

## 地盤の破壊を対象とした三次元剛塑性有限要素シミュレーション

熊本大学大学院 学○帆足英利  
 熊本大学大学院 正 大谷 順  
 熊本大学大学院 学 椋木俊文

## 1. はじめに

一般に、地盤の破壊現象は平面ひずみ問題として捉えられ、2次元の数値解析が広く実施されてきた。しかし、実際の地盤の挙動を精度良く評価するためには3次元解析も重要であると考えられる。本研究では3次元剛塑性有限要素法を用いて、一軸圧縮試験を対象に、土の破壊に関する数値解析を行った。その際、実際の地盤材料の不均質性をいかに解析に反映させるかが重要な問題となる。著者らは、これまで一軸圧縮試験における供試体の破壊をX線CTスキャナを用いて可視化しており<sup>1)</sup>、その結果から得られた供試体のX線CT画像をもとに、解析で用いるパラメータを決定することにより解析を行った。

## 2. 試験及び解析の概要

実際の供試体を持つ不均質性を解析に反映させる方法として、ここでは、X線CT画像を用いた方法を提案する。今回、解析の対象とした一軸圧縮試験では、図-1のようなX線CT画像が得られている。このX線CT画像は、CT値という物体の密度に比例する値をもとにして描かれている。そこで、X線CT画像にもとづき、供試体の密度と、解析で用いる強度パラメータの1つである粘着力 $c$ とを関連付けることによって、供試体を持つ不均質性を解析に反映させることを試みた。ここでは画像およびその処理の詳細についての説明は省略するが、供試体の密度の低い部分については、その部分に相当する解析要素の粘着力 $c$ を小さく評価することにより解析を行った。

図-2に有限要素メッシュを示す。実際の一軸圧縮試験の供試体に合わせて、モデルの高さは10cmとし、直径は5cmとした。1断面中に16個の要素を配し、それが高さ方向に6段重なる175節点、96要素のモデルとした。境界条件は、モデル下端面を固定境界とし、上端面は水平方向固定とした。側面は、一軸圧縮試験においては変位の拘束もなく、側圧も働かないため自由境界とした。

## 3. 結果と考察

まず、比較のために、完全に均質な供試体を仮定した場合を考える。その結果としての速度場を図-3に示す。すべての要素に同じ強度パラメータを設定した場合には、供試体の中心軸に関して対称な速度場が得られた。しかし、実際の一軸圧縮試験において、このような破壊の様式を示すものはほとんどないと言ってよい。したがって、実現象を対象とした解析を行うためには、材料の不均質性を考慮に入れたモデル化を導入すべきであると考えられる。

次に、材料の不均質性を考慮したモデルとして、供試体に任意に弱面を設定して解析を行った。図-4が解析結果である。材料が均質であると仮定した場合と異なり、弱面を境に速度場が大きく変化している。これは、一軸圧縮試験で見られるせん断帯を表現しているとも考えられ、供試体に弱面を仮定した場合には、実現象に比較的近い結果が得られたといえる。ただし、この弱面の設定は任意に行っており、あらかじめせん断帯の位置を決定していることになり、不自然である。より実現象に近い妥当な解析結果を得るためには、このように弱面を仮定するのではなく、対象としている実際の供試体を持つ不均質性を解析に反映させることが重要であると考えられる。

そこで、上述したように、X線CT撮影の結果をパラメータ決定に反映させた解析を行った。図-5は、一軸圧縮試験の結果であり、図中のA、BおよびCにおいてX線CT撮影が行われている<sup>1)</sup>。したがって、A、BおよびCでの撮影結果をそれぞれ用いてパラメータを決定し解析を行った。図-6~図-8がその結果である。図-6は試験の初期段階Aにおける撮影結果をもとに求めたパラメータを用いて解析したものであるが、

紙面の左方向に滑っていくような様子が見られる。荷重ピーク前の解析結果である図-7においても、Aほどではないが同様の傾向が見られる。荷重ピーク後の解析結果である図-8では、AやBの場合とは定性的に異なる結果が得られた。これは、供試体の破壊前と破壊後で、供試体内部の物性が変化したことによると考えられる。いずれの場合も、実際の供試体を持つ不均質性を考慮に入れた結果であり、この方法により、破壊現象の解析が十分な精度で実施可能であることを示唆している。

#### 4. まとめ

以上より、3次元剛塑性有限要素法を用い、かつX線CT撮影結果を反映させたパラメータ決定法により、土の破壊現象を比較的良好に評価可能であることを示した。今後は、実現象をより精度良く、また定量的に評価するための検討を重ねていく所存である。

#### 【参考文献】

1)大谷順 他, “X線CTスキャナを用いた一軸圧縮下における気泡混合処理土の破壊現象解明”, 応用力学論文集, Vol.3, pp.57-64, 2000.

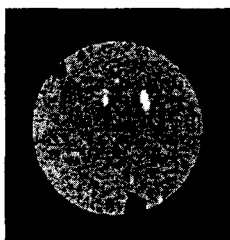


図-1 供試体断面のX線CT画像

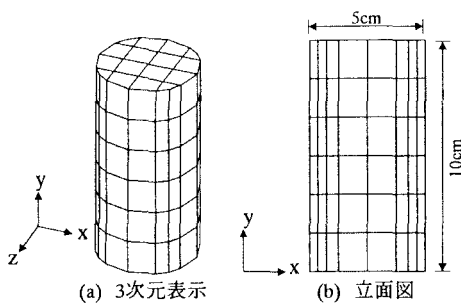


図-2 有限要素メッシュ

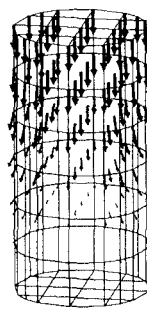


図-3 材料均質の場合の速度場

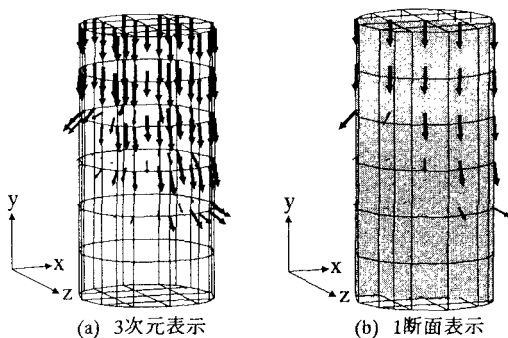


図-4 弱面を仮定した場合の速度場

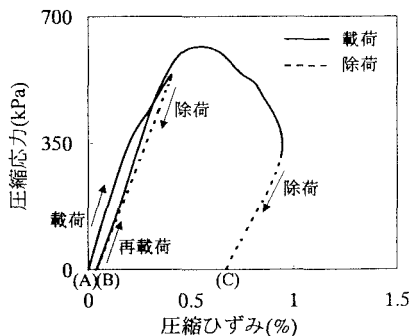


図-5 応力-ひずみ曲線

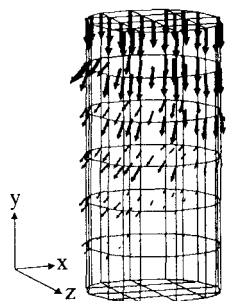


図-6 速度場(A)

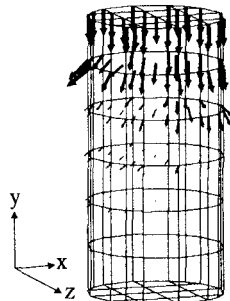


図-7 速度場(B)

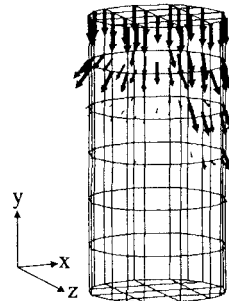


図-8 速度場(C)