

## 論文審査の結果の要旨

氏名：竹之内寛至

博士の専攻分野の名称：博士（理学）

論文題目：強制変位を与える圧入による地盤の変形過程及びその応用に関する研究

審査委員： (主査) 日本大学教授 竹村 貴人  
(副査) 日本大学教授 竹内 真司  
(副査) 日本大学教授 峯岸 邦夫

東日本大震災では多くの箇所では液状化が発生し被害を増大させた。このような液状化の発生を抑制するためには砂地盤の密度を増加させることで対策を講じることができる。その手法の一つとして、モルタルを砂地盤に強制圧入することで周辺の密度を増加させる方法が挙げられる。しかしながら、地盤にある物質を強制注入することで地表面の隆起が発生するため、地表面の構造物への影響を考えると、可能な限りその隆起量を減少させる必要がある。また、そのメカニズムはマグマの膨張による地表変位や地震時のマグマ周辺地盤の挙動などとも同様のものであり、地球科学における地盤内の物質膨張に関する基礎的なメカニズムとなるものである。このような背景の下、本論文は砂地盤への物質圧入時の地表面隆起に関して実験的な研究によりそのメカニズムを明らかにしたものであり、新しい知見を得たもので、以下の8章から構成される。

第1章は序論であり、地盤への物質強制圧入に関する関連分野の研究事例と液状化対策で何をすべきかについての現状がまとめられており、現時点で必要な課題の抽出を行い、本論文での研究課題についてまとめている。

第2章は地盤変形および隆起抑制に関する既往の研究であり、はじめに、地球科学で使われる茂木の球状圧力源モデルおよび応用力学で使われる *Vesic* の空洞膨張論に関する理論の説明と既往研究の事例についてまとめられている。これらの理論は弾性論に基づいたものであるが、本論文で対象とする砂地盤は弾塑性体であることより、これらの理論を砂地盤に発展させた手法についてまとめ、砂地盤内圧入に伴う隆起に関する既往の研究のレビューを行い、本論文の目的を明確化した。

第3章は地盤内圧入と地表面隆起の関係についてまとめられている。本章では、模型地盤内にモルタル率が等しくした条件（総圧入量が等しい）において、圧入本数が異なるケースでの隆起量を比較して砂地盤の密実化について検証した。また、実験条件の比較検証として、地盤表面の拘束の有無によって、地盤隆起や締固め効果に影響がある否かについての検討も併せて行った。地盤内に強制変位を与える圧入をした際に発生する隆起について実験結果を用いた考察を行なった。また、本章では、隆起を抑制することによって、地盤の密実化を高める圧入手法（アップダウン方式）について提案し、室内模型実験を実施し提案した手法の有効性を検証した。加えて、室内模型実験では、圧入時の繰返し体積変化に着目し、注入管の大きさや先端形状を変えた条件での実験を行い、隆起抑制のメカニズムの解明を行なった。

第4章は地表面の隆起抑制に関して室内実験による検証を行なっている。透明地盤を用いた実験では、モルタル圧入時のモルタルと周辺砂地盤の挙動を直接観察および画像解析をすることで、先に提案した隆起抑制メカニズムを裏付ける結果を得ている。また、要素試験から砂とモルタルの力学的挙動を特徴づけ、圧入時の砂地盤の挙動を力学的に考察している。

第5章は、室内実験で行われた手法を現場レベルで適用できるかについて、各種パラメータを変化させた条件で実証実験を行なった。その結果、提案した手法による地盤の隆起量および密度増加量を予測することができ、従来の手法と同様の設計が可能であることを示した。

第6章は各章で得られた成果がまとめられており、新たな手法に基づく圧入手法を提案し、従来からの課題であった隆起抑制および砂地盤の高密度化を実現できることを示した。

以上のように本論文は、砂地盤にモルタル等の物質を強制圧入することにより周辺の密度を増加させると共に地表面の隆起を抑制する手法を実験事実とそのメカニズムに基づいて提案したものである。また、そのメカニズムに関して考察されており高く評価できる。本研究により、当該分野の研究が大

きく発展できることが期待できる。  
よって本論文は、博士（理学）の学位を授与されるに値するものと認められる。

以上

令和2年1月9日