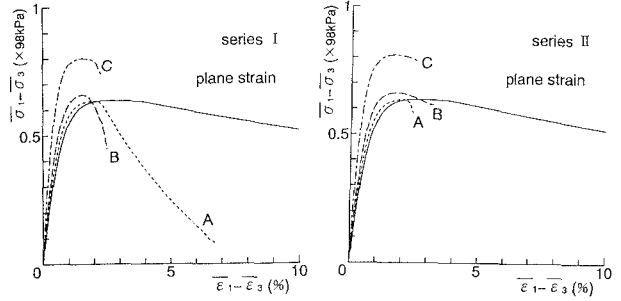
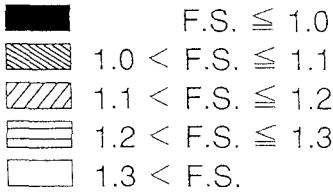


図-1 解析モデル

2) Nakai & Matsuoka(1986): S&F, Vol. 26, No. 3, 81-98. 3) Nakai & Hoshikawa(1991): Proc. 7th IACMOG, Vol. 1, 655-660.



(a) series I (b) series II
図-2 マスとしての応力～ひずみ関係

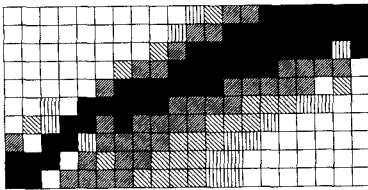
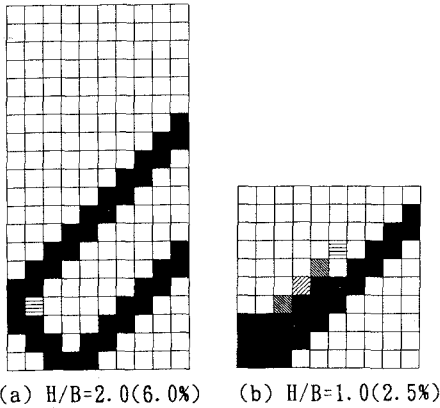


図-3 安全率分布(series I)

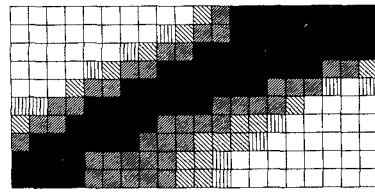
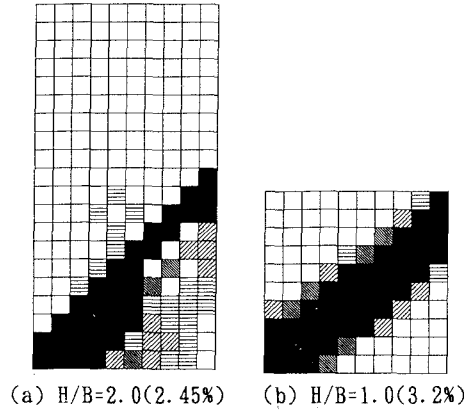


図-4 安全率分布(series II)

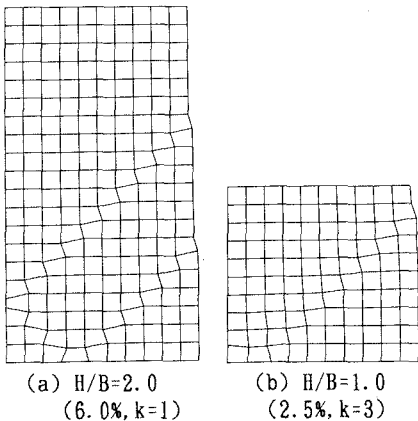


図-5 変形図(series I)

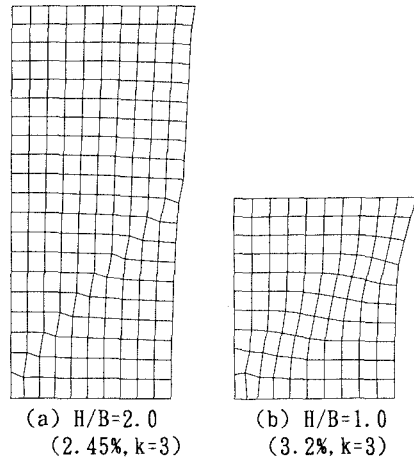


図-6 変形図(series II)