

氏名(国籍)	プラティアン ウサボリスト (タイ)
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	博甲第2265号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	農学研究科
学位論文題目	Dynamic Behavior of a Hollowed, Cylindrical Soil Specimen under Cyclic Torsional Shear Loading (繰返しねじりせん断載荷における中空円筒試料土の動的挙動)
主査	筑波大学教授 農学博士 小池正之
副査	筑波大学教授 農学博士 多田敦
主査	筑波大学助教授 農学博士 瀧川具弘
主査	筑波大学教授 工学博士 山田恭央

論文の内容の要旨

農業機械の大形化に伴う農耕土壌の締固めは、作物生産現場において深刻である。土の締固めは、作物収量の減少、土壌浸食の助長などといった被害を与え、さらに、環境面での悪影響も生起する。トラクタの多重走行は、締固めの最も典型的な生成因といえる。トラクタ走行時の土への載荷は不規則であり、大きさも方向も変わる。このような動的現象の解明は重要であるにもかかわらず、これまで精密な室内実験はほとんど行われていない状況にあった。本研究では、トラクタ走行時、特に旋回時等に発生する土壌の動的締固め現象の解明を意図して、室内で繰返しねじりせん断載荷試験を行った。

本論文の目的は、締固めの際の土の動的挙動に関するパラメータの相互関係の明確化、そして、破壊現象と動的せん断強度に係る検討をせん断強度と限界状態理論の観点から考察することに置いている。さらに、繰返しねじり断が載荷と除荷の過程において動的挙動に及ぼす影響についても実験的に究明した。ここで除荷とは、載荷を零とする操作を指している。判明した知見を示せば、以下のようである。

まず、土の締固め研究の概況並びに繰返しねじりせん断試験を適用した研究例について検討し、次いで本研究の目的について述べた。

次に、土の締固めの定義、生成因、その影響、軽減策について概説し、現在の研究動向についても国内外の文献調査を行った。さらに、土質力学的な土の要素に働く応力、有効応力、状態空間等の概念を述べ、機械走行によって発生する特有の応力についても言及した。最後に、繰返し載荷試験について調べ、機械走行による載荷を再現するうえでの合理的解析手法について説明した。

繰返しねじりせん断載荷試験については、土の締固めの挙動に関するパラメータの相互関連性を解明する目的で室内実験を行った。繰返し回数の増加につれて、ねじりせん断ひずみと間隙水圧が増加する傾向が分かった。ねじりせん断応力に応じたひずみの大きさは、乾燥密度と載荷周波数による影響を受けた。しかしながら、ねじりせん断ひずみと有効応力比の関連を考慮に入れた場合、乾燥密度と載荷周波数による影響は見られなかった。

トラクタ旋回時等に発生する土の破壊現象の解明では、砂壤土を供試して動的せん断強度に係る実験を行った。土の破壊は、ひずみ軟化現象と特定でき、初期液化化には至らないが、間隙水圧は破壊時に側圧の約30%に達した。地震問題に対する繰返し破壊は、ひずみの大きさによって決まるが、機械走行による土の破壊は、最大せん

断応力規準に基づいて検討することが妥当と考えられた。また、動的せん断強度は、乾燥密度による影響を受けたが、載荷周波数の影響は小さいことが分かった。乾燥密度が高いと、強度も高くなった。繰返し載荷における限界状態についても検討した。そして、せん断ひずみと有効応力比の関連を用いて限界状態を決定することができた。ひずみと有効応力比との関連からは、載荷周波数による影響が認められなかった。したがって、破壊時及び限界状態時に発生するひずみの大きさは、これらの関連性から求めることも可能となる。

さらに、繰返しねじりせん断の載荷と除荷の過程が土の締固めの挙動に及ぼす影響を調べた。試料土に、ある繰返し載荷数を与えた後、除荷した。除荷時に間隙水圧が発生するように、試料土は排水状態に設定した。その結果、対応するせん断ひずみ並びに間隙水圧は繰返し載荷時に発生することが判明した。一方、除荷時、排水によって乾燥密度と軸ひずみが大きくなった。したがって、試料土の剛性も高くなる現象が認められた。

最後に、研究総括を行い、機械走行における農耕土壌の締固めを推定しうる実用的なパラメータについて指摘し、本研究の現場適用性の可能性について論じた。また、本研究で解明できなかった点を指摘し、今後の検討課題の方向性を明確に示した。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、トラクタ走行時、とくに旋回時等に発生する土壌の動的締固め現象の解明を目的とした実験的研究である。供試した繰返しねじりせん断載荷装置は、中空円筒試料を等方応力状態で圧密し、非排水条件のもとでの変形特性を調べることができる特色をもっている。作業現場で遭遇するトラクタ特有の締固め現象と室内実験結果が一对一の対応関係にあれば、その挙動を追跡する数理モデルの構築ができるため、この種の問題に対する取り組みは容易になると思われる。しかし、現段階でそのような接近法を可能とする技術的方策の導入は困難であるため、ここでは実験手法自体はできるだけ実際の現象に近づけるように配慮しながら、植物体の生育環境である土壌圏の改善に貢献する基礎資料を得ることを試みている。

まず、繰返し回数、周波数、乾燥密度が、試料の変形特性に及ぼす影響について調べている。繰返し数の増加につれて、ねじりせん断ひずみと間隙水圧は増加する傾向を示すこと、また、ねじりせん断応力とひずみの大きさは乾燥密度と載荷周波数による影響を受けることが確認されている。農耕土壌に繰返しせん断力を印加してその強度について論じた資料はいまだ少ない現状からして、得られた知見は先行的研究としての意義をもつものと考えられる。

土の破壊現象については、せん断強度と限界状態理論の観点から論じている。その結果、試料が破壊する時のねじりせん断応力を特定することに成功した。この応力以下の領域では、繰返し載荷数を増加しても破壊に至らないとしている。また、破壊に至るまでの繰返し載荷数と関与変数との関連性についても詳細に調べるなど、土壌の動的締固め現象の解明作業に応用しうる価値は高いと思われる。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。