

審査の結果の要旨

氏名 榎本 忠夫

本論文は「不攪乱礫質土の強度変形特性と粘性特性」と題した論文である。

トンネル工事等では、地盤工学分野で研究対象とされることが多い粘性土や砂質土だけでなく、これらよりも粒径が著しく大きい礫質土で構成される地盤を掘削する場合がある。しかしながら、礫質土の力学特性を室内土質試験で計測するためには、大型の試験装置が必要となり、その実施は容易ではない。さらに、自然状態で堆積した礫質土地盤から乱れの少ない試料を採取することは技術的に極めて困難であったため、これまでに実施されてきた礫質土の室内土質試験は、室内で締め固める等により再構成した試料を対象としたものが殆どであった。

一方で、近年になってトンネル工事は低土被り条件下でも実施される例が増えてきた。そのため、このような厳しい応力条件下での対象地盤材料の力学的挙動とその時間依存性を適切に評価して、クリープ変形やクリープ破壊等を精度良く予測し、必要に応じて効果的な対策工を実施することが重要になってきた。

また、最近の試料採取技術の進展により、大粒径の礫質土であっても乱れの少ない状態で試料を採取することが可能になってきた。

このような背景のもとで、本研究では、計 3 箇所のトンネル建設現場から採取した不攪乱礫質土を主な検討対象として、強度変形特性、微小ひずみ領域における変形特性、および粘性特性と、これらの特性間の相互関係を実験的に明らかにすることを目的としている。そのために、高精度な大型・中型三軸試験を系統的に実施し、既往の関連検討成果との比較も含めて試験結果を分析するとともに、粘性特性については非線形三要素モデルを用いた試験結果のシミュレーション解析も行なっている。

第 1 章では、本研究の背景および概要と、論文の構成について記述している。

第 2 章では、本研究で検討対象とした不攪乱礫質土の採取方法とその物理的性質、試料採取現場の状況と近傍での原位置試験結果、および本研究に用いた試験装置と試験方法を記述している。

第 3 章では、地盤材料の微小変形特性と、地盤以外も含む各種材料の粘性特性に関する既往の研究結果等をとりまとめることにより、本研究で実施した検討内容の新規性を明らかにしている。

第 4 章では、不攪乱礫質土の強度変形特性の計測結果を示している。特に、低土被りで施工した枕野トンネルでは薬液注入による地盤改良を補助工法として併用したため、改良前後に採取した試料の試験結果を比較することで、地盤改良が強度変形特性に及ぼす影響を明らかにしている。

第 5 章では、不攪乱礫質土と豊浦砂の微小変形特性の計測結果を示している。豊浦砂の試験では、動的計測結果に及ぼす異方性の影響と、供試体側面で加速度波形を計測する際のメンブレン厚と供試体寸法の影響を明らかにしている。また、いずれの試験においても動的計測によるせん断剛性率は静的計測結果よりも大きな値となるが、非一様性の高い不攪乱礫質土のほうがこれらの差が大きく、特に、応力レベルが低くなるほど差がより顕著になることを明らかにしている。

第 6 章では、不攪乱礫質土と豊浦砂、美浦砂の粘性特性の計測結果を示している。単調載荷の途中でひずみ速度を最大で 300 倍程度急変させることで、材料やひずみレベルの違いに応じて異なるひずみ速度依存性を示すことを明らかにしている。また、応力を一定に保つクリープ載荷も行なって、クリープ過程における微小変形特性の変化状況と、クリープ破壊が生じる場合のひずみの経時変化挙動等を明らかにしている。さらに、非線形三要素モデルを用いたシミュレーション解析も行なって、試験結果を適切に再現できることを検証している。

第 7 章では、本研究で計測した各種特性を、既往の関連検討成果とあわせて総合的に整理するとともに、実務においてクリープ変形やクリープ破壊等を予測する際の地盤定数の決定方法と留意点について考察している。

第 8 章では、以上の研究成果を結論としてとりまとめ、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、非一様性の高い不攪乱礫質土の粘性特性を含む強度変形特性を、高精度で系統的な試験を実施することで詳細に明らかにしている。得られた特性を他の地盤材料とも比較することにより、実務においてクリープ変形やクリープ破壊等を予測する際にも有用な知見を得ている。これらの成果により、地盤工学の分野において重要な貢献を果たしている。

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。