

論文の内容の要旨

論文題目 Study on small strain behavior and time effects on deformation characteristics of dense gravel by triaxial and true triaxial tests

(和訳 三軸試験と三主応力制御試験による密な礫の微小ひずみ挙動と変形特性の時間効果に関する研究)

氏 名 レグワン アンダン

大型三軸試験装置と大型三主応力制御試験装置を用いて、密な礫の変形特性に関する試験を系統的に実施した。特に、微小ひずみレベルでの剛性と時間効果、および三次元的に載荷した場合の挙動に着目して研究を行った。供試体は直方体とし、メンブレンペネトレーションとベディングエラーの影響を受けずに鉛直・水平方向の変形を正確に測定するために、局所変形測定装置を供試体側面に多数設置した。試験を適切に実施するために、試験装置の自動制御システムも新たに開発した。

実務では、線形弾性体などの簡易な構成モデルを用いて密な礫の変形挙動を予測することが多い。これは、密な礫が非常に剛性の高い材料であり、ほとんど変形せずに大きな荷重を支持できると考えられてきたためである。さらに、密な礫の基本的な特性に関する系統的な試験の実施例は、大型の試験装置と多大な時間および労力を要するためにこれまで極めて限られていた。以上の背景のもとで、本研究においては正確な制御と計測が実施できるように新たに開発した大型の試験装置を利用して密な礫の変形特性を詳細に調べることとした。

常時の荷重条件下における地盤中のひずみは比較的小さいことが知られている。小さなひずみレベルにおいても土の応力ひずみ関係は強い非線形性を示すが、このような土の変形挙動は、微小ひずみレベルにおいて定義した弾性的な変形特性と関連づけて整理することができる。この点に、密な礫の弾性的な変形特性を調べることの意義がある。

弾性的な変形特性の測定方法には動的および静的の2種類がある。実務では、動的方法としての弾性波速度測定が多用されている。しかし、原位置で動的に測定した礫質土の弾性的変形特性は、室内試験で静的に測定した値とは一致しないことが報告されている。そこで、本研究では同一の供試体（高さ 58cm、断面 23×23cm の直方体）を対象として動的および静的な測定を実施し、密な礫の弾性的変形特性を比較した。その結果、動的および静的な測定によるヤング率の異方性や圧力レベル依存性は両者で同じような挙動を示すものの、これらのヤング率の比は平均粒径 31.5mm のポルトガル礫（花崗岩質）では 2.3 倍程度、平均粒径 40mm の千葉礫では 2.0 倍程度となることを示した。平均粒径が 12.5mm のポルトガル礫（花崗岩質）ではヤング率の比が 1.3 倍程度まで減少し、これらの比率は既往の研究結果とも整合していた。

実務においては、密な礫は非粘性材料として扱われ、クリープ変形などの時間効果は無視されている。しかし、最近の事例によれば、軽くセメンテーションされた密な礫地盤のように良好な支持地盤においても、無視できない量のクリープ変形が生じることが明らかになってきた。そこで、このような変形特性の時間効果を詳細に調べるために、密な千葉礫の三軸試験を系統的に実施した。その結果、軸ひずみ速度を突然変化させると応力値が急に上昇または低下し、その後明確な降伏挙動を示すことが応力ひずみ関係に観察された。クリープ中に生じるひずみは極めて大きく、せん断応力レベルとともに増加した。また、クリープ後に載荷を再開すると、ほぼ弾性的な挙動を示した。これらの挙動は従来のモデル化では説明することができないため、新たに開発したモデルを適用し、実験値のシミュレーションに成功した。以上の結果として、密な礫の変形特性に及ぼす時間効果が、従来考えられていたよりも重要であることが明らかになった。

地盤工学の分野では、軸対称の載荷を行う三軸試験がよく用いられている。しかし、実際の地盤中の応力状態は、三軸試験のような軸対称応力状態とは異なる場合が多い。そこで、より現実に近い三次元的な載荷を行った場合の土の挙動を調べるために、大型の三主応力制御試験装置を新たに開発し、直方体供

試体（高さ 50cm，断面 22×25cm）の 3 方向に作用する主応力を独立に精度良く制御できることを確認した。本装置を用いて密な豊浦砂と千葉礫の試験を実施し、弾性的なヤング率の応力状態誘導異方性に関しては、動的および静的な測定値の挙動が通常の三軸試験で得られた結果と一致することを示した。一方、定量的には一致しない試験結果も得られ、今後の課題として残された。