

氏名	珠玖 隆行
授与した学位	博士
専攻分野の名称	環境学
学位授与番号	博甲第4437号
学位授与の日付	平成23年 9月30日
学位授与の要件	環境学研究科 社会基盤環境学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	Studies on the application of data assimilation to geotechnical infrastructures on soft grounds (データ同化の軟弱地盤上に建設される土構造物への適用に関する研究)
論文審査委員	教授 西村伸一 教授 西垣 誠 教授 竹下祐二 教授 村上 章(京都大学)

学位論文内容の要旨

数値シミュレーションによる予測は、地盤工学において重要な役割を果たしてきた。最近では、仕様設計体系から性能設計体系への移行に伴い、地盤構造物の設計実務においても構造物に明示的な性能規定を設定し、その規定を定量的に証明することが求められてきており、地盤解析による予測の重要性は今後ますます高くなっていくと考えられる。しかしながら、地盤工学で扱う材料は不均質な材料であり、その力学特性は土骨格と間隙水の相互作用によって大きく変化する。近年の精緻なシミュレーションモデルを用いたとしても地盤の挙動を正確に把握することは困難であり、いわゆるType-A予測の困難さは、これまで実施されてきた多くの研究によって明らかにされてきた。

本研究では、地盤挙動の予測、すなわち地盤解析に伴う種々の問題を解決する方法として、地球科学の分野で発達してきた「データ同化」と呼ばれる方法論に着目し、その地盤工学への適用性について、理論的および実務的な観点から明らかにした。これまでに数多くのデータ同化手法が提案されているが、本研究では、非線形・非ガウス性の問題にも適用可能な粒子フィルタ (Particle filter) に着目し、数値実験、模型実験、実地盤を対象にその適用性について検証した。

はじめに、粒子フィルタのアルゴリズム、サンプリング手法の考察に基づき、逐次重点サンプリング (SIS, Sequential Importance Sampling) を用いることによって、地盤材料の応力履歴を考慮したパラメータ同定が可能であることを示した。その後、土要素の排水/非排水せん断、および粘性土地盤への載荷問題の数値実験を対象に弾塑性モデルのパラメータ同定を試み、逐次重点サンプリングを用いた粒子フィルタにより、これまで困難とされてきた弾塑性パラメータが精度良く同定できることを示した。また、粒子フィルタを実装する際に多数の粒子を用いることによって、地盤パラメータや沈下・側方変位の確率分布を評価できることを示し、粒子フィルタの信頼性解析への適用可能性について言及した。さらに、粘性土の局所載荷模型実験、および神戸空港島の沈下挙動に適用し、粒子フィルタが実地盤に対しても有効に機能し、沈下や側方変位に関する実観測データを精度良く再現できる弾塑性パラメータが同定できることを示した。

その後、粒子フィルタの、1)パラメータがもつ任意の確率分布を表現可能である、2)観測データを得る毎に確率分布は更新されるという特長に着目し、その土構造物の信頼性解析手法としての応用を試みた。土構造物および地盤の挙動予測ツールとして土/水連成有限要素法を用い、事前設計段階における地盤の不確定性評価、観測施工中の性能照査や対策工要否の意思決定、および解析結果の信頼性更新ツールとして粒子フィルタを用いるという信頼性解析手法の枠組みを新たに提案した。さらに、提案手法を土構造物の残留沈下に対する性能設計に適用し、変形に関して定量的・明示的な性能が要求された土構造物の性能照査手法としての有効性を理論的に示した。

本研究により、粒子フィルタを用いたデータ同化は、地盤工学において有力なツールとなることが示された。

論文審査結果の要旨

本研究では、地盤挙動の予測、すなわち地盤解析に伴う種々の問題を解決する方法として、地球科学の分野で発達してきた「データ同化」と呼ばれる方法論に着目し、その地盤工学への適用性について、理論的および実務的な観点から明らかにしている。これまでに数多くのデータ同化手法が提案されているが、本研究では、非線形・非ガウス性の問題にも適用可能な粒子フィルタ (Particle filter) に着目し、数値実験、模型実験、実地盤を対象にその適用性について検証している。とくに、軟弱地盤の変形問題への適用を考えており、数値解析手法の開発を行い、粘土供試体の二次元模型実験結果や、神戸空港で得られた軟弱地盤の変位実測値に適用することにより、その実用性を実証している。現在、土構造物の設計体系が性能設計体系へと遷移する中、変位予測の精緻化が求められており、観測値に基づいた将来変位予測の重要性が増しているが、本研究は、まさにその社会的要請に答えているといえる。また、設計案の決定に際して、近年、ライフサイクルコスト(LCC)に基づいた意思決定が議論されるようになってきているが、本論文においても、提案手法をLCCに基づいた意思決定問題に適用している。このことから、本研究が、土構造物の設計体系の進展に十分に寄与できることを覗き知ることができる。

博士論文には、上記の成果が適切に纏められていることを確認することができた。また、論文発表会においては、研究内容が詳細に発表されており、質疑に対する応答も適切に行われた。これらのことから、珠玖隆行氏は、十分な学力を有していることが確認され、博士(環境学)の学位が授与されるに相応しいと判断される。