

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 清田 隆

砂地盤の液状化は、これまでの地震でさまざまな被害を引き起こしてきた。そのため、標準貫入試験などの原位置地盤調査結果に基づいて液状化強度を判定する手法が実用化されてきているが、近年になって設計で考慮する地震動レベルが著しく引き上げられたために、これらをそのまま組み合わせると、従来は液状化しないと考えられていた堆積年代の古い地盤まで液状化すると判定する結果が得られることがあり、実務上の問題となっている。

一般に、堆積年代の古い地盤ほど大きな年代効果を有しており、土粒子構造の安定化やセメンテーションの発達により液状化強度が高まっていると考えられている。しかしながら、このような年代効果の程度を定量的に把握できる指標として確立されたものはない。一方で、微小ひずみレベルにおける地盤材料の変形特性は、同じ応力状態のもとでも土粒子構造の違いに応じて異なる値をとるため、年代効果を反映した指標として利用できる可能性がある。

さらに、液状化した地盤は極めて大きな変形を示す場合があることが既往の地震被害事例や関連する模型実験で明らかになっているが、いくつかの技術上の制約により、室内の土質試験においてそのような大変形挙動を詳細に検討した例は極めて限られている。

以上のような背景のもとで、本研究では、年代効果の程度の異なる数種類の砂質土試料を用いて、その液状化強度変形特性にとどまらず、微小ひずみレベルにおける弾性的な変形特性から、液状化後の大ひずみレベルにおける変形特性までを対象として、これらを精度よく計測する室内土質試験を系統的に実施している。

第一章は序論であり、研究の背景と目的を説明し、最後に論文の構成を記述している。

第二章では、本研究で実施した室内土質試験に関して、試験に用いた試料と装置および試験方法について記述している。特に、中空円筒供試体を用いたねじり載荷試験において数十パーセントを超えるひずみレベルまで試験を実施できるように試験装置を改良した内容の詳細と、原位置で凍結させて採取した試料に乱れが生じないように留意しながら整形して試験を実施する手順の詳細について記述している。

第三章では、地盤材料の微小変形特性に関するこれまでの知見をとりまとめるとともに、本研究で用いた動的小ひずみおよび静的な測定方法に基づく微小変形特性の計測結果に及ぼす試料の排水条件や飽和条件等の影響について、詳細な分析を行っている。

第四章では、小型三軸試験装置を用いた試験結果について記述している。等方圧密中に計測した砂質土の微小変形特性に着目し、試料の凍結融解履歴や融解時拘束圧の影響を明らかにしている。また、年代効果を有する原位置凍結試料と年代効果のない室内再構成試料の微小変形特性が異なることを示したうえで、後者の試料に排水繰り返しせん断履歴を与えることにより、年代効果と同等な微小変形特性の改善効果が得られることを報告している。

第五章では、第四章に引き続いて小型三軸試験装置を用いた試験結果について記述している。年代効果や排水繰り返しせん断履歴の有無によって異なる値を示す液状化強度が、液状化試験を実施する直前に動的な測定手法で計測した微小変形特性とよい相関を示すことを明らかにしている。一方で、液状化試験中に計測した微小変形特性の比較も行い、比較的長期間の年代効果の有無による違いと、排水繰り返しせん断履歴の有無による違いが、それぞれ異なる傾向の影響として現れることを見出している。

第六章では、中型中空ねじり試験装置を用いた大ひずみレベルまでの液状化試験結果について記述している。メンブレン張力の影響を適切に補正することにより、大ひずみレベルにおいても従来の結果と整合するような液状化砂の応力ひずみ関係が得られることを明らかにしている。また、あるひずみレベル以上になると変形の局所化が生じ、そのひずみレベルの限界値は試料の密度が高くなるほど小さくなることを示している。

第七章では結論と今後の課題を記述している。

以上を要約すると、本研究では、砂質土の液状化挙動に影響を及ぼす要因について、主に堆積年代の違いと微小変形特性に着目して行った室内試験の結果をまとめている。原位置で凍結させて採取した年代効果を有する試料と、これと同じ材料を用いて室内で再構成した年代効果のない試料を対象として、動的小ひずみおよび静的な測定方法で微小変形特性を計測しながら液状化試験を行ない、さらに、一部の試験では数十パーセントを超える大ひずみ領域まで試験を実施した点に特徴がある。これらの結果として、液状化に起因する地盤被害メカニズムの解明や、実務における液状化判定の合理化をすすめる際に大きく寄与する知見を提示しており、地盤工学の発展に大いに貢献している。

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。

