

せん断応力載荷型試験による 高有機質土の強度・変形特性の評価に関する研究

学位論文内容の要旨

高有機質土は日本国内の低平地に広く分布しており、分布の面から見ると一般的な土である。社会基盤諸施設は一般に低平地に設けられることが多いことから、高有機質土地盤上に構造物を建設しなければならないケースがしばしばあり、道路構造物はその代表的な例である。

一方で、高有機質土は力学的性質の面において特殊であり、普通の土と同様な扱いでは設計施工が困難であることから地盤工学会基準では、「特殊土」と分類されている。ところが、高有機質土地盤上に構造物を建設する場合、多くの設計指針では他の軟弱地盤上に建設する場合と同様に取り扱うように定められており、通常の土と同様の設計施工が行われているため、設計指針通りに設計した場合、極めて大きな圧密沈下や側方変形を生じたり、適切な設計強度が得られないということが頻繁に起こる。このことは経験上広く知られており、現場技術者にとって切迫した問題となっている。

室内試験で高有機質土のせん断強度を求める場合、現在のところ粘土の試験方法を踏襲して一軸圧縮試験によっているが、従来から一軸圧縮試験の適用性の問題が指摘されている。研究目的で強度・変形特性を求める場合、その大半が三軸試験によっているが、これまでの研究例が少ないこともあり、変形特性を求めるための試験としての適用性すら議論されていない状況である。したがって、この問題の解決にあたっては、設計指針自体の改善が必要であるのと同時に、高有機質土の強度特性や変形特性を適切に求めるための試験方法の確立が必要とされている。

このような背景から、本論文では、 K_0 圧密が簡単に再現でき、せん断面上の直応力とせん断応力の関係が直接測定できる、などの実務上の利点に加えて、地盤工学会により試験基準が制定され、実務への利用環境も整いつつあることから、高有機質土の強度特性を求めるための方法として、一面せん断試験およびリングせん断試験といったせん断応力載荷型試験の有効性を検討している。

一方、変形係数を求める試験については、波動の性質を利用する方法の中で比較的新しく、かつ、その簡便さから近年徐々に試験方法が浸透しつつあるベンダーエレメント試験に着目し、これを一面せん断試験装置内に組み込み、変形特性の評価を行っている。また、ベンダーエレメント試験においては、受信波の到達時刻の決定

方法が問題となっていることから、この問題を解決するべく、ベンダーエレメント試験に従来とは異なる解釈をした新たな手法による変形特性の評価を試みている。

本論文は7章からなっており、構成は以下のものである。

第1章は序論であり、本論文の背景および構成、研究目的についてまとめられている。

第2章では本研究に関連する既往の研究についてまとめており、せん断応力載荷型試験としての一面せん断試験、リングせん断試験、ならびに本研究のベンダーエレメント試験と波動の性質を利用するという点で原理的に類似している原位置弾性波試験について、これまでの報告例をまとめている。

第3章は本研究で用いた一面せん断試験装置、リングせん断試験装置およびベンダーエレメントシステムの3実験装置について説明している。

第4章～第6章では本研究で行った実験およびその結果に対して様々な考察を行っている。第4章では一面せん断試験およびリングせん断試験を用いた高有機質土の一連の実験結果を用いて、排水、非排水条件における強度定数、非排水強度増加率について、粘土試料を用いて同様の条件で行った実験結果や三軸圧縮試験結果との比較を通して、高有機質土に対するせん断応力載荷型試験の有効性について検討している。

第5章では、ベンダーエレメントを組込んだ一面せん断試験装置によって、室内で調整した粘土の強度・変形特性について考察している。変形特性に関して、圧密過程では三軸試験装置による繰り返し載荷試験から得られたヤング率と比較し、間隙比や平均有効主応力といった要因について排水クリープによる二次圧密時の挙動を含めて検討している。一方せん断中の挙動については、せん断応力レベルや平均有効主応力依存性の面から検討し、さらに圧密時の変形特性および強度特性との対応から両者の関係式を提案している。また、過去に提案された式と本実験結果の関係から、非排水条件における一面せん断強度とせん断開始時の変形係数の関係を導いている。

第6章では、前章と同様の試験装置を用いてベンダーエレメント試験による高有機質土の変形係数の評価を行っている。また、従来のベンダーエレメント試験の問題点をふまえ、ベンダーエレメント試験は波動試験としての一面を有する一方で、振動を利用して変形特性を求める試験(振動試験)としての一面も合わせ持っている、との観点から、代表的な振動試験の一つである共振法土質試験の理論をBE試験に援用し、従来のBE試験では求めることが難しかった減衰比の評価を試みている。その上で試験の信頼性をより高めるため、従来の波動試験としての方法と併用することを提案している。

第7章は結論となっており、第4章～第6章で得られた各章の結論を総括している。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 三田地 利 之
副 査 教 授 石 島 洋 二
副 査 教 授 三 浦 清 一

学 位 論 文 題 名

せん断応力載荷型試験による

高有機質土の強度・変形特性の評価に関する研究

高有機質土は日本国内の低平地に広く分布しているが、力学的性質の特異性により、普通の土と同様な扱いでは設計施工が困難である。ところが、高有機質土地盤上に構造物を建設する場合、多くの設計指針では他の軟弱地盤上に建設する場合と同様に取り扱うように定められており、通常の土と同様の設計施工が行われているため、極めて大きな圧密沈下や側方変形を生じたり、適切な設計強度が得られないということが頻繁に起きている。

室内試験で高有機質土のせん断強度を評価する場合、現在のところ粘土の試験方法を踏襲して一軸圧縮試験によっているが、従来から一軸圧縮試験の適用性の問題が指摘されている。研究目的の場合には三軸試験によることが多いが、これまでの研究例が少ないこともあり、変形特性を評価するための試験としての適用性すら議論されていない状況である。したがって、この問題の解決にあたっては、設計指針自体の改善が必要であるのと同時に、高有機質土の強度特性や変形特性を適切に評価するための試験方法の確立が急務である。

このような背景から、本研究は、高有機質土の強度特性を評価するための方法として、一面せん断試験およびリングせん断試験といったせん断応力載荷型試験の有効性を検討するとともに、変形係数を評価するための試験方法としてベンダーエレメントを一面せん断試験装置に組込んだ新しいシステムを開発し、ベンダーエレメント試験に従来とは異なる解釈をした新たな手法による変形特性の評価を試みたもので、7章から構成されている。

第1章では研究の背景と目的を明らかにし、本研究の位置づけを行っている。

第2章では、せん断応力载荷型試験としての一面せん断試験、リングせん断試験、さらに波動の性質を利用するという点で本研究のベンダーエレメント試験と原理的に類似している原位置弾性波試験について、既往の研究をまとめている。

第3章では、本研究で用いた一面せん断試験装置、リングせん断試験装置およびベンダーエレメントシステムの3実験装置について詳細に説明している。

第4章では、一面せん断試験およびリングせん断試験を用いた高有機質土の一連の実験結果を基に、排水、非排水条件における強度特性について、粘土試料を用いて同様の条件で行った実験結果や三軸圧縮試験結果との比較を通して、高有機質土に対するせん断応力载荷型試験の有効性について検証している。

第5章では、ベンダーエレメントを組込んだ一面せん断試験装置を用いて実施した粘土の強度・変形特性に関する実験結果について考察し、せん断弾性係数の間隙比や平均有効主応力依存性について排水クリープによる二次圧密時の挙動を含めて検討している。一方せん断中の挙動については、せん断応力レベルや平均有効主応力依存性の面から検討し、さらに圧密時の変形特性および強度特性との対応から両者の関係式を提案している。また、非排水条件における一面せん断強度とせん断開始時の変形係数の関係を導いている。

第6章では、ベンダーエレメント試験による高有機質土の変形係数の評価を行うとともに、共振法土質試験の理論をBE試験に援用し、従来のBE試験では求めることが難しかった減衰比の評価を試みている。その上で試験の信頼性をより高めるため、従来の波動試験としての方法と併用することを提案している。

第7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を述べている。

これを要するに著者は、高有機質土の強度特性の評価方法としてせん断応力载荷型試験の有効性を検証するとともに、変形特性を評価するための機能を付加した新しい測定システムを開発し、簡便でかつ信頼性の高い評価方法を提案しており、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。