

氏名	中出 剛		
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 5743 号		
学位授与の日付	平成30年 3月23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	山岳トンネルにおける環境保全に配慮した地下水環境変化の抑制手法に関する研究		
論文審査委員	教授 西村 伸一	教授 大久保賢治	教授 西山 哲
学位論文内容の要旨			
<p>地質が複雑で地下水位が高いわが国では、山岳トンネルの建設を困難にする大きな要因の一つとしてトンネル掘削中の湧水が挙げられ、切羽の崩壊や施工環境の低下を引き起こすとともに、湧水など周辺環境に影響を与える要因となり、近年では、水質変化や地下水流動の遮断、地盤沈下、生態系への影響など多様な現象が問題化されている。環境保全に配慮した地下水対策として、従来の止水注入工は、地下水変化に伴う地盤中での力学挙動が十分に解明されていないことなどから、理論的な設計手法が十分に整備されておらず、経験や実績に基づいた設計となり、周辺環境への影響に応じた合理的な地下水制御を図る手法の構築が課題となっている。また、トンネル完成後の止水工法である非排水構造（ウォータータイト構造）は、水圧作用に対する覆工構造や掘削形状に起因したコストの増大を招き、さらに、技術適用限界が水圧 1MPa（地下水位 100m に相当）程度であるため、土かぶりが必要な山体において適用できない課題がある。</p> <p>本研究ではこのような課題を解決する手法として、トンネル周囲の止水注入のみにより施工中および完成後もトンネル坑内に流入する湧水の抑制を図り、トンネル自体は従来の排水構造とする地下水制御工法の設計・施工法を提示し、実現場での施工データの分析によりその有用性を検証した。</p> <p>まず、一般的なプレグラウトによる地下水制御工法について、改良地盤の厚さと透水性能をパラメータとした浸透流解析に基づく、目標性能に対する定量的な改良仕様の設計手法を示し、提案工法が従来より合理的な仕様で必要な効果を有することを確認した。さらに、浸透流解析と連成させた簡易な沈下解析手法を示し、トンネル掘削における地下水位低下に伴う地表面沈下量の予測に適用できることを確認した。</p> <p>次に、これまで事例の少ないポストグラウトによる地下水制御工法について、中央内挿法によるグラウチング手法を導入し、その有効性確認するとともに施工中のデータを孔配置や材料選定等の注入方法にフィードバックすることにより、より合理的なグラウチングに改善できることを示した。また、注入材料として亀裂性岩盤に初めて極超微粒子セメントを適用し、地山岩盤の透水係数を 10⁻⁸(m/s)オーダーの極めて小さい値に改良できることを示した。</p> <p>さらに、排水構造のトンネルにおける地下水位回復時の力学的挙動について、土と水の相互挙動を評価する連成解析による解析的検討手法を導入し、トンネルの安定性評価手法としての妥当性を示した。これにより、従来のウォータータイト構造では対応できない高水頭下の条件においても、提案工法による地下水環境変化の抑制手法を適用できることが分かり、今後の大深度における地下利用においても有効な手法であることを明らかにした。</p>			

論文審査結果の要旨

山岳トンネル掘削中の湧水は、切羽の崩壊や施工環境の低下の原因になるため安全な建設が困難になる場合が多く、さらに近年では環境問題への意識の高まりと共に、地下水の水質変化や地下水流動の遮断、地盤沈下あるいは生態系の影響などに関連した多様な地下水環境の保全問題とトンネル掘削工事の関係が重要視されている。従来から、環境保全に配慮した地下水対策として止水注入工が用いられてきたが、地下水変化に伴う地盤中での力学挙動が十分に解明されておらず、経験や実績に基づいて行われており、周辺環境への影響を客観的に評価することが困難であった。またトンネル完成後の止水工法を用いる場合でも、力学的な考察がされていない経験に頼った工法が採用され、水圧作用に対する覆工構造や掘削形状の合理的な設計ができていないことによるコストの増大を招き、また土かぶりの大きな現場では、作用する水圧に限界があるため適用できないなどの問題があった。本研究はこのような背景を鑑み、施工中あるいは完成後のトンネル周辺の止水注入のみで、湧水対策と地下水環境保全を図る工法の開発に取り組み、その有用性を実証した。具体的には、ポストグラウトによる地下水制御工法を合理的に設計するための指針を実際の現場の施工実績から構築し、さらに排水構造のトンネルにおける地下水位回復挙動時の力学的挙動を説明する土-水連成解析手法を開発する、あるいは極超微粒子セメントの効果の考察を行うなどの研究開発により、地下水環境の保全を図りながら安全なトンネル掘削を実施するという独創的な研究成果を生み出すに至った。その結果、従来の非排水構造では対応できない高水頭下の環境においても、地下水環境を予定とおり保全できる掘削工法が確立できたことを実現場で示した。このように本論文は、その新規性あるいは進歩性を判断すると、学術的および工学的な意義が大きく、また本分野の研究者にとっても有用な情報を提供する価値あるものと評価できる。本理由により学位の付与を了承する。