

京都大学	博士（工 学）	氏名	Edwin Fabian GARCIA ARISTIZABAL
論文題目	Numerical Analysis of the Rainfall Infiltration Problem in Unsaturated Soil (不飽和土における雨水浸潤問題の数値解析)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、斜面や盛土などの土構造物など不飽和土への水の浸潤問題のモデル化とその数値解析に関するものである。具体的には、不飽和土の弾粘塑性構成式、水分特性曲線によって地盤をモデル化し、空気-水-土多相浸透変形連成解析法を開発し、数値解析行った成果をまとめたものであり、序論、結論を含め7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研究の背景となる、不飽和土の力学、降雨の浸潤時の不飽和地盤変形破壊問題に関する諸問題、および従来の研究成果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、不飽和土における有効応力問題すなわち応力変数問題についてレビュー整理するとともに、本論文で骨格応力と構成式のパラメータのサクシオン依存性を用いること及びその理由について述べている。次に、この骨格応力とサクシオンを用いた弾粘塑性構成式について詳述している。さらに、この構成式と多相系混合体の理論に基づき、不飽和浸潤問題の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。有限要素法としては、有限変形解析として updated Lagrangian 法を用いている。</p> <p>第3章では、浸潤変形問題の支配方程式系を1次元に縮約して、小さな揺らぎの発展問題として不安定解析を行い、不飽和土の浸潤問題における安定性を支配するパラメータを明らかにしている。具体的に、安定性は比含水容量、サクシオン、硬化-軟化パラメータに依存することを明らかにしている。有限要素解析法により、1次元浸潤-変形連成問題のシミュレーションを実施し、数値解析的にも不安定解析結果に与える材料定数を明らかにし、1次元不安定解析結果との整合性を確認している。</p> <p>第4章では、浸潤-変形連成問題のシミュレーションを実施し、浸潤問題に与える材料定数の効果を明らかにするとともに、実験結果との比較を行い、提案モデルが実験結果をよりよく説明しうることを示している。</p> <p>第5章では、2次元斜面の降雨による浸潤問題の解析を行い、初期地下水面が高いほど不安定になりやすいこと、飽和透水係数が降雨強度より小さい場合、浅部で高い間隙水圧が発生すること、反対に飽和透水係数が降雨強度より大きい場合、浅部での発生間隙水圧は小さい。さらに、法尻での水平変位は、降雨強度が飽和透水係数にほぼ等しいときに最大となることを示している。浅部での間隙水圧は、降雨パターンに強く依存すること、深部での間隙水圧は、降雨継続時間の影響が大きいこと、また、変形は降雨継続時間に強く依存していることを明らかにしている。</p> <p>第6章では、実際例として、河川護岸斜面と河川堤防における降雨実験をとりあげ、解析を行い、提案シミュレーション法の適用性を確認している。</p> <p>第7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

Edwin Fabian GARCIA ARISTIZABAL

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、斜面や盛土などの土構造物など不飽和土への水の浸潤問題のモデル化とその数値解析に関するものである。具体的には、不飽和土の弾粘塑性構成式、水分特性曲線によって地盤をモデル化し、空気-水-土多相浸透変形連成解析法を開発し、数値解析を行った成果をまとめたものであり、序論、結論を含め7章からなる。

得られた成果は以下のとおりである。

1. 不飽和土における有効応力問題すなわち応力変数問題について考察し、骨格応力と構成式のパラメータのサクション依存性を用いること及びその理由について明らかにしている。次に、この骨格応力とサクションを用いた弾粘塑性構成式について詳述している。さらに、この構成式と多相系混合体の理論を用いて、不飽和浸潤問題の支配方程式を導くとともに、有限変形解析として updated Lagrangian 法を用いた有限要素解析法に基づいて離散化方程式を得ている。

2. 次に、浸潤変形問題の支配方程式系を1次元に縮約して、小さな揺らぎの発展問題として不安定解析を行い、不飽和土の浸潤問題における安定性を支配するパラメータについて考察している。具体的に、安定性は比含水容量、サクション、硬化-軟化パラメータに依存することを明らかにしている。次に、有限要素解析法により、1次元浸潤-変形連成問題のシミュレーションを実施し、数値解析的にも不安定解析結果に与える材料定数を明らかにし、1次元不安定解析結果との整合性を確認している。

3. さらに、1次元浸潤-変形連成問題のシミュレーションを実施し、浸潤問題に与える材料定数の効果を明らかにするとともに、実験結果との比較を行い、提案モデルによって1次元カラム試験結果の説明に成功している。

4. 次に、2次元斜面の降雨による浸潤問題の解析を行い、初期地下水面が高いほど不安定になりやすいこと、飽和透水係数が降雨強度より小さい場合、浅部で高い間隙水圧が発生すること、反対に飽和透水係数が降雨強度より大きい場合、浅部での発生間隙水圧は小さい。さらに、法尻での水平変位は、降雨強度が飽和透水係数にほぼ等しいときに最大となることを示している。浅部での間隙水圧は、降雨パターンに強く依存すること、深部での間隙水圧は、降雨継続時間の影響が大きいこと、また、変形は降雨継続時間に強く依存していることを明らかにしている。

5. 最後に、実際例として、河川護岸斜面と旧河川堤防を利用した降雨実験をとりあげ、解析を行い、提案シミュレーション法の適用性を確認している。

以上、要するに本論文は、不飽和土の弾粘塑性構成式、水分特性曲線によって地盤をモデル化し、空気-水-土多相浸透変形連成解析法を開発し、斜面や盛土などの土構造物など不飽和土への水の浸潤問題のモデル化とその数値解析を可能にした研究である。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22年8月23日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。