

| | |
|----------|--|
| 氏名 | ワニガヴィタラーナ アシリ カルナワルデナ Wanigavitharana Asiri Karunawardena |
| 学位(専攻分野) | 博士(工学) |
| 学位記番号 | 工博第2841号 |
| 学位授与の日付 | 平成19年9月25日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当 |
| 研究科・専攻 | 工学研究科社会基盤工学専攻 |
| 学位論文題目 | Consolidation Analysis of Sri Lankan Peaty Clay using Elasto-viscoplastic Theory (弾粘塑性理論を用いたスリランカPEATY質粘土の圧密解析) |
| 論文調査委員 | (主査) 教授 岡 二三生 教授 田村 武 准教授 木元小百合 |

論文内容の要旨

本論文は、スリランカにおける主要な堆積物であるPEATY質粘土の弾粘塑性モデルの構築と、長期圧密変形挙動予測結果を弾粘塑性構成式を用いた有限要素解析法によるシミュレーションを実施し、弾粘塑性構成式のスリランカのPEATY質粘土への有効性を明らかにした成果をまとめたものであり、序論、結論を含め8章から成る。

第1章は序論であって、本研究の背景となる有機質土であるPEATY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。

第2章では、PEATY質粘土の一般的性質と世界各国に堆積するPEATYの分類、物理的、工学的性質をまとめるとともに、スリランカにおけるPEATYの特性についてまとめている。スリランカのPEATY質粘土は有機質20-80%を含むアモルファスPEATYに分類される。

第3章では、本論文で用いた、内部構造の変化によるひずみ軟化を表現しうる粘性土の超過応力型弾粘塑性構成式の概要を示し、PEATY質粘土に著しい二次圧密と圧縮性を構成モデルでどのように表現するかを示している。特に、圧縮指数と二次圧縮速度の比と粘塑性パラメータとの関係を考察し、PEATY質粘土での値について他の地盤材料との関係を考察している。さらに、解析での透水係数と圧縮指数の著しい間隙比への非線形依存性について考察しモデル化を行っている。さらに、有限要素解析では、PEATYの大きな圧縮性から、有限変形解析が必要であることを示し、updated Lagrangian法による有限解析法を導いている。また、粘塑性モデルについて、従来のオリジナルCam-clayと新たに修正Cam-clayモデルに基づくモデルを新たに導き、2つのモデルの特徴と、材料パラメータの決定法との関係を考察している。最後に、非排水3軸圧縮試験のシミュレーションを行い、モデルの特性を検討している。

第4章では、第3章で述べた弾粘塑性構成モデルと有限要素法によりスリランカPEATY質粘土の室内圧密試験のシミュレーションを行い、提案モデルが、沈下-時間挙動及び間隙水圧挙動をよく記述することを示している。さらに、厚さの異なる粘土試料の圧密試験結果について解析を行い、粘塑性パラメータCの層厚依存性すなわち、初期ひずみ速度依存性を的確に考慮することにより層厚の影響を適切に表現しうることを、解析と実験結果を比較することにより明らかにしている。さらに、圧縮指数と二次圧縮速度の比と粘塑性パラメータ m' との関係を大阪粘土の2種類の粘土(安治川粘土と東大阪粘土)について考察し、この間にユニークな関係が存在することを確認している。

第5章では、スリランカの首都付近で2000年に建設された、盛土下のPEATY質粘土地盤の挙動の解析を行い、観測結果との比較を行っている。この盛土は、約3ヘクタールの広いPEATY質地盤上の盛土であるため、盛土中心近くでの観測結果を1次元挙動として解析を行った。PEATY質粘土地盤の厚さは約5mである。事前に行われた、圧密試験や非排水せん断試験の結果により構成モデルのパラメータを決定し、圧密解析を行った。解析では、微小変形解析と有限変形解析の2種類の解析を行った。その結果、微小変形解析でもかなりの精度で沈下-時間挙動や間隙水圧-時間挙動を説明しうるが、内部構造の変化を考慮した有限変形解析結果がもっとも観測値に近いことが明らかとなった。特に、内部構造の変化による劣化の

効果は、盛土建設後、間隙水圧の消散が遅れる現象を含めた沈下— 間隙水圧— 時間変化を正確に記述するためには必須であることが示されている。

第6章では、スリランカの高速度道路建設での敷幅21mの道路盛土下でのピート質粘土地盤の二次元圧密変形解析を行い、一次元的な沈下挙動のみでなく、二次元的な地盤変形挙動の解析を行った。解析では、盛土中央部直下での沈下— 時間挙動は、4章で述べた、内部構造の劣化を考慮した有限変形解析で解析できること、さらに、盛土の肩部から法尻直下ではせん断変形の局所化が著しいことが明らかとなった。さらに、盛土基礎地盤の安定性を解析するために、盛土法尻部の応力径路を考察し、法尻直下での地盤では、応力径路が破壊線にもっとも接近することから、盛土の安定性は法尻付近の変形に依存していることを明らかにしている。

第7章では、6章で述べた道路盛土について、地盤改良されたピート質地盤の圧密変形を解析し、観測値との比較を行っている。地盤改良の方法は既製バーチカルドレーン（PVD）とサンドコンパクションパイル（SCP）工法である。実際は3次元的な改良であるが、解析ではChai（2001）の方法を用いて二次元問題とした。バーチカルドレーン工法では透水係数の評価が重要であるが、大型室内試験を実施して改良による透水係数の評価を行った。PVDにより、地盤改良により間隙水圧の消散速度が約2倍となり、圧密速度を速めることが可能となった。また、解析においてもこの効果が定量的に示されている。次に、サンドコンパクションパイル工法による改良では、改良部分を弾性体とし、置換率と弾性係数を評価することにより、改良効果が解析によって示された。さらに、盛土中央部をPVDで法尻付近をSCPで改良した場合も沈下— 時間曲線をよく再現できる。また、中央部のみPVDで改良した場合、法尻付近に変形の局所化が発生し、盛土基礎地盤が不安定になることが明らかとなった。

第8章は結論として、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。

論文審査の結果の要旨

本論文は、スリランカにおける主要な堆積物であるピート質粘土に弾粘塑性モデルを適用するとともに、長期圧密変形挙動予測結果に対して弾粘塑性構成式を用いた有限要素解析法によってシミュレーションを実施し、弾粘塑性構成式のスリランカのピート質粘土への有効性を明らかにした成果をまとめたものであり、得られた成果は以下のとおりである。

1. 有機質20-80%を含むアモルファスピートに分類されるスリランカの有機質の粘土であるピートは、圧縮性が大きく、圧縮時における工学的性質の変化が大きいこと、圧密変形では1次圧密に比べ2次圧密が占める割合が大きいことが特徴であることを明らかにした。

2. ピート地盤の特徴である大変形、透水性と圧縮性の非線型性、2次圧密や粘土内部構造の劣化を考慮してピート質粘土の弾粘塑性構成モデル化を導き、構成式のパラメータをスリランカピートの1次元圧密試験結果を用いて決定した。

3. 1次元圧密試験結果に基づいて決定した材料パラメータを用いた圧密過程のシミュレーションの結果から、ピートのクリープ特性や層厚の圧密現象に与える効果を解明し、微小変形モデルでは不十分であり、有限変形有限要素解析が有効であること、間隙水圧の停留現象の説明には粘土の内部構造の影響を考慮する必要があることなどを示した。

4. 実際にスリランカで行われた道路盛土下のピート地盤の圧密データの逆解析を行い、スリランカピートに対する提案モデルの有効性を、沈下— 時間関係、間隙水圧— 時間関係から説明している。

5. バーチカルドレーン（PVD）とサンドコンパクションパイル（SCP）の2種類の地盤改良工法が適用された地盤の圧密シミュレーションを行い、解析と現場データを比較することにより、PVDは圧密を促進するだけでなく、変形のモードに影響を与えること、SCPによる改良については、パイルの剛性と改良置換率が影響を与えることを明らかにしている。

以上、要するに本論文は、スリランカのピート質粘土地盤の弾粘塑性モデルを構築するとともに、圧密変形挙動を弾粘塑性有限変形圧密解析法により解析し、弾粘塑性解析モデルの有効性とピート地盤の地盤改良方法を明らかにしたものであり、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19年7月24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。