

九州大学農学部 橋口公一, ○岡安崇史, 新島竜郎
友山隆広, 安河内賢弘,
琉球大学農学部 上野正実, 鹿内健志

【Keyword】 三次元弾塑性有限要素法, 下負荷面モデル, 要素試験

I はじめに

農業機械や建設機械などによる土の変形に関する境界値問題を解析するためには, まず土の力学的な挙動を把握することが重要である. しかしながら, 土の挙動には応力-ひずみ関係は適用できず, ひずみ速度(ストレッチング)と応力速度を対応させた弾塑性構成式を用いる必要があり, これまで多くの構成式が提案されている. 本研究では, 土の構成式として拡張下負荷面モデル¹⁾を採用した八節点六面体アイソパラメトリック要素で構成する三次元弾塑性有限要素解析プログラムを開発し, 平面ひずみおよび軸対称三軸圧縮実験のシミュレーションを行い, 土の力学的挙動の予測について検討を行った.

II 回転硬化を考慮した土の構成式

本研究で使用する土のモデルの概念を図 1 に示す. 本モデルは正規降伏面内部に常に現応力点を通り正規降伏面と相似形を保ちながら膨張/収縮する下負荷面を仮定し, 繰り返し塑性構成式としての力学的要求条件, すなわち連続性の条件, 滑らか条件, 仕事率・剛性緩和および Masing 効果のすべての条件を満足している. また, 土の初期異方性ならびに誘導異方性を表現する回転硬化の概念も導入し, その発展則も規定されている.

III 実験の概要と解析モデル

客観的に結果を評価するために豊浦砂については文献²⁾の結果を比較の対象として採用した. 硅砂は軸対称三軸圧縮試験のみであるが実際に実験を行い結果の比較を行った. 実験条件などの詳細は表 1 に示す. 解析に用いた有限要素モデルを図 2 に示す. 豊浦砂の解析に使用したモデルは節点数 45, 要素数 16 で構成され, 平面ひずみ, 三軸圧縮の条件として図のような拘束条件を与えた. 硅砂は節点数, 要素数については同様であるが, 実験装置が論文のものと異なるため, 強制変位増分を与える節点の拘束条件を水平方向固定にした. 両条件ともシミュレーションは上部より 0.01(mm)の強制変位増分を与え, 1000 ステップ(軸ひずみにしておよそ 12%)で増分計算を行った. なお, 本解析プログラムでは増分計算における修正計算を Newton-Raphson 法を使用して行った.

IV 結果と考察

平面ひずみに関する実験結果と計算結果を図 3 に示す. 軸差応力($\sigma_1 - \sigma_3$), 体積ひずみ(ε_v)ともに破壊までは両結果でほぼ一致した傾向を示したが, 計算では実験に見られるような破壊後の極度の軟化は表現できなかった. これは載荷板の端部付近よりすべり面(せん断帯)が発生し, 供試体の有効応力が減少したためである. 図 4 に平面ひずみ条件での両結果の側方への変形の様子を比較した. 両結果とも変形量はおおむね一致したが, 実験結果では上下部で

載荷板との摩擦による変形の拘束が僅かながら見られた。

V おわりに

平面ひずみ, 軸対称三軸圧縮実験などの微小変形問題に関して本解析プログラムの適用性が証明された。しかしながら, 実際に抱えている問題の大部分は局所の変形や大変形等を含んだ境界値問題に分類されるため, 本解析プログラムを今後発展, 改良していくことが必要である。

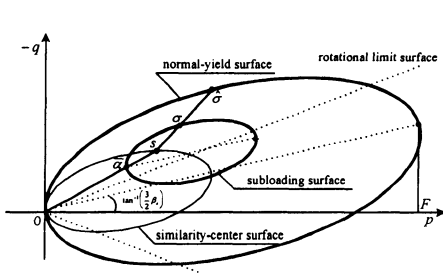


図1 下負荷面モデルの概念

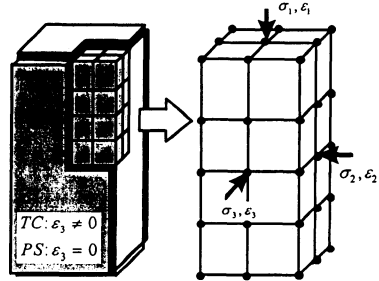


図2 解析モデル

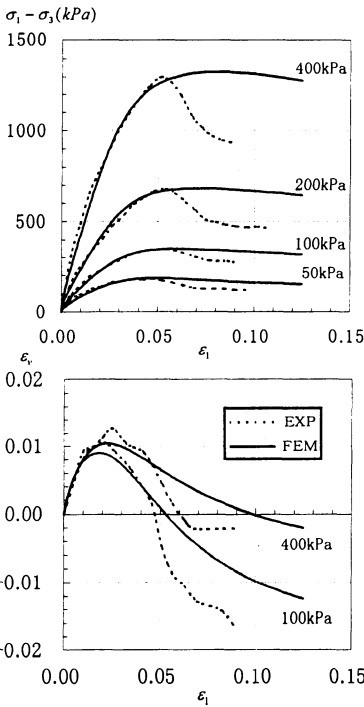


図3 実験結果と計算結果の比較

表1 実験条件

	平面ひずみ試験 (PS)	軸対称三軸圧縮試験 (TC)
供試土	豊浦砂($e_0=0.750$)	豊浦砂(同左) 珪砂($e_0=0.722$)
排水条件	排水	排水
供試体寸法	L64*W41*H80(mm)	L64*W41*H80(mm) D50*H80(mm): 珪砂

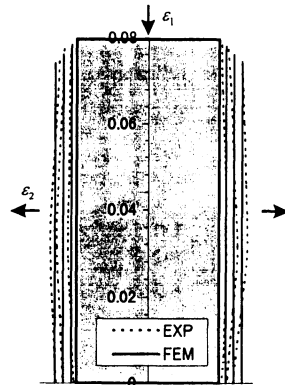


図4 供試体の側方変位

参考文献

- 1) 橋口公一, 上野正実, 陳忠平: 下負荷面および回転硬化の概念に基づく土の弾塑性構成式, 土木学会論文集, 547, III-36, pp. 127-144, 1996
- 2) 望月秋利, 蔡敏, 高橋真一: 砂の平面ひずみ試験と結果の整理方法, 土木学会論文報告集, 475/III-24, pp. 99-107, 1993