

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 ウサマ ジュニアンシャー ファウジ

本論文は Local Deformation and Repeated Liquefaction Properties of Segregated Sand Specimen in Hollow Cylindrical Torsional Shear Tests (分級した砂供試体の中空ねじりせん断試験における局所変形および繰返し液状化特性) と題した英文の論文である。

2011 年東北地方太平洋沖地震では人工的に埋め立てた地盤で甚大な液状化被害が発生した。細粒分を含む砂質土を水中で埋め立てると、土粒子の沈降速度の違いにより分級した堆積構造が形成されることが知られているが、このような分級構造を有する砂質地盤の液状化特性については、未解明な点が多い。また、被災地における今後の対策を検討するうえでは、過去に液状化履歴を受けた地盤の液状化特性を把握する必要がある、分級構造を有する砂質地盤も例外ではない。

以上の背景のもとで、本研究では、分級構造を有する中空円筒形状の砂供試体を作成し、これを用いて非排水繰返しねじりせん断試験を実施することで液状化特性を計測し、同じ材料で分級構造がない場合との比較等を行っている。さらに、同一の供試体に対して複数回の試験を実施することにより、液状化履歴を受けた場合の液状化特性の変化を計測している。

第一章では、研究の背景と既往の関連研究を整理して記述したうえで本研究の目的を設定し、論文全体の構成について説明している。

第二章では、試験装置を構成する部材と、試験材料および試験方法について記述している。特に、本研究で新たに確立させた手法として、分級構造を有する中空円筒供試体の作成方法について詳述している。

第三章では、ねじりせん断試験における計測結果から応力とひずみを算定する方法について記述している。

第四章では、分級構造を有するために一様にはならない供試体の変形状況を画像解析により評価する手法について記述している。供試体の外側面を覆うメンブレン上に一定間隔で多数の標点を設置し、その位置が試験中にどのように変化するかをデジタル画像として記録し解析することで、供試体の局所的な変形状況を評価している。解析に際しては供試体の曲率やレンズのゆがみの影響を補正する必要があるが、これらの作業を効率良く行うために、本研究では可能な限り自動化した手法を確立させている点に特色がある。

第五章では、一次元モールド内に作成した分級供試体に衝撃を与えて液状化させた予備試験の結果と、各種の供試体の非排水繰返しねじりせん断試験の前後で計測した透水係数について記述している。細粒分で構成される薄層の直下に水膜が形成される状況を予備試験で確認し、さらに、この細粒薄層の透水係数は砂層の 1/100 程度であることを明らかにしている。

第六章では、非排水繰返しねじりせん断試験の結果を、初回液状化時の挙動に着目して記述している。分級構造を有する場合の液状化強度が、同じ材料およびほぼ同一の平均密度で分級構造がない場合よりも大きいことを示し、土粒子構造の違いによるダイラテンシー特性の変化が、液状化強度特性に影響を及ぼしていると考えられることを見出している。一方で、前述した予備試験で確認した細粒薄層直下での水膜の形成は、非排水繰返しねじりせん断試験では観察されなかったことを報告し、この原因として、細粒薄層の圧密時の体積圧縮量が砂層よりも大きいために生じるメンブレン貫入と、液状化の進行とともにメンブレンに発生する斜め方向の皺の影響を挙げ、それぞれの影響を低減させた比較試験を行うことで、これらの要因が液状化強度にも影響を及ぼしていることを明らかにしている。さらに、細粒薄層と砂層のそれぞれで発生する異なった大きさの過剰間隙水圧が繰返し载荷中に再配分される現象について考察を行い、この影響で細粒薄層の密度が低下して局所的に大きなせん断変形が生じることを、実際の試験結果でも検証している。

第七章では、非排水繰返しねじりせん断試験の結果を、複数回液状化時の特性変化に着目して記述している。各液状化試験の後にせん断ひずみをゼロに戻した場合と、これをゼロに戻さずに実際の地震時の状況を再現した場合とでは、その後の再液状化時の強度特性が大きく異なることを示し、既往の関連研究において分級構造を有しない供試体に対して観察されていた特性変化が、分級構造を有する場合にも生じることを確認している。また、排水状態で 0.01% 程度のひずみ振幅での繰返しせん断履歴を与えることで、密度をあまり変化させないままで液状化強度を著しく改善できる効果が得られることを、分級構造を有する供試体で確認する一方で、このような改善効果は必ずしも永続的ではなく、液状化履歴を受けるとほぼ消滅してしまうことも見出している。

第八章では、本研究で得られた結論をまとめ、今後の課題を整理している。

以上をまとめると、本研究では、分級構造を有する砂質土の液状化特性とこれに影響を及ぼす要因を実験的に明らかにするとともに、そのために必要となる各種の実験・計測手法を確立させている。このことは地盤工学の進歩への重要な貢献である。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。