

概 要

今日、地盤改良工事におけるセメント混合地盤材料は、世界的に幅広く用いられている。セメント混合地盤材料は、土と比較的少量のセメントパウダーおよび適切に設定された水により構成されており、地盤工学分野においては、密な土とコンクリートの間である複雑な異種混合材料として扱われる。

セメント混合地盤材料を重要な構造物の基礎材料として使用するために、二つの重要な問題を考える必要がある。つまり、1) セメントと土と水の配合設計、2) 建設段階と供用段階における材料の挙動である。

本研究では、上記問題を念頭に、高性能な三軸圧縮試験機を用い、セメントを配合した千葉礫を供試体（不飽和）として、応力とひずみの関係を得るため一連の排水三軸圧縮試験を総合的に実施した。

配合段階における材料の挙動を支配する要因、つまり、締め固めの影響およびセメントと水の量を検討し、同じ重量比（セメント・土）では乾燥締め固め度が大きいほど、試料の強度と剛性も大きくなることが実験結果から判った。ピーク前の剛性とピーク強度についても同様である。しかし、強度に対するセメント配合量の影響は、低い密度ではそれほど大きくないのに対し、高い密度では非常に重要となる。セメント混合礫質土の最大強度は、最大乾燥密度と適切なセメンテーションの組み合わせによる最適含水比により発揮される。

また、様々な載荷応力経路による試験から、セメント地盤材料は非常に高い時間依存性を有することが確認された。つまり年代効果と載荷速度の影響である。変形と強度特性に対する粘性効果によるこれらの年代効果と載荷速度の影響を調べるため、最適含水比相当に調節した不飽和試料を用いて、一連の排水三軸圧縮試験を実施した。

得られた結果を以下に示す。

弾性剛性、ピーク前の平均剛性、ピーク前の応力ひずみ関係およびピーク強度は、非拘束および等方拘束状態での養生期間が長いほど大きくなる。これらは真の年代効果によるものであり、本質的な材料特性の変化に起因する。（例：セメンテーション）

粘性効果を調べるために、ひずみ速度を段階変化させる一連の三軸圧縮試験を実施した。ひずみ速度の異なる各段階において、小さなひずみでは **isotach type** の挙動を、その後は **TESRA type** の挙動を示しながら、材料の粘性特性により応力ひずみ関係が明らかに変化した。ピーク強度はひずみ速度の減少とともに小さくなる。

さらに、年代効果と載荷速度による効果の関連を調べるために、せん断応力下のクリープ載荷試験と、ひずみ速度が非常に遅い試験の、二種類の三軸圧縮試験を行った。クリープ載荷試験では、セメント改良礫質土の供試体は、クリープ後に大きな応力下で単調再載荷すると、クリープ載荷中の養生による明らかな年代効果を示しながら、剛な挙動を示した。また、クリープひずみの増加は、クリープ載荷の開始後の僅かな時間でほとんど収束する傾向を示す。排水クリープ載荷後、最初のひずみ速度で単調載荷を再開すると、相対的に大きな応力レベルで年代効果と載荷速度の両方の影響により、応力ひずみ関係は非常に高い剛性を示した。養生期間中のより早い時期に高いせん断応力下で排水クリープした場合、ピーク応力までに全部で同じ時間養生されていても、より大きなピーク強度を示した。一方、極端に遅い載荷の場合、非常に遅いひずみ速度での別の単調載荷中でも偏差応力はひずみ速度の減少とともに増加した。そしてその逆もまた然りである。つまり、年代効果が載荷速度効果よりも大きな影響を与えるということである。同じ初期養生時間から開始しても、非常に遅いひずみ速度で行われた単調載荷試験のピーク強度はより大きくなった。

加えて、橋台施工現場でジオテキスタイルとともに裏込め材として用いられたセメント混合地盤材料について、その異方性と実際問題への適応についても言及している。

更に、応力ひずみ時間関係を予測し、現実的で正確なシミュレーションに寄与する要因を、上記のこれらの重要な材料特性を踏まえて組み合わせた。最終的に、セメント混合地盤材料が裏込め材として供された実大構造物の挙動を正確にシミュレートするモデルを示した。この研究は、セメント混合地盤材料の応力ひずみ関係について、現場における短期および長期の両方の問題について予測・理解するためのものと位置付けられる。