

| | | | |
|--|--|----|-----------------------|
| 京都大学 | 博士 (工 学) | 氏名 | Babak SHAHBODAGH KHAN |
| 論文題目 | <p style="text-align: center;">Large Deformation Dynamic Analysis Method for Partially Saturated Elasto-Viscoplastic Soils (不飽和弾粘塑性土の大変形動的解析法)</p> | | |
| <p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、近年重要性が指摘されてきている地震時の土構造物の安全性評価に関連し、堤防盛土や道路盛土など不飽和土構造物の地震時などの挙動の解明のための動的な解析法を論じたものである。特に、動的な問題を対象とするため、繰り返し構成式の誘導とそれを用いた有限要素解析法を大変形解析の枠組みで解く数値解析方法を取り上げたものであり、序論、結論を含め 6 章からなる。</p> <p>第 1 章は序論であって、本研究の背景となる、堤防や道路などの不飽和土構造物の構築に関する地盤工学的諸問題と動的な解析法について述べるとともに、本研究の目的および各章の概要を示している。</p> <p>第 2 章では、飽和粘性土の非線形移動硬化則にもとづく繰り返し弾粘塑性構成式を不飽和土に対して拡張した。拡張に際しては、骨格応力とサクシオンを導入し、せん断ひずみと体積ひずみの両方の移動硬化を考慮するとともに、ひずみによる劣化を考慮している。拡張された構成式を、飽和大阪粘土および不飽和砂質土の単調載荷試験と繰り返し 3 軸試験に適用しその有効性を確認することに成功している。</p> <p>第 3 章では、動的な大変形解析法を空気-水-土骨格の多相材料に拡張している。誘導では、拡張した繰り返し弾粘塑性構成式と 3 相系混合体の理論を用いて、支配方程式を導くとともに、有限要素解析法に基づいて離散化方程式を得ている。支配方程式の解法としては、有限変形解析として updated Lagrangian 法を採用している。この離散化方程式をもとに、新しい解析プログラム COMVI3D-DY011 を開発している。</p> <p>第 4 章においては、3 章で開発した解析法を用いて有限変形の枠組みで動的変形の局所化問題の解析を行っている。解析条件は、平面ひずみ条件下での動的な非排水試験である。解析の結果以下のような結論を得ている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・飽和と不飽和土材料において同様なせん断帯のパターンが得られた。 ・応力-ひずみにおいて、不飽和土の最大応力は飽和土に比べて大きく、その時のひずみは小さい。 ・不飽和土はより脆性的な特性を示し、剛性も大きい、顕著なひずみ軟化を示す。局所的な応力-ひずみ関係からひずみ軟化はせん断帯の外部に比べ内部で顕著である。 ・サクシオンがある限界値を超えるとひずみの局所化は顕著となる。 ・ひずみ速度が小さい方がひずみの局所化は顕著である。さらに、ひずみ速度が大きい場合、応答最大応力は大きくなる。 <p>第 5 章では、地震時の安定性を明らかにするため、堤防盛土-基礎地盤系の動的解析を行っている。その結果、天端の沈下と側方変位を再現している。このパターンは地震時の盛土の変形パターンの 1 つである。動的な応答から、地下水位が低い場合、すなわち不飽和領域が大きいと天端での応答加速度は大きい。また、天端の沈下、法尻の側方変形とも、地下水位が高いと大きくなることを明らかにしている。</p> <p>第 6 章では、結論として、本研究によって得られた結果をまとめるとともに、今後の課題について述べている。</p> | | | |

氏 名

Babak SHAHBODAGH KHAN

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、堤防盛土や道路盛土など不飽和土構造物の地震時などの挙動の解明のための動的な解析法を論じたものである。特に、動的な問題を対象とするため、繰り返し構成式の誘導とそれを用いた有限要素解析法を大変形解析の枠組みで解く数値解析方法を誘導している。

まず、不飽和地盤の繰り返し弾粘塑性構成式を非線形移動硬化則に基づき導いている。特に、せん断のみでなく体積変形に対しても移動硬化則を適用し、汎用性のある弾粘塑性モデルを提案し、その結果を中之島粘土及び不飽和砂質土の繰り返し変形に適用し、材料パラメータを同定するとともに、実験結果と比較しその有効性を確認している。

次に、まず、繰り返し弾粘塑性構成式と空気-水-土の3相系混合体の理論に基づき、支配方程式を導くとともに、有限要素解析法に基づいて離散化方程式を得ている。不飽和土に関しては応力変数として骨格応力を用い、水分特性曲線も構成式として導入している。

支配方程式としては、準静的な問題と異なり、速度形でなく全応力で定式化した運動方程式系を扱い、その離散化方程式を得ている。有限変形解析としては、**updated Lagrangian**法を採用し、新たに **COMVI3D-DY011** というプログラムを新たに開発している。

次に、平面ひずみ条件下において、動的な解析を実施し、変形の局所化問題を考察している。対象は飽和土と不飽和土であり、不飽和土は飽和土に比べてより強度が大きく、かつ変形が局所化しやすいこと、より脆性的であることを明らかにしている。この結果は、従来不飽和土を飽和土に置き換えて解析することは安全側の結果を与えないことを示している。また、初期サクシジョンの効果が大きいことを明らかにしている。

さらに、河川堤防を例として取り上げ、各種被害パターンを整理するとともに、基礎地盤の地下水位の違いによる動的応答の違いを解析している。その結果、実際に地震時に見られる挙動である天端の沈下と法面のはらみ出し、側方変位のパターンを再現することに成功している。また、地下水位の違いは結果に大きな影響を与えることを明らかにしている。さらに、不飽和盛土地盤では、盛土内で大きな変形が発生することを確認している。

最後に、本研究の結論を述べるとともに、不飽和盛土構造物の耐震性の研究開発の方向性を明らかにしている。

以上、要するに本論文は、不飽和土の繰り返し弾粘塑性構成式を導くとともに、不飽和地盤の大変形動的解析法に関し、地盤工学の進展に多大に貢献する研究であり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は、博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成23年8月19日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行い、申請者が博士後期課程学位取得審査基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。