

氏 名	金 容 成
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2098 号
学位授与の日付	平 成 13 年 11 月 26 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 土 木 工 学 専 攻
学位論文題目	A Cyclic Viscoelastic-Viscoplastic Constitutive Model for Clay and Its Application to Liquefaction Analysis (粘性土の繰返し粘弾-粘塑性構成モデルとその液状化解析への応用)
論文調査委員	(主 査) 教 授 岡 二 三 生 教 授 足 立 紀 尚 教 授 田 村 武

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、粘性土の動的な変形特性を明らかにするための室内試験に基づき、繰返し粘弾-粘塑性構成式を導くとともに、粘性土-砂質土より構成される層状地盤の液状化解析への応用に関する成果をまとめたものであり、序論、結論を含め8章から成っている。

第1章は、序論であって地震時地盤の挙動の評価における軟弱な粘土地盤の役割と、解析における構成式の重要性を述べるとともに本研究の目的および本論文の概要を示している。

第2章では粘性土の構成式研究の流れについて述べている。特に、微小ひずみ領域と大変形領域での変形特性に分け、経験則と理論モデルの観点からひずみ速度依存繰返し塑性モデルにおける問題点と要点を示している。特に、広いひずみレベルの現象を精度よく表現するためには、弾粘塑性モデルでは不十分であり、粘弾性要素の導入が不可欠であることを指摘している。

第3章では、構成モデル構築のために行った繰返し非排水3軸試験と繰返し変形試験結果についてまとめている。試験より、自然堆積粘土に対して、微小ひずみ領域から大ひずみ領域にかけてのせん断変形係数と履歴減衰率のひずみ依存性を明らかにした。さらに、大ひずみ領域における非排水繰返し載荷時の応力経路及び応力-ひずみ特性を明らかにしている。

第4章では、粘性土の微小ひずみ領域での繰返しせん断挙動をより正確に表現するため、非線形移動硬化則に基づく弾粘塑性構成式の偏差ひずみ速度成分に粘弾性要素を考慮することにより、新たに繰返し粘弾-粘塑性モデルを提案している。

第5章では提案モデルの特性を把握するため、パラメトリックスタディーを行い、静的及び動的載荷条件の下で、粘弾性を考慮することにより、微小ひずみ領域での粘性土の挙動がどのように変化するかを詳細に示している。次に、モデルを実際問題へ適用した場合の妥当性を検討するため、自然堆積粘土の繰返し非排水3軸試験と繰返し変形試験のシミュレーションを行った。その結果、提案する構成モデルは、両試験結果をよく再現し得ることを明らかにしている。

第6章では、提案する構成モデルの適用性を検討するため、砂質土層には既往の繰返し弾塑性モデルを、粘性土層には提案粘弾-粘塑性構成モデルを用いて実地盤の液状化を考慮した地震応答解析を実施した。具体的には、1995年兵庫県南部地震の本震とその前年度からの前震および地震後10カ月後以後にわたる余震について、神戸市のポートアイランドと六甲アイランドの埋立地での鉛直アレー観測記録と対比した事後解析を行った。両地点は、砂質土および粘性土の層状地盤である。全体として、解析は鉛直アレー観測記録から得られた各深さでの加速度応答をよく説明しているが、繰返し粘弾-粘塑性構成式を用いた方が、弾粘塑性構成式を用いた場合よりも、粘性土層上部の砂地盤の応答が小さくなる結果を得ている。また、液状化に関連して、上部砂質地盤での間隙水圧の発生量が、弾粘塑性モデルに比べて小さくなることを指摘している。この結果は、ポートアイランドに比較して沖積粘土層が軟弱な六甲アイランドにおいて、液状化が顕著でなかった観測事実とよく対応しており、粘性土層の存在が地盤の液状化現象に与える影響を明らかにしている。

第7章では、1995年兵庫県南部地震の本震とその後10ヶ月に及ぶひずみレベルの小さな余震記録のシミュレーションを行

っている。弾粘塑性モデルを用いた場合、震動後半における加速度応答を過大評価することになるのに対して、繰返し粘弾—粘塑性モデルを用いた場合、弾粘塑性モデルによる結果と異なり、震動後半に加速度振幅が減衰する観測事実を精度よく再現することに成功している。また、加速度増幅特性の深さ方向分布及び液状化発生後間隙水圧の消散を伴う地盤の安定化と関係の深い加速度増幅特性の時間的な遷移過程について検討を行い、液状化にともなう間隙水圧上昇とその後の減衰による影響を説明しうることを示している。

第8章は、本研究の結論であって、結果を要約す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、地盤材料である粘性土の動的変形特性を明らかにするための室内試験に基づき、繰返し粘弾—粘塑性構成式を導入くとともに、粘性土—砂質土より構成される層状地盤の液状化解析へ適用し、砂質土—粘性土層状地盤の地震時の挙動における粘性土地盤の影響の解明を行った研究成果をまとめたもので、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 粘性土の構成モデル構築を行うため繰返し三軸試験を行い、自然堆積粘土に対して、微小ひずみから大ひずみ領域にかけてのせん断変形係数と履歴減衰率のひずみ依存性を明らかにした。
2. 粘性土の微小ひずみ領域での繰返しせん断挙動をより正確に表現するため、非線形移動硬化則に基づく弾粘塑性構成式の偏差ひずみ速度として粘弾性要素を考慮することにより、新たに粘弾—粘塑性モデルを提案している。
3. 兵庫県南部地震の本震と前震および余震について、神戸ポートアイランドと六甲アイランドの鉛直アレー観測記録と対比した液状化解析を実施した結果、沖積粘土層の軟弱性が地震増幅特性と砂質土—粘性土層状地盤の液状化現象に与える影響を明らかにしている。また、粘土層に対して、粘弾—粘塑性構成式を用いた方が、弾粘塑性構成式を用いた場合よりも、粘性土層上部の砂質地盤の応答が小さくなること、上部砂質地盤での間隙水圧の発生量は弾粘塑性モデルを用いた場合に比べて小さくなることを見出している。
4. ひずみレベルの小さな余震記録のシミュレーションを行い、粘弾—粘塑性モデルを用いた場合、弾粘塑性モデルと異なり、震動後半部で加速度振幅が減衰する観測事実を精度よく再現することが出来ることを明らかにしている。

以上要するに本論文は、実験結果に基づいて飽和粘性土地盤の構成式を導出し、地震地盤工学上重要な液状化解析法の進展に貢献する研究であって、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13年10月22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。