

氏 名	柴原 晃		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	工 学		
学位授与番号	博甲第	6 8 5 4	号
学位授与の日付	2 0 2 3 年 3 月 2 4 日		
学位授与の要件	環境生命科学研究科 環境科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	細粒分懸濁液圧入による高透水性砂質層の透水性低減効果に関する研究		
論文審査委員	教授 竹下 祐二	教授 小松 満	准教授 珠玖 隆行
学位論文内容の要旨			
近年、都市部の地下開発が注目されている中、地下トンネル工事において NATM 工法が採用される事例が多くある。都市部のトンネル工事は高透水性砂地盤が工事の妨げとなる場合があり、その対策として補助工法を追加する必要がある。このうち、地盤の透水性を低下させる止水工法は地盤注入材として、水ガラス系を主とした薬液系およびセメントや粘土を主とする非薬液系が用いられている。しかし、人工材料が主となる地盤注入材を選定した場合、地下水環境によっては化学物質の浸透や、pH 等による地下水への影響が懸念され、さらに使用する材料によっては、追加工事費への影響も懸念材料となる。そこで、既往の研究では都市部の砂地盤を対象とした、新たな非薬液系注入材料の開発を目的として、粘土材料である岡山県産のカオリンクレーに着目し、クレー懸濁液を用いた高透水性の砂層を対象とした透水性低減効果について、主に水平一次元モデルの実験により効果の検証が行われた。その結果、透水性低減効果の高いクレーの種類と配合比および、粘性係数が存在することが示唆された。そこで、本論文では、断面二次元土槽を用いて、主にカオリンクレー懸濁液の注入範囲について検討した。その結果、粒径の小さなカオリンクレー懸濁液は粒径の大きいものに比べて浸透性が高いことが示唆された。また、注入範囲に関する検討から、粒子グラウトの浸透距離の理論式が適用可能であることが判明した。 一方、近年、河川堤防の浸透による破堤事例を踏まえ、その現象把握と対策工法に関する研究が進められており、基盤層を構成する材質の違いによってパイピングの進行規模が異なることが示されている。上述のカオリンクレーの他、超微粒子セメント等は数 μm 程度の粒子グラウトとして位置付けられることから、対象とする地盤自体の細粒分を材料として注入しても効果が得られる可能性が考えられる。つまり、原地盤自体を用いることで、より環境に配慮した注入工法となる。そこで、本論文では、これまでのカオリンクレーによる懸濁液の研究で得られた知見に基づき、新たな粘土系注入工法の開発を目的に、現場試料に着目した。まず、現場試料から細粒分を抽出する方法について検討した上で、抽出した細粒分による懸濁液の特性を調べた。さらに、水平一次元カラム内の供試体に懸濁液を圧力注入した際の挙動や、動水勾配を段階的に上昇させた通水実験における透水性の変化を調べることで、その効果を検証した。その結果、粘度を高めるためにベントナイトを混入させた懸濁液において高い透水性低減効果を示した。さらに、注入時のグラウトビリティー比や注入後の間隙内移動挙動から考察を行った結果、既往の研究で示されている粘度の範囲が重要であることが示唆された。			

論文審査結果の要旨

本研究は、岡山県産のカオリンクレーに着目し、高透水性の砂質層の透水性を低下させる低コストで環境に配慮した新たな粘土系注入材の開発を目的に、既往の研究で実施された水平一次元モデル実験により得られた透水性低減効果の高いクレーの種類と配合比および粘性係数に基づき、断面二次元土槽を用いて主にカオリンクレー懸濁液の注入範囲について検討した。その結果、粒径の小さなカオリンクレー懸濁液は粒径の大きいものに比べて浸透性が高いことが示唆された。また、注入範囲に関する検討から、粒子グラウトの浸透距離の理論式が適用可能であることが判明した。

次に、上述のカオリンクレーの他、超微粒子セメント等は数 μm 程度の粒子グラウトとして位置付けられることから、対象とする地盤自体の細粒分を材料として注入しても効果が得られる可能性に着目し、河川堤防の透水性基盤層の透水性低減工法として、より環境に配慮した注入工法を提案することを目的としている。具体的には、現場試料から細粒分を抽出する方法について検討した上で、抽出した細粒分による懸濁液の特性を調べた。さらに、水平一次元カラム内の供試体に懸濁液を圧力注入した際の挙動や、動水勾配を段階的に上昇させた通水実験における透水性の変化を調べることで、その効果を検証した。その結果、粘度を高めるためにベントナイトを混入させた懸濁液において高い透水性低減効果を示した。さらに、注入時のグラウタビリティー比や注入後の間隙内移動挙動から考察を行った結果、既往の研究で示されている粘度の範囲が重要であることが示唆された。

このように、本研究はきわめて独創的でありかつ有用性が高く、地盤環境問題の解決に大きく寄与するものである。また、ここで得られた結果は、いずれも工学的な意義を有している。したがって、これらの成果より、本論文は博士学位論文に値するものと認定する。