

(第6号様式)

学位論文審査の結果の要旨

氏名	Utari Sriwijaya Minaka
審査委員	主査 岡村 未対 副査 安原 英明 副査 NETRA Prakash Bhandary

論文名 Assessment of Effectiveness and Design Procedure of Gravel Drains
as Liquefaction Countermeasure

審査結果の要旨

地震による地盤の液状化は社会インフラに甚大な被害を及ぼすため、重要な構造物に対しては適切な工法により液状化の発生を防止することが行われる。地震時による地盤の液状化は、地盤中の過剰間隙水圧が上昇し、有効応力が失われることにより発生するため、液状化対策工法の一つに透水性の高いレキの杭を多数打ち込み、過剰間隙水圧を速やかに消散させるグラベルドレーン工法が実用に供されている。これまで多くの実績があるこの工法は、想定以上の強さの地震動が作用した場合でも液状化しなかった事例が兵庫県南部地震（1995年）や東北地方太平洋沖地震（2011年）などで報告されており、設計が過度に安全側となるなど合理化の余地があることが指摘されてきた。

そこで本研究は、グラベルドレーン工法の液状化対策工法としての設計法の妥当性を検証し、より合理的な設計法へと改良することを目的とした。

本論文は全6章で構成されている。

第1章では研究の背景、目的およびを述べている。第2章では既往の研究を述べている。そこでは詳細な文献調査に基づき、現行のグラベルドレーン設計法の開発経緯を明らかにするとともに、設計法の妥当性の検証には小型の模型実験あるいは比較的小規模な現場実験が用いられてきたことを明らかにした。土の力学特性は応力レベルに強く依存することが知られており、小型の縮尺模型実験は定量的には地盤の挙動を再現したものとならないことから、本研究の目的を達するためには実地盤の応力状態を再現できる実験の実施し、その結果を基に設計法の妥当性の検証と改良を行うことが不可欠であることを指摘した。

第2章では年代効果および体積変化特性が液状化強度に及ぼす種々の現象に関する既往の研究をレビューし、本研究で得られた成果を検証する実験データを収集している。

第3章では、実地盤の応力レベルを再現できる遠心模型実験装置を用いた一連の実験を周到に立案し、深さ8mの様な砂地盤の精密な動的実験を実施することにより系統的で制度の良いデータを取得した。これより、加振中の砂地盤の過剰間隙水圧発生とグラベルドレーンに向かう水の流れ、その結果として現れる水圧の時間変化について丁寧な考察により明らかにした。また、

地下水以浅の不飽和土の繰返しせん断による沈下特性も併せて調べ、グラベルドレーン工法は液状化の発生を防止することはできるものの、ある程度の沈下量の発生は抑止できないことも明らかにした。

第4章では、現工設計法が特に地盤浅部では過剰間隙水圧を過少に評価し危険側の設計となる一方、深部では安全側の評価になるという、その適用性が地盤の深さに強く依存し現状のままでは妥当でないことを明らかにした。設計で用いられる支配方程式は適切であり、設計で用いられる地盤定数その原因であるものと考えられた。そこで通常の実務では行われない詳細な室内土質試験を実施し、設計地盤定数を精査した。その結果、模型地盤のドレーンに向かう水の流れを支配する水平方向の透水係数が鉛直方向よりもおよそ10倍大きく、この値が設計に大きく影響することがわかった。また、過剰間隙水圧の発生量を支配する土の繰返しせん断による体積圧縮係数(mv)についても強い応力依存性が認められたため、応力レベルの関数として設計に用いるべきmvを定式化した。

第5章では透水係数とmvの適切な設定により、設計用による水圧の予測結果が実験結果と良く一致することを確認した。また、地下水位が地表面より深い場合には、地震中のグラベルドレーン内の水位が上昇することを考慮することにより、地盤の水圧挙動を適切に評価できることも明らかにした。

第6章では、2章から5章までの総括をしている

以上のように、本論文は液状化対策工法としてのグラベルドレーン工法を施工した地盤の地震時挙動、とくに深度とともに変化するその特性を明らかにし、現工設計法をより合理的なものに改良した。学術的にこれまでの知見を前進させる成果が得られ、また実務的に有用な設計法の改良と提案を行っていることから、審査委員全員一致して合格であると判断した。