

京都大学	博士（工 学）	氏名	加藤亮輔
論文題目	不飽和浸透－変形連成シミュレーション法の開発とその堤防への応用		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、洪水や地震などから都市を守るための防災基礎技術として、堤防斜面や盛土などの土構造物など不飽和土への水の浸潤－変形問題のモデル化とその数値解析法に関するものである。土の繰返し弾塑性構成式と水分特性曲線を用いる、空気-水-土多相浸透変形連成解析法を開発し、シミュレーションを行った成果をまとめたものである。論文は序論、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、地震や豪雨時の不飽和土構造物の耐震、耐豪雨の地盤工学的諸問題について述べるとともに、不飽和土の研究、堤防の安全照査法に関する既往の研究や現状を述べ、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、本研究の解析で用いられている砂質地盤の構成式について述べている。この構成式は、非線形移動硬化則に基づきサクシオンや内部構造の変化を考慮しうる繰返し弾塑性構成であり、その誘導を示している。</p> <p>第3章では、不飽和地盤材料における浸透-変形連成解析法として簡易三相系手法を提案し、その支配方程式の定式化と有限要素離散化について述べている。多相系地盤が土骨格、間隙水、間隙空気から成るものとし、三相混合体として定式化を行った後、気相が大気圧に等しいと仮定し、不飽和浸透特性のモデル化を行っている。</p> <p>第4章では、河川堤防の浸透問題に対する解析を実施している。まず浸透模型実験のシミュレーションにより提案した手法が浸透問題に有効であることを確認した後、浸透問題における変形のメカニズムについて考察し、不飽和浸透問題の特徴である Capillary Barrier の形成が再現可能であることを示している。さらに、堤防模型実験について再現シミュレーションを実施し、水圧及び変形に対しても妥当な結果が得られることを確認している。さらに、実堤防を模擬したシミュレーションを実施し、各種強化工法（ドレーン、表法面被覆、遮水コア）の有効性について考察している。さらに、降雨の影響や、サクシオンおよび内部構造の変化を構成式に導入した場合の影響について示している。</p> <p>第5章では、浸透を考慮した地震時浸透-変形連成動的解析について述べ、能登半島地震における道路盛土崩壊の再現シミュレーションを行い、その主な原因が浸透による水分量が原因であることを明らかにしている。</p> <p>第6章では、液状化を考慮した津波による地盤の劣化解析について述べている。具体的に、和歌山県の地盤および東南海・南海地震津波を模擬した波形を用いて、周期の長い津波が地盤に与える影響について論じ、様々な津波波形を用いて解析を行うことにより、津波の周期や振幅の影響を明らかにしている。</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	加藤亮輔
----	------

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、洪水や地震などから都市を守るための防災基礎技術として、堤防斜面や盛土などの土構造物など不飽和土への水の浸潤-変形問題のモデル化とその数値解析法に関するものである。土の繰返し弾塑性構成式と水分特性曲線を用いた空気-水-土多相浸透変形連成解析法を開発し、シミュレーション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。

1. まず、不飽和砂質地盤の構成式として、非線形移動硬化則と一般化流れ則に基づいた繰返し弾塑性構成式をサクシオンや内部構造の変化を考慮するものとして誘導している。

2. 不飽和地盤材料における浸透-変形連成解析法として簡易三相系手法を新たに提案し、その支配方程式の定式化と有限要素離散化方程式を得ている。多相系地盤が土骨格、間隙水、間隙空気から成るものとし、三相混合体として定式化を行った後、気相が大気圧に等しいと仮定し、不飽和浸透特性のモデル化を行っている。次に、河川堤防の浸透問題に対する解析を実施し、浸透模型実験のシミュレーションにより提案した手法が浸透問題に有効であることを確認した後、浸透問題における変形のメカニズムについて考察し、不飽和浸透問題の特徴である **Capillary Barrier** の形成が再現可能であることを示すことに成功している。

3. さらに、湛水時の堤防模型実験について再現シミュレーションを実施し、水圧及び変形に対しても妥当な結果が得られることを示すとともに、実堤防を模擬したシミュレーションを実施し、各種強化工法（ドレーン、表水面被覆、遮水コア）の有効性について明らかにしている。さらに、降雨の影響や、サクシオンおよび内部構造の変化を構成式に導入した場合の影響を明らかにしている。

4. 浸透を考慮した地震時浸透-変形連成動的解析法について述べ、能登半島地震における道路盛土崩壊の再現シミュレーションを行い、実際の盛土の崩壊パターンを再現することに成功し、崩壊の主な原因が浸透による水分量が原因であることを明らかにしている。

5. 液状化を考慮した津波による地盤の劣化解析の重要性について述べるとともに、具体的に、和歌山県の地盤および東南海・南海地震津波を模擬した波形を用いて、周期の長い津波が地盤に与える影響について論じ、様々な津波波形を用いて解析を行うことにより、津波の周期や振幅の影響を明らかにすることに成功している。

最後に、本研究の結論を述べるとともに、不飽和土構造物である盛土の耐震性や対豪雨性の今後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、洪水や地震などから都市を守るための防災技術で問題となる堤防など盛土を構成する不飽和土への水の浸潤-変形問題のモデル化とその数値解析法に関するものであり、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3月17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。