

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 13165 号
------	---------------

氏 名 Imran Khan

論 文 題 目

UNDERSTANDING THE MECHANICAL BEHAVIOR OF
CLAYEY MATERIAL FOCUSED ON
DEVELOPING/DIMINISHING OF ANISOTROPY AND
DISTURBANCE OF STRUCTURE
(異方性の発達／消滅と構造の乱れに着目した粘性土の力学挙
動の把握)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	准教授	中井 健太郎
委員	名古屋大学	教授	野田 利弘
委員	名古屋大学	教授	中野 正樹
委員	名古屋工業大学	教授	張 鋒

論文審査の結果の要旨

Imran Khan君提出の論文「UNDERSTANDING THE MECHANICAL BEHAVIOR OF CLAYEY MATERIAL FOCUSED ON DEVELOPING/DIMINISHING OF ANISOTROPY AND DISTURBANCE OF STRUCTURE (異方性の発達/消滅と構造の乱れに着目した粘性土の力学挙動の把握)」は、自然堆積土が有する土の骨格構造として、特に異方性と構造に着目し、これらが粘性土の力学挙動に及ぼす影響を実験的に明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、本研究の着想に至った経緯と本論文の構成を述べている。

第2章では、繰返し正規圧密粘土供試体を用いて、非排水繰返しせん断挙動におよぼす荷重速度効果について調べている。荷重速度を劇的に変えた実験を多数実施したところ、荷重速度が速い(高周波で繰り返す)ほど、供試体内の過剰間隙水圧分布は不均一となり見かけの有効応力減少の程度が小さいことを示した。また、繰返し荷重後にそのまま非排水状態を保っていると、供試体内の過剰間隙水圧分布が均質化することによって、端部で計測する過剰間隙水圧が上昇(平均有効応力が減少)するが、繰返し荷重中の両振幅ひずみを揃えておくと、最終的な平均有効応力の値はほぼ等しくなることも明らかにした。動的特性を把握するための繰返しせん断試験は高周波で繰り返すことが一般的であるが、本実験事実に基づく、特に透水性の小さい粘性土供試体の場合、材料特有の繰返しせん断強度を過大評価してしまう危険性を指摘しており、大変有用な知見である。

第3章では、粘性土の異方性が供試体作成中にどの程度発達し、等方圧密/非排水せん断過程にどの程度消滅するのかを再構成供試体を用いて調べている。その結果、①鉛直拔出供試体と水平拔出供試体では、供試体作成過程における異方性の発達度合い(固有異方性)の違いからせん断強度が異なること、②異方性の発達度合いによって限界状態定数が増加すること、③等方圧密圧力を大きくすることで固有異方性は次第に消滅し、せん断強度の差が小さくなることを示した。また、粘土とシルトで実験結果を比較することから、④粘土に比べてシルトの方が異方性の発達/消滅が速いこと、⑤シルトの場合はせん断中に発達する異方性(応力誘導異方性)の影響で、正規圧密状態であっても、限界状態付近で塑性膨張を伴う硬化挙動を示すことを明らかにした。土の構成モデルでは異方性を回転硬化概念に基づいて記述することが多い。上記②⑤の実験事実から、オリジナルカムクレイモデルに比べて修正カムクレイモデルの方が粘性土の力学挙動を正確に記述するのに適していることを示した。

第4章では、微小な繰返し荷重によって生じる「乱れ」が、粘性土のせん断挙動に及ぼす影響を、構造の発達した自然堆積粘土供試体を用いて調べている。実験は圧密降伏応力より小さい拘束圧、つまり過圧密条件下で実施している。繰返し履歴がない場合、初期平均有効応力の違いによらずせん断強度およびせん断中に示すひずみ軟化の程度はほぼ等しい。しかし、乱れを模擬した微小な繰返しせん断によって初期平均有効応力を変えた場合、繰返し回数が多くなるほど、せん断強度および初期剛性は低下し、ひずみ軟化の程度も小さくなることを実験的に把握した。また、SYSカムクレイモデルを用いた実験結果の再現から、土の乱れは、「繰返し荷重に伴う構造の劣化と過圧密の蓄積」として説明できることを示した。粘土地盤の実務・研究の多くは人工的な繰返し正規圧密粘土を対象にした構成式が用いられており、骨格構造が発達した自然堆積地盤の動的挙動を把握するには十分と言えない。本実験事実および構成式による再現結果は、軟弱粘土の動的挙動の把握には構造概念が重要であることを示す重要な知見である。

第5章では、構造の発達した自然堆積粘土と類似な供試体を人工的に作成することを試みた。自然堆積粘土は堆積過程におけるセメンテーション作用や溶脱作用を受けている。本研究では、セメント添加によるセメンテーション作用および硝酸アンモニウムによるカルシウム溶脱作用に着目して供試体作成を行っている。セメント添加することによって、高含水比で嵩張りのある供試体作成が可能となる。しかし、セメントを直接添加した場合、少量であってもセメント固化作用が強すぎて、せん断中に脆性的な破壊・変形挙動を示してしまう。そこで本研究では新たに、セメントと土を配合後、一定時間の攪拌時間を設けてセメント固化反応の一部を打ち消す工夫を加えることで、脆性的な挙動が延性的な挙動となることを示した。ただし、事前攪拌だけでは、自然堆積粘土に特有のひずみ軟化挙動を示すことはできなかったが、セメント固化供試体を硝酸アンモニウムに浸漬させてカルシウム溶脱を行ったところ、高含水比かつ嵩張りのある状態を保ったままひずみ軟化挙動を示す、自然堆積粘土に類似の供試体の作成に成功した。母材となる粘性土の種類、事前攪拌時間、溶脱用溶液濃度など、今後も系統的な検討は必要となるが、事前攪拌と溶脱の併用によって、人工的に構造の発達した自然堆積粘土と類似な供試体を作成する新しい手法を提案といった大変有用な知見である。

第6章では、本研究の結論を与えている。

以上のように本論文では、自然堆積土が有する土の骨格構造として、特に異方性と構造に着目し、これらが粘性土の力学挙動に及ぼす影響を実験的に明らかにしている。これらの評価方法および得られた結果は、今後重要となる軟弱粘性土地盤の安定性評価手法の確立に向けて大きく貢献する重要な知見を多く含んでいる。また、本研究で示した新たな実験事実は、今後の土の構成式開発に大きく寄与すると判断できる。よって、本論文の提出者である

論文審査の結果の要旨

示した新たな実験事実は、今後の土の構成式開発に大きく寄与すると判断できる。よって、本論文の提出者である Imran Khan君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。