

泥炭地盤の変形挙動解析に用いる 地盤定数の評価法に関する研究

学位論文内容の要旨

本研究は、特異な工学的性質を有する泥炭地盤の変形挙動解析において、弾塑性モデルを導入した水-土連成有限要素法を適用する場合の土質パラメーターの評価方法を明らかにするものである。

泥炭地盤上に盛土を築造した場合、盛土直下の地盤のみならず、その周辺地盤にも主にせん断に起因する大きな変形が生じる。このような変形の解析手法として、土の弾塑性構成モデルを取り入れた水-土連成有限要素法が有効と考えられる。粘土の弾塑性構成モデルならびにその有限要素解析への適用に関しては、既に様々な研究がなされており、多くの知見が得られている。しかし、泥炭地盤が対象の場合、実務レベルでの土質パラメーターの決定法が確立していないのが現状である。

そこで、本研究において、盛土施工による泥炭地盤の詳細な動態観測結果から、実挙動を整理した上で、粘土の弾塑性構成モデルの代表格であるカムクレイモデルを用いた有限要素解析を実施し、その有効性を明らかにした。次に、地盤の水平変形に着目した土質パラメーターの感度分析を行い、各パラメーターが解析結果に与える影響を定量的に検討した。また、特に解析結果に敏感な結果を与えた土質パラメーターである静止土圧係数および透水係数について、泥炭地盤の特性を解明し、その合理的な評価法を室内土質試験ならびに原位置試験に基づいて検討した。

さらに、本解析手法の実務への普及を念頭に置き、土質パラメーターの決定方法の違いが、解析精度に与える影響を検討する。すなわち、三軸圧縮試験ならびに圧密試験結果などから土質パラメーターを決定した場合と物理試験結果から推定した場合の解析精度の違いを明らかにし、より合理的な土質パラメーターの決定方法を明らかにした。これは、泥炭地盤が極めて不均一に堆積しており、数少ない不攪乱試料からよりも、数多くの簡易な試験あるいは原位置試験から土質パラメーターを決定した方が合理的な場合があるためである。このことによって、求められる解析精度に応じて、効率的な土質試験・地盤調査を選択することが可能になることから、実務に有益な情報を与えたと考えている。

本論文の構成と内容を以下に示す。

第1章では、研究の背景と泥炭地盤の変形解析に関する既往研究について述べるとともに、本研究の目的を明らかにした。

第2章では、カムクレイモデルについて概説した上で、カムクレイモデルを導入した有限要素解析に必要な土質パラメーターについて述べる。さらに、盛土施工に伴う泥炭地盤の変形の事例を挙げて、実務で良く用いられる一次元圧密解析の限界とカムクレイモデルを用いた有限要素解析の精度について検討した。

第3章では、実務で一般的に実施される土質試験では直接決定することができない、限界状態の

応力比 M , 静止土圧係数 K_0 , 透水係数 k , ポアソン比 ν および盛土の弾性係数 E を, 各々独立して変化させた弾塑性有限要素解析を実施し, 解析結果に与える影響を明らかにし, これらのパラメーターの評価の重要性を示した。

第 4 章では, 泥炭の物理インデックスなどと泥炭地盤の弾塑性有限要素解析に用いるパラメーター (圧縮指数 λ , 膨張指数 κ および限界状態の応力比 M) の関連を検討し, これらのパラメーターの決定法について提案した。

第 5 章では, 泥炭地盤から採取した試料について実施した三軸 K_0 圧密試験ならびに原位置ダイラトメーター試験結果についてまとめている。その結果, 泥炭および有機質粘土の静止土圧係数 K_0 は, 粘土などの無機質土よりも応力履歴に強く依存し, 過圧密比の関数として表現できること, さらにその際の定数は, 強熱減量とともに増大することを示した。また, ダイラトメーター試験から K_0 を推定する方法を提案した。

第 6 章では, 泥炭地盤から採取した試料についての圧密試験ならびに原位置透水試験を実施し, その結果に基づいて泥炭の透水係数の特性を検討した。その結果, 泥炭の透水係数は圧密の進行に伴って著しく減少することが定量的に明らかとなった。さらに, 物理インデックスや初期間隙比などと圧密に伴う透水係数の減少について関連づけた。

第 7 章では, 第 4 章から第 6 章までで得られた知見をとりまとめて, 泥炭地盤の弾塑性有限要素解析に用いる土質パラメーターの決定方法を提案した。

第 8 章は, 本研究の結論であり, 得られた知見を総括し今後の展望と課題について述べた。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 三田地 利 之
副 査 教 授 三 浦 清 一
副 査 教 授 藤 井 義 明
副 査 助教授 田 中 洋 行

学 位 論 文 題 名

泥炭地盤の変形挙動解析に用いる 地盤定数の評価法に関する研究

泥炭地盤のような軟弱な地盤上に盛土を築造した場合、盛土直下のみならず、その周辺地盤にも大きな変形が発生する。しかし、従来の設計法では、地盤の変形予測を一次元の圧密変形に限っており、せん断変形については、破壊を招かないように安全率を設定する程度に止まっている。すなわち、せん断変形についての解析方法は示されておらず、経験的な手法に頼っているのが現状である。粘土地盤については、弾塑性構成モデルの構築が進展し、それに基づく水-土連成有限要素解析が実務に適用されるようになり、多くの知見が蓄積しつつある。しかし、泥炭地盤が対象の場合、構成モデルの構築が遅れていることから粘土地盤についてのモデルを準用しているのみならず、地盤定数の決定法が未だ確立していないのが現状である。

以上のような状況の下で、本論文は盛土施工時の詳細な動態観測結果に基づいて泥炭地盤の変形挙動を整理した上で、粘土地盤の構成モデルの代表格である Cam-clay モデルを用いた有限要素解析の有効性を明らかにするとともに、解析に用いる地盤定数の評価方法について実務上有用な提案を行ったもので、8章からなる。

第1章では、研究の背景として、現行の設計法の問題点と泥炭地盤の変形解析に関する既往の研究の課題について述べるとともに、本研究の目的を明らかにしている。

第2章では、Cam-clay モデルについて概説した上で、盛土施工に伴う泥炭地盤の変形の事例を挙げて、実務でよく用いられる一次元圧密解析の限界と Cam-clay モデルを用いた有限要素解析の精度について検討している。

第3章では、解析に必要な地盤定数のうち限界状態の応力比 M 、静止土圧係数 K_0 、透水係数 k 、ポアソン比 ν および盛土の弾性係数 E を各々独立して変化させた弾塑性有限要素解析を実施し、これらの定数の中でも特に静止土圧係数および透水係数の解析結果に与える影響が大きいことなどを明らかにしている。

第4章では、解析に用いる基本的な地盤定数である圧縮指数 λ 、膨張指数 κ および限界状態の応力比 M と泥炭の物理的性質を示す指数との相関について検討し、物理インデックスに基づく地盤定数の簡易推定法を提案している。

第5章では、泥炭地盤からの採取試料について実施した三軸 K_0 圧密試験ならびに原位置におけるダイラトメーター試験の結果、泥炭および有機質粘土の静止土圧係数 K_0 は、過圧密比と強熱減量の関数として表現できることを示すとともに、ダイラトメーター試験からの K_0 値の推定方法を提案している。

第6章では、泥炭地盤から採取した試料についての圧密試験ならびに原位置における透水試験を実施し、泥炭の透水係数 k は圧密の進行に伴って著しく減少することを定量的に明らかにしている。さらに圧密に伴う透水係数の減少割合と物理インデックスや初期間隙比などとの関係を明らかにしている。

第7章では、第4章から第6章で得られた知見をとりまとめて、泥炭地盤の変形解析に必要な地盤定数の決定方法を提案している。すなわち、三軸圧縮試験ならびに圧密試験結果などによる場合と、物理試験や原位置試験結果から推定した場合の解析精度の違いを明らかにし、より合理的かつ効率的な土質試験・地盤調査方法の選択の指針を与えている。

第8章は本研究の結論であり、得られた知見を要約した上で、今後の展望と課題を述べている。

これを要するに著者は、泥炭地盤の変形挙動解析に必要な地盤定数の評価に関する多くの新知見を得るとともに、実務上有用な評価方法の提案を行っており、地盤工学の発展に寄与するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。