

氏名	みむらまもる 三村衛
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	論工博第2529号
学位授与の日付	平成3年11月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	ELASTO-VISCOPLASTIC CONSTITUTIVE MODELING FOR CLAY AND DEFORMATION ANALYSIS OF SOFT CLAY FOUNDATION (粘土の弾粘塑性構成式と軟弱地盤の変形解析)
論文調査委員	(主査) 教授 柴田 徹 教授 足立紀尚 教授 嘉門雅史

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、粘土の弾粘塑性構成モデルに対する理論的考察と、実際問題への適用に関する研究成果をまとめたもので、2編10章よりなっている。第1編では、粘土が示すダイレイタンシー特性と速度効果を表現するため、弾粘塑性構成式の理論構造に詳細な考察を加え、次いで第2編では、粘土地盤の変形と安定性を弾粘塑性有限要素法によって解析し、いくつかの知見を得ている。

第1編の序論として、第1章では、連続体力学の枠組みにおける構成式の位置付けと、粘土の構成式に関する従来の研究を概説し、本論文の目的と範囲などを述べている。

第2章では、既往の構成モデルの中から代表的な5種類を取り上げ、不攪乱粘土の非排水三軸圧縮試験結果との比較に基づいて、挙動予測能力の検討を行っている。そして粘土の時間依存性挙動については、弾粘塑性モデルに依らなければ的確に説明できないことを明らかにしている。

第3章では、ダイレイタンシーと速度効果を表現し得る弾粘塑性モデルを、非定常流動曲面型と超過応力型モデルの2種類に分類し、両者の共通点と相違点を明確にしている。そして超過応力型モデルにおいて、定ひずみ速度条件下のせん断時には一定値をとる粘塑性パラメータが、非排水クリープ変形過程では有効応力の減少に伴って急激に増加するという特性に着眼することにより、非排水クリープ破壊現象の説明を可能とする修正モデルを提案している。

第4章では、まず弾粘塑性構成式を有限要素法に組み込んで、境界値問題を解くための手法を概説している。次いで帯状分布載荷時の粘土地盤を対象として、前章までに示した要素レベルでの挙動と、マスとしての地盤挙動との比較を行っている。両者の違いは部分排水の発生の有無であり、これが地盤の支持力と変形に大きな影響を及ぼすことを明らかにしている。

以上、第1編のまとめとして、第5章では成果を要約している。

第6章は第2編の序論であって、実地盤の変形問題を解くために、構成式を有限要素法に組み込んだ解析手法の適用が必要なことを述べるとともに、本編の目的、意義及び範囲などを説明している。

第7章では、弾粘塑性有限要素解析により、地盤の側方流動を評価する手法を検討している。ここでは、

沈下土量と側方流動土量の関係に着目し、両者の比（土量比と定義）と地盤の部分排水度との関係を調べて、圧密沈下と連動した側方流動の予測法を提案している。また同時に、圧密に関する特性時間の決定についても論じている。さらに、提案した方法を用いて世界各地の側方流動に関する事例解析を行い、地層構成の違いによって側方流動の発生パターンが分類できることを明らかにしている。

第8章では、埋立人工島を造成した際に生じる海底地盤の変形を弾粘塑性有限要素法で解析し、実測結果と比較して、その妥当性を検証している。また、地盤内各要素の有効応力径路の推移を逐次追跡すれば、リアルタイムに地盤の安定性が確認でき、情報化施工として有用な手段となり得ることを示している。

第9章では、防波堤建設に伴う海底地盤の変形を弾粘塑性有限要素法によって解析し、防波堤基礎地盤の変形と安定性に対して検討を加えている。ここで対象とした海底地盤は、締固め砂杭で改良したために、応力集中と沈下抑制効果の評価法についても議論している。有効応力径路より判断した結果、重量構造物であるケーソン、消波ブロック直下の地中には過大なせん断応力を生じたが、破壊には至らず、建設工事が安定状態を保ちながら遂行されたことを裏付けている。

また、沈下および側方変位の深さ方向分布の計測値と解析結果を比較した場合、捨石や消波ブロック投入時の地盤の乱れや波浪の影響を受けて、計測値にやや異常が認められたものの、全体として、用いた手法の有効性が示されている。

以上第2編の結論を、第10章に要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、粘土の速度効果とダイレイタンス特性とを併せて表現できる弾粘塑性構成式を導き、さらに軟弱な海底地盤の変形と安定性に関する諸問題を有限要素解析に基づいて検討したもので、得られた主な成果は次の通りである。

1. 粘土の応力～ひずみ関係は顕著なひずみ速度依存性を示すが、非排水三軸圧縮条件下における粘土の挙動が、弾粘塑性構成式によって良く説明できることを示した。次いで、その構成式に粘塑性パラメータの応力依存性を導入することにより、加速クリープとクリープ破壊現象を表現できる新しい超過応力型モデルを提案し、実験によりその妥当性を検証した。

2. 軟弱地盤を対象とした弾粘塑性有限要素解析の結果に基づき、圧密沈下と連動した側方流動量の予測法を提示した。この方法を用いて多くの事例解析を行い、地層構成の違いによって側方流動の発生パターンが分類できることを明らかにした。

3. 埋立人工島の造成に際して生じる海底地盤の変形問題を解析した結果、地盤内各要素の有効応力径路の推移を追跡・監視すれば、リアルタイムに地盤の安定性が確認でき、情報化施工として有用な手段となり得ることを示した。

4. 地盤改良を施した複合地盤の経時変形量を求めるために、沈下低減やマクロエレメントの考え方を取り入れて、改良部への応力集中効果と間隙水の三次元的な集排水効果を評価し得る方法を開発した。そして実測沈下、側方変位量との比較により、本手法の有効性を明らかにした。

以上要するに本論文は、粘土の弾粘塑性構成モデルを導き、それを有限要素法による境界値問題の解析

に適用して、地盤の沈下、側方流動量などが精度よく予測できることを実証したものであって、学術上、実際上、貢献するところが少なくない。よって本論文は、京都大学博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成3年10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。