

氏名（本籍）	樋口 翔太郎（愛知県）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第650号
学位授与日付	令和5年3月25日
専攻	工学専攻
学位論文題目	既設住宅を対象とした液状化危険度調査及び薬液注入工法による対策の高度化 (Upgrading of liquefaction hazard investigation for existing houses and countermeasure with chemical grouting method)
学位論文審査委員	(主査) 教授 大谷 具幸 (副査) 教授 神谷 浩二 教授 沢田 和秀 外部審査委員 八嶋 厚

論文内容の要旨

本論文では、既設住宅を対象とし、液状化危険度を把握するための調査手法を検証するとともに、ハード対策として地盤を改良する薬液注入工法の適切な施工範囲を検討した。

既設住宅を対象とする液状化危険度調査には、2次元表面波探査とリニア微動アレイ探査を用いた。これらの物理探査法により液状化被害が確認された地域を対象に調査を実施し、線状の範囲において、地表面から深部に至るせん断波速度分布を求めた。すでに得られている地下水位とせん断波速度分布から液状化危険度を判定した結果、高い液状化危険度と液状化被害の対応が確認され、調査法の有効性を示せた。調査対象住宅の周辺道路等を利用して物理探査を実施すれば、住宅地周辺の地盤情報が得られ、これとSWS試験等による住宅直下の地盤情報を組み合わせれば、より精度の高い液状化危険度判定が可能となることを示した。

ハード対策として検討した薬液注入工法は、既設住宅地盤などの狭小な場所で施工可能であり、住宅への影響が少ない、という要件を満たす地盤改良工法である。まず、液状化による既設住宅の沈下や傾斜を、薬液注入工法を用いた地盤改良によって、どの程度抑制できるかを定量的に検討するため、遠心場模型振動台実験を行った。改良効果は、住宅と地盤の沈下量の差（めり込み沈下量）を指標として検討した。実験ケースは、住宅基礎下の改良範囲を、無対策、外縁部、全面とした。外縁部の改良は既設住宅の周辺から対策工事を行うことを想定している。全面改良のケースには及ばないが、外縁部のみを改良することで、めり込み沈下量が大きく抑制されることを確認した。

改良地盤の力学特性をモデル化した構成式を、3次元有限要素法に新たに導入して、模型振動台実験の再現を試みた。数値解析は、上記実験ケースの沈下量をほぼ定量的に再現できることを確認した。次いで、実験では検討が難しい、より大きな住宅、より深い液状化層厚を対象として、改良効果を数値解析により検討した。住宅規模が大きくなれば、外縁部のみでの改良では、全面改良に比べて、沈下抑制効果が小さくなることがわかった。また、液状化層厚が深くなれば、沈下抑制のための改良深度も、より深くする必要があることがわかった。これらの結果から、地盤調査と数値解析を用いれば、対策費用の上限を規定すれば、薬液注入工法の適用の是非を判断できる可能性のあることがわかった。

論文審査結果の要旨

本論文では、既設の個別住宅を対象として、対象地盤の液状化危険度調査のための物理探査手法の適用性、および危険と判定された地盤へのハード対策手法の高度化がまとめられている。

既設住宅の地盤液状化対策は、住人の生活を妨げずに住宅直下の地盤が液状化するかどうかを評価

し、対策することが重要である。この評価に関する課題に対し、表面波探査およびリニア微動アレイ探査により住宅周辺の地盤を線的に調査し、その結果を補間する形で面に展開した。これによって、直接調査できない住宅直下を含む面的な地盤特性が把握できた。また、実際に液状化した地域と比較したことでその確からしさを検証している。以上から、地盤のせん断波速度を調査することにより、平面的に液状化危険度を評価できる可能性が示唆された。

次に、液状化に関するハード対策の一つとして、薬液注入工法の利点を紹介し、その効果を実験と数値解析により調査している。遠心場振動台装置を使った実験では、住宅周辺の地盤をある程度の深さまで薬液注入工法により改良することで、住宅直下全域の改良に近い沈下抑制効果を確認できた。数値解析では、改良した砂の構成式を新たに3次元液状化解析プログラムに導入したことで、実験と同様の現象を再現できたことは大きな成果である。この解析プログラムを用いて、実地盤を模擬した薬液注入工法による改良範囲を変化させたパラメトリックスタディを実施し、効果的な薬液注入の範囲を検討している。このように本論文の内容は、学術的な観点から、また既設住宅の液状化対策としての今後の実務的な適用が期待できるものである。また、この論文の内容の一部は、学術雑誌論文としてまとめられ、学位論文の基準を満たしていることを確認した。

これらのことから、大谷具幸・神谷浩二・八嶋 厚・沢田和秀の4名で構成する学位論文審査委員会は、申請者の学位論文は、岐阜大学大学院工学研究科の博士（工学）にふさわしいものであることを確認し、合格と判定した。

最終試験結果の要旨

審査委員会では、令和5年2月10日の公聴会を最終試験と位置づけた。申請者は、公聴会において、本論文の背景・目的・手法・研究結果・今後の課題を簡潔にわかりやすく説明し、質疑に対して的確に対応した。また、専門知識、研究能力、学識についても博士の学位に相応しい能力を有していることを確認した。以上に基づき学位論文審査委員会は、申請者の最終試験結果を合格とする。

発表論文（論文名、著者、掲載誌名、巻号、ページ）

1. Liquefaction damage prediction of residential land and houses using geophysical survey results, S. Higuchi, H.Yokawa, A.Yashima, Y.Murata, K.Kariya, M.Cubrinovski and T.Sugii, Proc. 16th Int. Conf. of IACMAG, 2, pp.605-612 (2021).
2. Effect of ground parameters on housing settlement prediction by simplified liquefaction analysis, H.Yokawa, N.Nonoyama, A.Yashima, S.Higuchi and T.Sugii, Proc.16th Int. Conf. of IACMAG, 2, pp.727-734 (2021).
3. Liquefaction evaluation of residential land using geophysical survey, S.Higuchi, A.Yashima, Y.Murata, K.Kariya and H.Yokawa, Proc. CREST2020, pp.965-975 (2021).