

| | |
|---------|---|
| 氏名(国籍) | ワンラット アブドゥラカシム (タイ) |
| 学位の種類 | 博士(農学) |
| 学位記番号 | 博甲第4144号 |
| 学位授与年月日 | 平成18年5月31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 | 生命環境科学研究科 |
| 学位論文題目 | Modeling Analysis of Vehicular Soil Compaction and Behavioral Changes Associated with Organic Matter Incorporation (車両通過時の土壌締めモデリング解析及び有機物混入による土壌の挙動変化に関する研究) |

| | | | |
|----|---------|------|------|
| 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 | 東照雄 |
| 副査 | 筑波大学助教授 | 農学博士 | 瀧川具弘 |
| 副査 | 筑波大学助教授 | 農学博士 | 眞板秀二 |

論文の内容の要旨

農用車両走行時の土壌の締め現象は、その生成因について研究が進んでいるものの、異なる走行条件下で発生する動的現象を体系的に論じる解析手法は、いまだ開発されていない。本研究の目的は、まず試作した2個の八面体応力変換器(SSTs)を用いて土中応力の発生状況を実験的に把握し、得られたデータをニューラルネットワーク(NN)モデルに適用して締め現象に影響を及ぼす関与因子の特定を定量的観点から行うこと、そして次に有機物を混入した土壌の締め特性を貫入抵抗、応力状態、垂直ひずみとの関連から検討するため、土壌槽(縦×横×高さ 200×60×62 cm)を用いた室内実験を行うことにしている。

供試土は黒ボク砂壤土とし、2個のSSTsはトラクタタイヤ踏面の中心線垂直下と、そこから12 cm側方で深さ15 cmの位置にそれぞれ設置した。SSTsの較正線図からは良好な直線性が確認でき、また締めは土層上部において顕著であることから、その埋設深さは10, 15, 20 cmの3水準とした。

応力状態に係るSSTsの測定値から、不飽和砂壤土における滑り線場の方向の変化は、車軸投影位置のごく近傍で発生することが分かった。また、主応力ベクトルは車両の進行方向に沿って発生するが、その側方成分の絶対値は極めて小さいこと、さらに応力状態においてせん断応力の支配領域は広範囲にわたるため、締めモデルの構築に当たって構成要因として組込むことの必然性が確認できた。応力経路の追跡により、土の破壊条件の特定が的確に行えることについても言及した。

NNモデルは、与えられた入力データ、出力データ(教師信号)に対して学習の誤差評価関数を考え、これを最小化する結合重みを勾配法で求めようとするものである。ここではフルコネクション、11-10-1構造NNを用い、MATLABの環境でNN ToolboxによりNNの汎化能力を高める工夫を施し、解析精度の向上を図った。その結果、土の乾燥密度の予測はrms誤差4.28%及び相関係数0.838の水準能力であること、ならびに関与因子の感度解析はRelative Strength of Effect(RSE)による学習機能の改善を図ることができることが指摘できた。また、八面体垂直応力と八面体せん断応力はいずれも、土の締め生成に対する主因であることが明らかとなった。さらに、RSEを用いた場合、入力データの質に係る吟味が、解析結果の

信頼性に影響を及ぼすことも判明した。土の塑性限界近傍の含水比 57.9 ~ 62.4% d. b. では、締固めが極めて進行しやすくなるが、その範囲以外での締固めの進行度合いは減少することも指摘できた。

締固めと有機物混入土との関係は、室内実験で検討した。家畜ふん尿とおが屑を混合材料とした供試有機物は、窒素 0.55%、カリウム 0.34%、リン酸 1.16%、C/N 比 29、含水比 48.8% d. b.、乾燥密度 0.16Mg/m^3 の特性を有する。有機物混入土は土壌槽に深さ 55 cm の厚さで敷設し、初期貫入抵抗が $0.150 \pm 0.016\text{ MPa}$ となるように調整した。走行台車の軸荷重は 686.7N、タイヤ空気圧は 123.0 kPa、進行速度は 0.15 m/s に設定した。貫入抵抗は、実験前に 9 箇所、そして 1 回、2 回、5 回、10 回通過後にそれぞれ 9 箇所測定した。

貫入抵抗は含水比が 58% d. b. の場合、無混入土に比べて表層での値は相対的に低く、また深さが 20 cm を超えると急激に低下した。つまり、表層での狭い土層幅において走行回数の増加に伴う締固めの進行が顕著に生じ、一方、深い土層ではその進行はより緩やかな傾向を辿る傾向が認められた。さらに含水比が 67% d. b. の場合、走行回数の増加による締固めの相違は明確ではなく、貫入抵抗は走行回数から大きな影響を受けることがないことが分かった。この現象は、土層断面等高線図からも確認することができた。この現象を詳細に検討するため、走行回数をパラメータとして 2 種類の含水比に対する貫入抵抗の変化状況を調べた。その結果、含水比と貫入抵抗の間の変動特性が明らかとなったが、その原因は土の塑性の変化と関連をもつことが推察された。

審査の結果の要旨

本論文は農用車両のような移動荷重が圃場を走行する際に発生する土壌の締固め現象を検討対象として、どのような関与因子がその現象にどの程度影響を及ぼすのかとの問題を NN モデルによって解明しようとした実験的研究である。得られた知見は、農用車両の機構、とくに足回りの設計に役立つ基礎的技術情報を与える成果であるとして評価できる。しかしながら、NN の表現構造、学習形態、汎化能力についての一層の改善並びに非線形最適化技法の採用について検討することが、今後の課題であると指摘された。

さらに、有機物混入土と締固めの関係については、低含水比域における応力ピーク値は、有機物含有量の増加につれて大幅に減少するが、高含水比域ではその減少割合は顕著に減少するという、新しい知見を得ることに成功した。

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。